



PROSIDING SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN INSTITUT PERTANIAN BOGOR 2011



PROSIDING
SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2011

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2012

SUSUNAN TIM PENYUSUN

- Pengarah : 1. Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudya Noorachmat, M.Eng
(Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat IPB)
2. Prof. Dr. Ir. Ronny Rachman Noor, M.Rur.Sc
(Wakil Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Bidang Penelitian IPB)
3. Dr. Ir. Prastowo, M.Eng
(Wakil Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Bidang Pengabdian kepada Masyarakat IPB)
- Ketua Editor : Dr. Ir. Prastowo, M.Eng
- Anggota Editor : 1. Dr. Ir. Sulistiono, M.Sc
2. Prof. Dr. drh. Agik Suprayogi, M.Sc.Agr
3. Prof. Dr. Ir. Bambang Hero Saharjo, M.Agr
- Tim Teknis : 1. Drs. Dedi Suryadi
2. Euis Sartika
3. Endang Sugandi
4. Lia Maulianawati
5. Muhamad Tholibin
6. Yanti Suciati
- Desain Cover : Muhamad Tholibin

**Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian
Institut Pertanian Bogor 2011,
Bogor 12-13 Desember 2011**

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Institut Pertanian Bogor**

ISBN: 978-602-8853-14-9

Oktober 2012

KATA PENGANTAR

Salah satu tugas penting LPPM IPB adalah melaksanakan seminar hasil penelitian dan mendesiminasi hasil penelitian tersebut secara berkala dan berkelanjutan. Pada tahun 2011, sekitar 225 judul kegiatan penelitian telah dilaksanakan. Penelitian tersebut dikoordinasikan oleh LPPM IPB dari beberapa sumber dana antara lain Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) IPB, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), Kementerian Pertanian (Kementan) dan Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT) dimana sebanyak 197 judul penelitian tersebut telah dipresentasikan dalam Seminar Hasil Penelitian IPB yang dilaksanakan pada tanggal 12–13 Desember 2011 di Institut Pertanian Bogor.

Hasil penelitian tersebut sebagian telah dipublikasikan pada jurnal dalam dan luar negeri, dan sebagian dipublikasikan pada prosiding dengan nama Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB 2011, yang terbagi menjadi 6 (enam) bidang yaitu:

- Bidang Pangan
- Bidang Energi
- Bidang Sumberdaya Alam dan Lingkungan
- Bidang Biologi dan Kesehatan
- Bidang Sosial dan Ekonomi
- Bidang Teknologi dan Rekayasa

Melalui hasil penelitian yang telah dipublikasikan ini, maka runutan dan perkembangan penelitian IPB dapat diketahui, sehingga *road map* penelitian IPB dan lembaga mitra penelitian IPB dapat dipetakan dengan baik.

Kami ucapkan terima kasih pada Rektor dan Wakil Rektor IPB yang telah mendukung kegiatan Seminar Hasil-Hasil Penelitian ini, para Reviewer dan panitia yang dengan penuh dedikasi telah bekerja mulai dari persiapan sampai pelaksanaan kegiatan seminar hingga penerbitan prosiding ini terselesaikan dengan baik.

Semoga Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB 2011 ini dapat bermanfaat bagi semua. Atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Bogor, September 2012

Kepala LPPM IPB,


Prof.Dr.Ir. Bambang Pramudya N., M.Eng
NIP 19500301 197603 1 001

DAFTAR ISI

SUSUNAN TIM PENYUSUN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv

BIDANG PANGAN **Halaman**

Kelompok Usaha Bersama (KUB) Pengolah Ikan di Desa Cikahuripan Sukabumi - <i>Dadi Rochnadi Sukarsa, Uju Sadi, Pipih Suptijah</i>	1
Optimasi Reduksi Polisiklik Aromatik Hidrokarbon dalam Makanan Bakar Khas Indonesia dengan Memanfaatkan Bumbu Lokal serta Pengaturan Jarak dan Lama Pemanasan Menggunakan <i>Response Surface Methodology</i> - <i>Hanifah Nuryani Lioe, Yane Regiana, Rangga Bayuharda Pratama</i>	12
Pengaruh Pemberian Phytoestrogen pada Masa Kebuntingan dan Laktasi Terhadap Kinerja Reproduksi Anak - <i>Nastiti Kusumorini, Aryani Sismin S, A. Dinoto</i>	31
Study Peningkatan Kualitas Buah Manggis - <i>Roedhy Poerwanto, Yulinda Tanari, Susi Octaviani SD, Suci Primilestari, Darda Efendi, Ade Wachjar....</i>	46
Pengaruh Lingkungan (Sifat Fisik dan Kimia Tanah Serta Iklim) Terhadap Cemaran Getah Kuning Buah Manggis (<i>Garcinia Mangostana L.</i>) - <i>Roedhy Poerwanto, Martias, Syaiful Anwar, M. Jawal A. Syah</i>	61

BIDANG ENERGI

Rekayasa Bioproses Produksi Bioetanol dari Biomasa Lignoselulosa Tanaman Jagung: <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) dan Analisis Teknoekonomi - <i>Djumali Mangunwidjaja, Anas Miftah Fauzi, Sukardi, Wagiman</i>	77
---	----

BIDANG SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN

Penanaman Tanaman Penutup Tanah untuk Rehabilitasi Lahan Kritis di Sekitar Tambang Emas di Gunung Pongkor Melalui Kemitraan dengan Masyarakat di Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor - <i>Asdar Iswati, Enni Dwi Wahjunie, Khursatul Munibah</i>	91
Potensi Serapan Karbon oleh Tanaman Jarak Pagar di Indonesia - <i>Herdhata Agusta, Muhammad Syakir, Endang Warsiki, Fifin Nashirotn Nisya</i>	107

Pengembangan Fotobioreaktor Isacs untuk Kultivasi Mikroalga dengan Menggunakan Gas Co ₂ Murni dan Pemiskinan Nutrien - <i>Mujizat Kawaroe, Ayi Rachmat, Abdul Haris</i>	120
Perencanaan Kebun Wisata Pertanian Gunung Leutik Ciampaea Bogor - <i>Nizar Nasrullah, Afra D.N. Makalew, Dewi Sukma, Tati Budiarti</i>	137
Pola RAPD, Aktivitas Trypsin Inhibitor dan A-Amylase Inhibitor pada Pohon Sengon (<i>Paraserianthes Falcatoria</i>) yang Tahan Terhadap Serangan Hama Boktor (<i>Xystrocera Festiva</i>) - <i>Noor Farikhah Haneda, Ulfah Juniarti Siregar</i>	156
Pengembangan Jarak Pagar (<i>Jatropha Curcas</i> Linn.) dalam Sistem Agroforestry di Areal Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten - <i>Nurheni Wijayanto, Lailan Syaufina, Istomo</i>	171
Identifikasi Trikoma Kelenjar untuk Produksi Artemisinin pada <i>Artemisia Annua</i> L.Menggunakan Pendekatan Molekular - <i>Utut Widyaastuti, Juliarni, Yuli Widyaastuti, Dania, Fajri</i>	185

BIDANG BIOLOGI DAN KESEHATAN

Efektivitas Fage Litik dari Lcrt Pada Pemecahan Sel Patogen Enterik <i>Salmonella</i> sp. Resisten Antibiotik - <i>Sri Budiarti, Iman Rusmana, Riri Novita Sunarti</i>	199
--	-----

BIDANG SOSIAL DAN EKONOMI

IbM Kelompok Tani Hutan Kopi, Desa Warga Jaya Kecamatan Sukamakmur, Kabupaten Bogor, Jawa Barat - <i>Ade Wachjar, Ani Kurniawati, Adiwirman</i>	211
Dampak Kebijakan dan Efektivitas HPP Gabah/Beras terhadap Kesejahteraan Petani Indonesia - <i>Ahyar Ismail, Eka Intan K.P., Novindra, Nuva</i>	225
Studi Indikator Kemiskinan pada Masyarakat dan Misklasifikasi Orang Miskin Menurut Kriteria BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo - <i>Ali Khomsan, Arya Hadi Dharmawan, Saharrudin, Alfiasari</i>	241
Pengembangan Model <i>Millenium Eco-Village</i> : Optimalisasi Transaksi Pangan dan Energi Keluarga untuk Perbaikan Gizi - <i>Clara M. Kusharto, Ikeu Tanzihha, Euis Sunarti, Siti Amanah, Anna Fatchiya</i>	255
Problematika Mahasiswa IPB dalam Menulis Skripsi: Ditinjau dari Sudut Pandang Kebahasaan - <i>Defina, Henny Krishnawati, Endang Sri Wahyuni, Krishandini, Mukhlis Ansori</i>	271

Internalisasi Biaya Eksternal dan Desain Sistem Pengelolaan Sampah Komunal (Studi Kasus Kawasan Hunian di Kota Bogor dan Cipinang Muara Jakarta) - <i>Eka Intan Kumala Putri, Rizal Bahtiar</i>	286
Analisis Transmisi Harga dalam <i>Supply Chain</i> Beras Indonesia - <i>Harmini, Rita Nurmaliha, Ratna Winandi, Tintin Sarianti</i>	301
Penguatan Tata Kelembagaan dalam Penanganan Nelayan Tradisional di Wilayah Perbatasan Indonesia-Australia - <i>Luky Adrianto, Akhmad Solihin, Moch. Prihatna Sobari</i>	314
Strategi Komersialisasi Produk Hasil Inovasi Melalui Optimalisasi Model Kerjasama pada Badan Litbangtan - <i>Ma'mun Sarma, A. Kohar Irwanto, Nuning Nugrahani, Erlita Adriani</i>	330
IbM Kelompok Petani Ternak Ayam Lokal Langka dan Rawan Punah di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur- <i>Maria Ulfah, Edit Lesa Adita</i>	346
Sistem Pengambilan Keputusan Cerdas untuk Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Manajemen Rantai Pasok Komoditi Pertanian dan Produk Agroindustri - <i>Marimin, Taufik Djatna, Suharjito, Retno Astuti, Ditdit N.Nugraha, Syarif Hidayat</i>	359
Persepsi dan Sikap Mahasiswa terhadap Pembelajaran Bahasa Indonesia di TPB IPB - <i>Mukhlas Ansori, Heni Krishnawati, Defina, Krishandini, Endang Sri Wahyuni</i>	373
Analisis Kepuasan Mahasiswa TPB terhadap Kualitas Layanan Dosen Bahasa Inggris MKDU Institut Pertanian Bogor - <i>Nilawati Sofyan, Irma Rasita Gloria Barus, Tonhowi Djauhari</i>	386
BIDANG TEKNOLOGI DAN REKAYASA	
Rekayasa Biopolymer Hasil Samping Pabrik Tapioka (Onggok) sebagai <i>Enriched Soil Conditioner</i> : Tahap Sintesis Superabsorben - <i>Anwar Nur, Zainal Alim Mas'ud, Mohammad Khotib, Ahmad Sjahriza</i>	401
Rekayasa Proses Pembuatan dan Pemanfaatan Membran Ultrafiltrasi Selulosa Asetat dari Kayu Sengon - <i>Erliza Noor, Cut Meurah Rosnelly, Kaseno</i>	416
Desain dan Pengujian Kinerja Prototip-1 Mesin Kepras Tebu Tipe Pisau Rotari - <i>P.A.S. Radite, W. Hermawan, Joko W, M. Suhil, Safriandi, M. Habibullah</i>	431
Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Ekstrak Kulit Mahoni Tersalut Kitosan - <i>Syamsul Falah, Sulistiyan, Dimas Andrianto</i>	441

Pengembangan Kualitas Perekat Likuida Tandan Kosong Sawit - <i>Surdiding Ruhendi, Tito Sucipto</i>	456
Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Teknologi Informasi Untuk Pemberdayaan Petani Sayuran - <i>Sumardjo, Retno Sri Hartati Mulyandari</i>	472
Teknologi Separasi Bahan Aktif Temulawak Menggunakan Biopolimer Termodifikasi Berbasis Limbah Produksi Sagu - <i>Tun Tedja Irawadi, Henny Purwaningsih, Djarot S Hami Seno</i>	490
Teknologi True Shallot Seed (TSS) sebagai Bahan Tanam untuk Meningkatkan Produktivitas Bawang Merah - <i>Winarso Drajad Widodo, Roedhy Poerwanto, Nani Sumarni, Gina Aliya Sophia</i>	506

INDEKS PENELITI

viii

BIDANG PANGAN

**KELOMPOK USAHA BERSAMA (KUB) PENGOLAH IKAN
DI DESA CIKAHURIPAN SUKABUMI**
(The Fish Processing Group at Desa Cikahuripan Sukabumi)

Dadi Rochnadi Sukarsa,Uju Sadi, Pipih Suptijah
Dep. Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

ABSTRAK

Penataan sistem manajemen produksi, pemasaran dan keuangan serta penerapan Ipteks yang berupa teknologi pengemasan vakum telah diintroduksi melalui kegiatan pelatihan pada KUB wanita pengolah ikan Hurip Mandiri yang berlokasi di Desa Cikahuripan Kabupaten Sukabumi. Tujuan kegiatan adalah untuk memperbaiki manajemen usaha pengolahan, kualitas dan daya awet produk abon ikan, agar KUB memiliki kemampuan untuk mengembangkan usahanya. Dari hasil kegiatan dapat disimpulkan bahwa 1) Secara umum operasionalisasi sistem manajemen produksi dan manajemen pemasaran sudah dilaksanakan dengan cukup baik, sedangkan sistem manajemen keuangan masih ada beberapa aspek yang belum terlaksana, dan 2) Teknologi pengemasan vakum sudah diadopsi oleh KUB untuk meningkatkan mutu dan daya awet produk abon ikan yang merupakan salah satu unsur penting dalam penataan sistem manajemen produksi dan pemasaran. Keuntungan dan kerugian penggunaan teknologi vakum oleh KUB dalam teknik usaha masih perlu dievaluasi.

Kata kunci: KUB, pengemasan vakum, abon ikan.

ABSTRACT

The improvement of business management as well as the development of science and technology for abon ikan processing by vacuum packaging was introduced through intensive training to the Fish Processing Women Group namely Kelompok Usaha Bersama (KUB) Hurip Mandiri, located at Desa Cikahuripan Kabupaten Sukabumi. The objective of the activities are to improve processing business management, quality and self life of the abon ikan product, so that the KUB able to develop their business. The results of these activities are 1) The Aspect of the business management of production and marketing has been good practiced. However some financial management aspects has not yet fully achieved, and 2) KUB has been adopted the technology of vacuum packaging, its one of the aspect for supporting improving production and marketing business management. Such technology can be applied by KUB, but it should be with economic analysis.

Keywords: KUB, vaccum packaging, abon ikan.

PENDAHULUAN

Desa Cikahuripan Kecamatan Cisolok yang terletak di pantai selatan Kabupaten Sukabumi merupakan daerah yang potensial sumberdaya perikanan lautnya. Berbagai jenis ikan dihasilkan dari daerah ini, seperti tongkol (*Euthynnus* sp), cakalang (*Katsuwonus pelamis*), jangilus (*Istiophorus gladius*), layur

(*Trichiurus* sp), layaran (*Istiophorus orientalis*), tuna (*Thunnus* sp), cicut (*Charcarias* sp), pari (*Trygon* spp) dan lain-lain. Hasil tangkapan ikan yang didararkan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Cikahuripan pada tahun 2008 tercatat sesbesar 128.305 ton, terdiri dari tongkol 69%, cakalang 17%, jangilus 3% dan sisanya sebesar 11% adalah layaran, cicut, tuna, pari dan lain-lain.

Desa Cikahuripan memiliki panjang pantai sekitar 5 km, dimana sebagian besar penduduknya berusaha disektor perikanan, yaitu perikanan tangkap dan pengolahan hasil perikanan. Usaha pengolahan ikan bukan saja disebabkan oleh kemudahan mendapatkan bahan baku, tetapi juga merupakan upaya pemberian nilai tambah terhadap hasil perikanan dan memanfaatkan hasil tengkapan yang berlebih atau tidak habis terjual pada saat produksi ikan berlimpah.

Jenis usaha pengolahan ikan yang terdapat di Cikahuripan, yaitu beberapa unit usaha pengolahan ikan asin, pengolahan ikan pindang, diversifikasi usaha pengolahan ikan (abon ikan, dendeng ikan, kerupuk kulit ikan, bakso ikan dan kecap ikan). Usaha pengolahan ikan asin dan ikan pindang dilakukan secara tradisional, sedangkan usaha diversifikasi produk perikanan menggunakan teknologi yang sudah maju, sebagai hasil penyuluhan dari instansi dan lembaga pemerintah.

Diantara unit usaha pengolahan ikan di desa Cikahuripan, yang paling menonjol adalah KUB. Selain dapat menampung tenaga lebih banyak juga berpotensi untuk berkembang karena adanya permintaan pasar akan produk yang spesifik seperti abon ikan, dendeng ikan, kerupuk kulit ikan dan kecap ikan. Salah satu KUB yang mengandalkan penghasilan usaha dari abon ikan adalah KUB Hurip Mandiri yang berlokasi di Desa Cikahuripan, Kecamatan Cisolok, Kabupaten Sukabumi.

Produk abon ikan yang dihasilkan oleh KUB telah mendapat pengakuan dari berbagai instansi, diantaranya Sertifikat Halal dari MUI, Sertifikat Penyuluhan dari Departemen Kesehatan RI, Surat Izin Usaha Perdagangan (SIUP), tanda Daftar Perusahaan Perorangan dari Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Surat Izin Usaha Perikanan dan Surat Pengolahan Ikan. Surat-surat tersebut seharusnya merupakan pendukung bagi KUB untuk memperluas usahanya.

Bahan baku utama untuk pengolahan abon ikan adalah jangilus (*Istiophorus gladius*) dan tuna (*Thunnus* sp). Meskipun lokasi KUB dekat dengan Tempat Pelelangan Ikan (TPI), tetapi bahan baku tidak selalu tersedia sepanjang tahun terutama pada musim barat, sehingga untuk kelancaran produksi harus dicari dari tempat lain dengan biaya yang lebih tinggi. Bahan pembantu yang digunakan dalam pembuatan abon ikan adalah daun salam, serai, santan kelapa, lengkuas, ketumbar, gula pasir, bawang putih dan minyak goreng. Tahapan proses pengolahan abon ikan meliputi penyangan dan pencucian ikan, perebusan, pengepresan, pencabikan, pemberian bumbu dan santan kelapa, penggorengan, pengepresan, penghalusan abon ikan dan pengemasan. Dari 100 kg bahan baku menghasilkan 55 kg abon ikan. Pengemasan abon ikan menggunakan kemasan plastik yang ditutup rapat dengan siler (pengelas kantung plastik). Berat abon ikan dalam kemasan terdiri dari 100 gr, 250 gr, 500 gr dan 1 kg.

Permasalahan utama yang menghambat perkembangan KUB tersebut adalah:

1. Manajemen usaha yang belum tertata dengan baik.
2. Mutu dan daya awet produk belum diketahui secara pasti.

Upaya pengembangan KUB Hurip Mandiri dapat dilakukan dengan meningkatkan pengetahuan manajemen yang sesuai dengan tingkat kemampuan para pengurus beserta anggotanya, dan dapat diterapkan di KUB tersebut. Selain itu perlu disertai bantuan teknis-teknologis untuk meningkatkan mutu dan daya awet produk yang dihasilkan KUB.

METODE PENELITIAN

Salah satu tujuan dari program ini adalah mengembangkan Kelompok Usaha Bersama (KUB) Hurip Mandiri menjadi kelompok masyarakat yang mandiri secara ekonomis. Untuk mendukung tujuan program, maka metode pendekatan yang dilakukan adalah:

1. Penataan sistem manajemen

Penataan sistem manajemen meliputi manajemen produksi, manajemen pemasaran dan manajemen keuangan yang mencakup perencanaan, organisasi,

pelaksanaan sampai dengan pengawasan . Penataan sistem manajemen usaha yang dilakukan oleh pengurus KUB akan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan KUB. Selama ini pengetahuan mengenai sistem manajemen usaha hanya diperoleh dari pengalaman praktik sehari-hari dalam melakukan bisnis abon ikan. Oleh karena itu perlu diberikan pengetahuan manajemen untuk membuka wawasan yang lebih luas dan meningkatkan keterampilan praktis.

2. Penerapan IPTEKS

Sejalan dengan penataan sistem manajemen, dilakukan peningkatan mutu dan daya awet produk yang dihasilkan KUB melalui penerapan IPTEKS yang berupa teknologi pengemasan vakum. Sudah terbukti bahwa abon ikan yang dikemas dengan pengemas vakum lebih baik mutu organoleptik dan daya awetnya dibandingkan dengan abon ikan yang dikemas secara konvensional. Kedua teknologi tersebut diuji cobakan dalam pelatihan, sehingga pengurus dan anggota KUB dapat membandingkan mutu organoleptik abon ikan dan mengetahui keuntungan dan kerugian dari teknologi tersebut. Mutu organoleptik, kimiawi dan mikrobiologi produk abon ikan selama penyimpanan dalam jangka waktu yang relatif lama dianalisis di laboratorium Teknologi Hasil Perairan, IPB.

Dalam kedua kegiatan ini pengurus dan anggota KUB ikut berpartisipasi (*learning by doing*) dalam penataan sistem manajemen usaha dan penerapan IPTEKS yang sudah dipersiapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penataan Sistem Manajemen

Penataan Sistem Manajemen Produksi

Secara teknis KUB Hurip Mandiri sudah cukup bagus. Hal ini didukung oleh kemampuan Ketua KUB yang sangat *concern* terhadap kemajuan teknologi dan selalu berusaha untuk memajukan usahanya. Namun demikian, penataan sistem manajemen produksi tetap perlu dikembangkan agar proses produksi menjadi lebih efisien. Sesuai dengan target produksi yang telah ditentukan maka segala aktivitas usaha haruslah diarahkan untuk mencapai target tersebut. Dalam

hal ini penataan sistem manajemen produksi yang telah dilakukan, antara lain adalah:

- Melakukan perencanaan produksi abon ikan dan mengantisipasi kekurangan stok karena kelangkaan bahan baku pada musim barat. Pada waktu ini untuk setiap kali produksi abon dibutuhkan ikan sebanyak 2 sampai 2,5 ton atau rata-rata dalam sebulan mengolah 9 ton ikan. Untuk menjaga kontinuitas produksi KUB memperoleh bahan baku dari Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Cikahuripan, Pelabuhan Ratu, Muara Baru (Jakarta) dan Binuangeun (Banten).
- Mengatur jadwal produksi sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan masih sulit dilaksanakan karena tersedianya bahan baku tidak menentu dan jumlahnya tidak tetap. Hal ini yang menyebabkan produksi terganggu. Misalnya, datangnya bahan baku pada sore hari dengan jumlah yang relatif kecil sekitar 100 kg, terpaksa harus diolah sampai larut malam, dan ini sangat tidak efisien.
- Mencari bahan baku dengan harga murah sangat tergantung pada musim ikan, bila di Cikahuripan sedang musim ikan harganya murah karena dapat membeli sendiri dengan mendatangi langsung TPI, dan jaraknya yang dekat. Sedangkan bahan baku dari daerah lain diperoleh dari pemasok yang harganya lebih mahal.
- Melakukan perencanaan kebutuhan tenaga kerja atau jam kerja sesuai dengan besarnya produksi yang ditargetkan masih sulit dilaksanakan karena sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku.
- Mengatur ketersediaan produk sesuai ukuran kemasan yang paling diminati pasar dan paling menguntungkan. Untuk mengantisipasi hal ini biasanya setelah abon ikan selesai diolah tidak langsung dikemas, tetapi disimpan dulu dalam wadah penyimpanan, dan pada waktu ada pemesanan atau pembelian dengan berat kemasan tertentu baru dilakukan pengemasan sesuai ukuran yang dipesan.
- Melakukan perancangan pemeliharaan, penambahan peralatan dan sarana penunjang. Hal ini sudah mulai mendapat perhatian untuk mengalokasikan anggarannya.

Penataan sistem Manajemen Pemasaran

Kegiatan pemasaran merupakan aspek yang sangat penting dalam kelangsungan usaha. Selama ini KUB telah melakukan penjualan produk secara pasif dan aktif dengan menghubungi pedagang perantara atau menunggu pesanan dari pelanggan. Keadaan ini tentunya belum dapat menjamin pengembangan usaha KUB. Oleh karena itu diperlukan penataan sistem manajemen pemasaran yang meliputi, antara lain:

- Pendataan pembeli abon ikan yang datang dari berbagai tempat.
- Mengikat hubungan yang baik dengan pelanggan dengan cara memberikan kualitas produk yang bermutu tinggi serta pelayanan yang baik.
- Penyediaan produk sesuai dengan kebutuhan konsumen.
- Menjaga kualitas produk yang baik dan kemasan yang lebih menarik.
- Menetapkan harga maksimum sesuai harga pasar.
- Merintis pelanggan baru dan melakukan promosi berupa jaminan produksi (kuantitas dan kualitas).

Kegiatan yang sudah dilakukan berkaitan dengan penataan sistem manajemen pemasaran adalah produk sudah dikemas dengan alat pengemas vakum menggunakan bahan pengemas yang sesuai, desain kemasan cukup baik dengan mencantumkan nama perusahaan, jenis produk, label halal, kandungan bahan, No.SP dari Depkes, batas tanggal kadaluarsa dan memiliki merk produk yang menarik. Aplikasi teknologi pengemasan oleh KUB secara ekonomi perlu dinilai untung ruginya dan perlu waktu untuk dievaluasi.

Penetapan harga abon ikan dilakukan berdasarkan perhitungan kasar biaya produksi dan biaya lainnya, dan KUB juga memberikan potongan harga jika pembelian dilakukan dalam jumlah besar. Harga abon daging jauh lebih murah dari abon ikan. Hal ini mungkin karena dalam proses pengolahan abon daging dapat dicampur buah keluih yang memiliki serat-serat yang liat yang hampir menyerupai serabut daging.

Untuk memperluas jaringan pemasaran KUB Hurip Mandiri menjual produknya melalui pedagang perantara yang menjualnya ke pasar swalayan, seperti Carefour di daerah Jakarta. Ruang lingkup pemasaran abon ikan, yaitu

Jakarta, Bogor, Sukabumi, Tanggerang, Bandung dan Batam . Saat ini KUB Hurip Mandiri sedang menunggu kontrak pembelian dari salah satu distributor di Jakarta. Hal yang merugikan bagi KUB dalam perjanjian kontrak yang pernah dilakukan adalah distributor melakukan pengemasan dan memberi label sendiri, sehingga dalam pemasaran yang dikenal bukan KUB melainkan distributornya. Promosi yang juga telah dilakukan adalah melakukan promosi penjualan dengan mengikuti pameran-pameran yang diadakan di sekitar Sukabumi, Cianjur dan Bandung. KUB Hurip Mandiri pernah diberitakan usahanya pada media cetak, antara lain Pikiran Rakyat dan Tabloid Nova.

a) Penataan Manajemen Keuangan

Prinsip dalam menjalankan usaha adalah memperoleh keuntungan maksimum atau menjalankan usahanya dengan efisien. Hal ini dapat ditempuh dengan dua cara, yaitu dengan meminimumkan biaya atau dengan memaksimumkan hasil. Sebagai pengusaha, tentunya KUB Hurip Mandiri harus menjalankan prinsip tersebut. Untuk mengambil keputusan yang tepat, pengusaha harus mengetahui dengan pasti semua pendapatan usaha tersebut. Sistem manajemen keuangan dengan pembukuan yang baik akan memberikan informasi mengenai hal tersebut.

Catatan yang baik akan mempermudah pengusaha untuk dapat melihat perkembangan usahanya sehingga dapat mengambil keputusan yang tepat dalam melanjutkan usahanya. Dalam hal ini penataan sistem keuangan pada KUB sudah mulai dilakukan, antara lain dengan mencatat menganalisis keuntungan usaha pada satiap kali pengolahan atau pada periode satu bulan. Demikian juga dengan pencatatan arus uang (*cash flow*) terdiri dari arus uang masuk dan arus uang keluar (*out flow*). Selanjutnya KUB pencatatan setiap transaksi usaha yang terjadi serta dengan bukti-buktinya masih memerlukan perintisan pada sistem manajemen keuangan KUB. Setiap transaksi tersebut dicatat dalam buku besar yang berisi pos-pos (perkiraan) pengeluaran dan pemasukan (kas, bank, penjualan produk, bahan-bahan, tenaga kerja dan sebagainya). Dengan adanya buku besar ini pengurus dan anggota KUB akan mudah mengetahui:

- Jenis uang yang telah masuk dan keluar selama periode penjualan.
- Besarnya uang dan barang yang dimiliki.

- Perkiraan pemasukan dan pengeluaran uang pada periode selanjutnya.

Pencatatan yang baik tersebut memungkinkan KUB untuk dapat menyusun laporan keuangan yang terdiri dari perhitungan laba/rugi, neraca dan anggaran kas. Dengan laporan tersebut, KUB dapat mengevaluasi usahanya dan dapat merencanakan usaha selanjutnya dengan perbaikan-perbaikan untuk pengembangan usahanya.

Penerapan IPTEKS

Sebelum alat pengemas vakum digunakan di lapangan terlebih dahulu dilakukan uji coba di laboratorium untuk mengetahui level penghisapan oksigen yang optimum untuk produk abon ikan dan suhu yang cocok untuk pengelasan kemasan. Selain itu alat pengemas vakum mempunyai alas yang sangat cekung untuk meletakan kemasan produk yang akan dikemas, sedangkan untuk pengemasan produk abon ikan diperlukan alas yang datar agar diperoleh hasil pengemasan yang baik.

Semua bahan pangan, termasuk produk abon ikan mudah mengalami kerusakan setelah jangka waktu tertentu. Untuk menunda kerusakan sampai jangka waktu yang diinginkan digunakan pengemas. Persyaratan bagi pengemas yang perlu diperhatikan adalah permeabilitas terhadap udara dan tidak berasksi sehingga tidak merusak bahan pangan maupun cita rasanya serta tidak mudah oksidasi. Bahan pengemas yang memenuhi persyaratan tersebut dan banyak digunakan dalam industri makanan adalah plastik polietilen (PE). Plastik jenis ini mempunyai permeabilitas udara yang rendah dan tahan terhadap bahan yang dikemas.

Selama ini pengemasan abon ikan pada industri rumah tangga dilakukan dengan memasukkan produk dalam kemasan plastik kemudian ditutup rapat dengan siler. Dengan metode pengemasan seperti ini produk tidak terjamin daya awetnya untuk jangka yang dikehendaki. Pengemasan secara konvensional (non vakum) ini mempunyai beberapa kelemahan, dinataranya pemakaian bahan dan cara pengemasan yang tidak sesuai akan merusak cita rasa produk dan mempermudah oksidasi lemak yang menimbulkan aroma yang tidak diinginkan.

Produk abon ikan sampai jangka waktu tertentu atau sebelum sampai ke tangan konsumen akhir mengalami penurunan mutu organoleptik, seperti penampakan (warna, tekstur), aroma, rasa dan bau. Abon ikan sensitif terhadap udara karena menggunakan santan kelapa dan minyak goreng dalam proses pengolahannya. Meskipun dilakukan pengepresan untuk membuang kandungan minyaknya, tetapi tidak semuanya dapat dienyahkan.

Pada bahan pangan yang mengandung lemak atau minyak umumnya, selama penyimpanan akan mengalami proses ketengikan. Ketengikan dapat diartikan sebagai kerusakan atau perubahan bau dan cita rasa. Ketengikan pada bahan pangan berlemak dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu absorpsi lemak, aktivitas enzim dalam jaringan bahan pangan, aktivitas mikroba dan oksidasi oleh oksigen atau kombinasi dari dua atau lebih penyebab ketengikan.

Pengemasan vakum untuk produk olahan ikan, seperti surimi, bakso, *nugget*, otak-otak, termasuk abon ikan lemuru (*Sardinella* sp) telah terbukti dapat memperpanjang masa simpannya 3 sampai 5 kali lebih lama dibandingkan dengan pengemasan non vakum. Hal ini karena tidak adanya kontak antara produk dengan dengan oksigen serta dapat memelihara tekstur dan penampakan produk karena mikroorganisme dan khamir tidak dapat tumbuh.

Teknologi pengemasan vakum telah diintroduksi dan diuji-cobakan pada industri rumah tangga pengolahan abon ikan. Produk abon ikan jangilus (*Istiophorus gladius*) dari industri rumah tangga yang dikemas vakum dalam plastik polietilen (PE) kemudian dilakukan penyimpanan pada suhu ruang selama 3 bulan. Sebagai perbandingan adalah abon ikan yang dikemas secara konvensional (non vakum) menggunakan plastik polipropilen (PP).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa abon ikan yang dikemas secara vakum belum mengalami perubahan nilai organoleptik, kimiawi dan mikrobiologis, sedangkan abon yang dikemas non vakum telah menunjukkan penurunan nilai mutu organoleptik (aroma, bau, rasa dan tekstur), meskipun parameter kimiawi (TVB, TBA), mikrobiologi (kapang dan khamir) belum terjadi penyimpangan. Menurut pengalaman pengolah bahwa abon ikan yang dihasilkannya masih layak dikonsumsi meskipun sudah berumur 6 bulan.

Dari kegiatan ini pengolah dapat membandingkan mutu dan daya awetnya serta mengetahui keuntungan dan kerugian dari teknologi tersebut, terutama yang menyangkut teknik usaha. Analisis ekonomi yang menyangkut penerimaan konsumen, peningkatan nilai tambah dari penggunaan teknologi, peningkatan permintaan masih perlu untuk dievaluasi.

KESIMPULAN

Kegiatan yang dapat diperoleh adalah: Penataan sistem manajemen produksi, pemasaran dan keuangan serta penerapan Ipteks yang berupa teknologi pengemasan vakum telah diintroduksi pada KUB Hurip Mandiri untuk mengembangkan usahanya; Secara umum operasionalisasi sistem manajemen produksi dan manajemen pemasaran sudah dilaksanakan dengan cukup baik, sedangkan sistem manajemen keuangan masih banyak aspek yang perlu dilaksanakan; Teknologi pengemasan vakum sudah diadopsi oleh KUB untuk meningkatkan mutu dan daya awet produk abon ikan yang merupakan salah satu unsur penting dalam penataan sistem manajemen produksi dan pemasaran. Keuntungan dan kerugian secara ekonomis dari penggunaan teknologi pengemasan vakum dan non vakum oleh KUB memerlukan waktu untuk dievaluasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah mengalokasikan dana sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat IPB yang memungkinkan kegiatan program dapat dilaksanakan. Kepada rekan-rekan peneliti dan semua pihak yang terkait dalam kegiatan program, tak lupa penulis menyampaikan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanlon JF, 1971. *Hand Book of Package*. New York: Mc Graw Hill Book Co.
- Jay JM. 1996. *Modern Food Microbiology 4th Edition*. New York: D Von Nostrand Company.
- Syarief R, Sassy S, St Isyana B. 1989. *Teknologi Pengemasan Pangan*. Bogor; Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.

**OPTIMASI REDUKSI POLISIKLIK AROMATIK HIDROKARBON
DALAM MAKANAN BAKAR KHAS INDONESIA DENGAN
MEMANFAATKAN BUMBU LOKAL SERTA PENGATURAN JARAK
DAN LAMA PEMANASAN MENGGUNAKAN *RESPONSE SURFACE
METHODOLOGY***

(Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Reduction in Traditional Indonesian Grilled Food with Optimization of Local Seasoning and its Heating Process Using Response Surface Methodology)

Hanifah Nuryani Lioe, Yane Regiana, Rangga Bayuharda Pratama

Dep.Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

ABSTRAK

Polisiklik aromatik hidrokarbon telah diketahui luas sebagai komponen yang bersifat karsinogenik, diantaranya benzo(a)piren (BAP) dan dibenzo(a,h)antrasen (DBA) dikenal sebagai komponen yang paling toksik. Komponen ini dapat terbentuk melalui pembakaran yang tidak sempurna dari kayu, arang dan senyawa organik selama pembakaran daging dan ikan. Tujuan penelitian adalah menentukan proses pembakaran (jarak dan lama pemanasan) dan jumlah bumbu yang optimum untuk mereduksi kandungan PAH dalam daging ikan dan ayam bakar. Komponen PAH diekstrak dengan menggunakan teknik *tandem solid phase extraction (tandem SPE)* dan HPLC-UV (dengan kolom C18, fase gerak 80% asetonitril dan detektor MWD). Metoda optimasi yang digunakan adalah *response surface methodology* (RSM) berdasarkan desain Box-Behnken menggunakan software Design Expert® 7. Linearitas dengan adisi standar dalam sampel, limit deteksi, limit kuantitasi, kesesuaian sistem, akurasi dengan uji rekovери, dan presisi dari metoda analisis PAH, masing-masing adalah 0,96–0,97, 0,03–0,04 µg/mL, 0,09–0,11 µg/mL larutan uji, 0,57–1,59% (< 2%), 123–126%, and 12–15%. Metoda yang telah divalidasi digunakan dalam penentuan komponen PAH (BAP dan DBA) dalam makanan bakar yang telah mengalami perlakuan sesuai dengan desain RSM. Total PAH dalam daging ikan bakar tanpa bumbu dapat mencapai 193 ng/g, sedangkan dalam ayam bakar tanpa bumbu mencapai 226 ng/g. Dengan menggunakan RSM, diketahui perlakuan optimum untuk mendapatkan tingkat PAH total yang tidak terdeteksi dalam ikan bakar adalah pada jarak pembakaran 7,3 cm, lama pemanasan 31,5 min dan jumlah bumbu 7,40 % dari berat ikan, sedangkan hal yang sama pada ayam bakar dicapai pada jarak pembakaran 6,8 cm, lama pemanasan 28,0 min dan jumlah bumbu 8,69 %. Bumbu yang dipakai adalah bumbu kuning yang terdiri dari bawang putih, bawang merah, lengkuas, jahe, kunyit, kemiri, merica dan garam dengan komposisi yang biasa dipakai oleh pedagang lokal. Warna ikan bakar yang dihasilkan pada kondisi optimum tersebut mempunyai nilai L, a, b dan Hue masing-masing 48,03; 4,2; 19,88; dan 77,96. Warna ayam bakar pada kondisi perlakuan optimum memiliki nilai L, a, b dan Hue berturut-turut 31,65; 9,29; 18,15; dan 62,21. Dengan demikian penggunaan bumbu pada kisaran konsentrasi 7 sampai 9% dari berat ikan/ayam, jarak pembakaran 7 cm, dan lama pemanasan 28,0 sampai 31,5 min dapat mereduksi secara signifikan kandungan PAH dalam ikan dan ayam bakar.

Kata kunci: Polisiklik aromatik hidrokarbon, optimasi pembakaran daging, SPE, HPLC-UV, *response surface methodology*.

ABSTRACT

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) have been widely known as carcinogenic compounds with benzo(a)pyrene (BAP) and dibenzo(a,h)antracen (DBA) as the most toxic ones. This compound formed through incomplete combustion of wood, charcoal, and organic compounds during grilling of meat, chicken, or fish. The objective of this study is to discover the optimum grilling process, distance and heating time of grilling process and the amount of seasoning used, to reduce the amount of PAH formed during grilling of fish and chicken. PAHs were extracted using a tandem solid phase extraction technique and HPLC-UV (using C18 column, 80% acetonitrile, and multiwavelength detector or MWD). The method used in optimization was response surface Box-Behnken design using Design Expert® 7 software. Linearity with standard addition in sample, limit of detection, limit of quantitation, system suitability, accuracy by recovery test and precision of the analytical method were performed at 0.96–0.97, 0.03–0.04 µg/mL, 0.09–0.11 µg/mL test solution, 0.57–1.59% (< 2%), 123–126%, and 12–15%. The validated method was then used for the determination of PAHs (BAP and DBA) in grilled fish and chicken from some treatments following the response surface methodology (RSM) design. The total PAHs content in grilled fish without seasoning treatment can reach 193 ng/g, while that in grilled chicken 226 ng/g. Using the RSM in this study, it is known that the optimum treatment for grilled fish to have an undetected level of PAHs was reached at the grilling distance of 7.3 cm, heating time of 31.5 min and seasoning amount of 7.40 %, while that for grilled chicken was 6.8 cm, 28.0 min and 8.69 %, respectively. The seasoning consists of garlic, shallot, galangal, ginger, turmeric, candle nut, pepper and salt with a composition normally found at the local food seller. Color properties of grilled fish at the optimum condition were L value 48.03, a value 4.2, b value 19.88, and score of Hue 77.96, while the color properties of grilled chicken were 31.65, 9.29, 18.15, and 62.21, respectively. The use of seasoning at a range of 7 to 9% of fish/chicken weight, grilling distance at c.a. 7 cm and length of grilling time 28.0 to 31.5 min can significantly reduce PAHs contents in the grilled foods.

Keywords: Polycyclic aromatic hydrocarbon, meat grilling optimization, SPE, HPLC-UV, response surface methodology.

PENDAHULUAN

Data kesehatan masyarakat di Indonesia menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan penderita kanker yang terus meningkat. Selain bahan tambahan pangan yang dicurigai berpengaruh terhadap angka kenaikan tersebut, meningkatnya trend gaya hidup masyarakat perkotaan mengkonsumsi menu makanan yang dibakar/dipanggang baik di rumah maupun di restoran atau rumah makan diduga menjadi salah satu penyebabnya. Telah dibuktikan oleh para ahli bahwa dalam makanan yang mengalami pemanasan pada suhu tinggi melalui pemanggangan atau pembakaran dapat terbentuk komponen karsinogenik seperti polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) dan heterosiklik aromatik amin (HAA). Kedua komponen tersebut lebih mudah ditemukan pada makanan berprotein

tinggi seperti daging dan ikan yang dibakar/dipanggang. Dalam usulan ini komponen PAH menjadi fokus penelitian reduksi komponen karsinogenik dalam makanan tersebut.

Komponen PAH adalah kelompok dari hampir 10.000 senyawa, tetapi hanya beberapa diantaranya yang terdapat dalam jumlah yang nyata dalam makanan dan yang paling bersifat karsinogenik serta paling banyak diteliti, yaitu benzo(a)piren (BAP). Setelah itu terdapat 14 komponen PAH lain yang bersifat karsinogenik, diantaranya dibenzo(a,h)antrasen (DBA) yang juga memiliki faktor toksitas tinggi. Keberadaannya dalam makanan dapat ditolerir hingga batas 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ atau 10 ppb, menurut legislasi pangan di Uni Eropa. Analisis pada batas yang sangat rendah tersebut membutuhkan instrumen yang cukup sensitif dan persiapan sampel yang hati-hati, ditambah fakta bahwa komponen PAH mempunyai struktur atau sifat kimia yang mirip dengan matriks sampel yang kaya protein sehingga memerlukan proses *clean up* yang efektif. Penelitian mengenai pengembangan dan validasi metode deteksi dan kuantifikasi komponen PAH menggunakan HPLC-UV (dengan instrumen HPLC-MWD) dan persiapan sampel dengan tandem SPE (*solid phase extraction*) perlu dilakukan. Hasilnya digunakan untuk penelitian lanjutan untuk mempelajari optimasi reduksi komponen karsinogenik PAH dalam makanan bakar/panggang. Instrumen HPLC-UV dipilih dalam studi ini karena instrumen ini banyak tersedia di laboratorium analisis dan penelitian di Indonesia, sehingga apabila metode analisis dan penelitian telah dapat dikembangkan, maka metode ini mudah diadopsi oleh laboratorium analisis atau lembaga/badan penelitian lainnya.

Reduksi komponen toksik atau karsinogenik juga menjadi concern masyarakat dunia dewasa ini, baik reduksi pada proses pembentukannya maupun reduksi jumlah awalnya. Reduksi komponen PAH dapat dilakukan pada saat pengolahan makanan, sehingga memungkinkan laju pembentukan komponen tersebut terhambat. Makanan khas Indonesia yang sering menggunakan bumbu dan rempah diduga menguntungkan dalam proses reduksi komponen PAH karena bumbu dan rempah dapat mempunyai sifat antioksidatif yang berpengaruh terhadap terbentuknya PAH karena proses pirolisis. Penghambatan proses pirolisis ini juga diduga dapat dilakukan dengan mengatur lamanya pemanasan sehingga

intensitas proses pirolisis dapat dikurangi dan dengan demikian jumlah terbentuknya komponen PAH dapat direduksi. Dengan demikian optimasi penerapan ketiga perlakuan, yaitu penambahan bumbu/rempah dan pengaturan jarak serta lama proses pembakaran daging, perlu diteliti.

Untuk dapat mengetahui optimasi dari dua atau lebih respons, metode statistik *response surface methodology* (RSM) dapat digunakan. Oleh karena itu melalui penelitian ini dikembangkan teknik analisis PAH dengan HPLC-UV dalam makanan bakar khas Indonesia, dalam hal ini dipilih sampel ikan dan ayam bakar, serta standar PAH yang digunakan adalah BAP dan DBA. Selanjutnya dengan menggunakan RSM diteliti mengenai jarak pembakaran, lama pemanasan dan jumlah bumbu yang optimal sehingga memberikan resiko paling rendah dengan kandungan PAH yang tidak terdeteksi dalam makanan bakar tersebut. Pengembangan teknik analisis ini berguna untuk harmonisasi metode analisis PAH dengan HPLC-UV di Indonesia dan dapat membantu sebuah laboratorium jasa analisis melakukan analisis PAH atas permintaan kliennya. Informasi hasil penelitian ini juga dapat berkontribusi dalam upaya pemerintah Indonesia membentuk Jejaring Keamanan Pangan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Sampel makanan berupa daging ayam bagian dada dan ikan mujair dengan berat per unit sampel 250-300 gram, bumbu kuning (terdiri dari kunyit, lengkuas, bawang putih, bawang merah, kemiri, merica, garam, dan jahe) yang digunakan untuk penyiapan ayam bakar dan ikan bakar, standar komponen PAH, yaitu benzo(a)piren (BAP) dan dibenzo(a,h)antrasen (DBA), asetonitril HPLC-grade, diklorometan p.a., toluena p.a., n-heksana p.a., akuades Milli-Q grade, NaOH p.a., kolom *Solid Phase Extraction*, yaitu kolom ekstrelut (*diatomaceus earth*), kolom PRS (*propylsulphonic acid silica*), dan kolom *silica gel*. Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas, pipet mikro, alat pembakaran dengan menggunakan arang untuk penyiapan ikan bakar dan ayam bakar dan *food processor*. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk analisis PAH adalah instrumen HPLC Agilent

1200 Series (Agilent Technologies, USA) dengan detektor MWD (UV/Vis) dan kolom Zorbax ODS (C18) dengan panjang 15cm, diameter 4.6 mm dan ukuran partikel 5 μm .

Metode

Penelitian dilakukan dalam dua tahapan. Tahapan pertama adalah validasi metode ekstraksi PAH (secara simultan untuk BAP dan DBA) dengan *Solid Phase Extraction*. Tahapan kedua adalah penentuan PAH pada ikan dan ayam bakar dengan melakukan pengujian pada kombinasi tiga taraf pembumbuan, jarak dan lama pemanasan. Penentuan kombinasi pembumbuan, lama dan jarak pemanasan didapatkan dengan *Response Surface Methodology* (RSM).

1) Tahap Pertama: Validasi metode ekstraksi PAH

Validasi metode analisis *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) dilakukan dengan cara melakukan uji linearitas dengan standar adisi dalam sampel, uji limit deteksi dan limit kuantitasi, uji kesesuaian sistem, akurasi uji *recovery*, dan uji presisi atau repeatabilitas. Validasi dilakukan pada metode dari mulai tahap ekstraksi dengan *Solid Phase Extraction* sampai analisis PAH dengan menggunakan HPLC-UV.

2) Tahap Kedua: Efek kombinasi variasi pembumbuan, lama pemanasan, dan jarak api terhadap kadar PAH ikan dan ayam bakar

Formulasi bumbu ikan dan ayam bakar dilakukan dengan menggunakan bumbu kuning yang sudah umum digunakan oleh pedagang ikan dan ayam bakar umumnya. Penentuan kombinasi formula bumbu, jarak pemanasan dan lama pemanggangan dilakukan dengan menggunakan desain *Response Surface Methodology* (RSM) dengan variabel independen seperti terlihat pada Tabel 1. Jumlah ulangan dan pengacakan didapat melalui program Design Expert[®] 7. Presentase formula bumbu merupakan perbandingan jumlah bumbu dengan berat basah daging ikan maupun ayam.

Ikan yang digunakan adalah ikan bawal berukuran 250-300 gram. Ayam yang digunakan adalah ayam negeri berukuran 250-300 gram. Respon yang digunakan untuk optimasi proses pembakaran adalah konsentrasi BAP, DBA dan

total PAH, kadar air, dan intensitas warna. Tahap akhir adalah verifikasi dari kombinasi perlakuan yang dihasilkan dari percobaan.

Tabel 1. Variabel independen yang dipakai dalam desain RSM.

Simbol	Variabel Independen	Kode Level	
		-1	+1
X1	Kombinasi bumbu/rempah	0%	15%
X2	Jarak Pemanasan	2 cm	8 cm
X3	Lama Pemanasan	28 menit	40 menit

- **Ekstraksi dan Clean-up Komponen PAH dengan teknik Gabungan SPE (Solid Phase Extraction)**

Masing masing sampel daging, baik ayam bakar maupun ikan bakar, dihomogenkan dengan menggunakan food processor. Kemudian ditimbang sebanyak 1 gram daging lalu dilarutkan dalam 1 mL larutan NaOH 1 M dingin untuk proses saponifikasi. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam 1.5 gram ekstrelut, diaduk rata lalu diisikan ke dalam kolom *Solid Phase Extraction-Propylsulphonic acid silica* (SPE-PRS) dan sampel dieclusi dengan fase gerak 12 mL diklorometan yang mengandung 5% toluen. Untuk membantu proses ekstraksi digunakan vacuum chamber.

Ekstrak diklorometan yang didapat kemudian diuapkan dengan gas nitrogen pada suhu ruang dan residu yang tertinggal dilarutkan dalam 2x1 mL n-heksana. Setelah itu dipersiapkan kolom berisi silika gel yang telah teraktivasi untuk ekstraksi berikutnya. Aktivasi silika gel dilakukan dengan memanaskan silika gel dalam oven pada suhu 200 °C selama 12 jam lalu kolom dielusi dengan 5 mL n-heksana sebelum digunakan untuk ekstraksi. Fraksi PAH dalam n-heksana kemudian diekstraksi ke dalam kolom tersebut dengan menggunakan eluen campuran n-heksana dan diklorometan 60:40 (v/v) sebanyak 12 mL. Ekstrak PAH yang didapat kemudian diuapkan dengan gas nitrogen pada suhu ruang. Ekstrak PAH kemudian dilarutkan dalam 2x0.5 mL acetonitril dan dipindahkan ke dalam vial untuk kemudian diuapkan pelarutnya dengan gas nitrogen pada suhu ruang. Residu yang tertinggal dalam vial kemudian dilarutkan dengan 200 µL larutan standar PAH 2.5 ppm. Sampel kemudian dianalisis kandungan PAH-nya dengan

HPLC-MWD yang diset pada panjang gelombang UV (selanjutnya disebut HPLC-UV).

- **Analisis Komponen PAH dengan Menggunakan HPLC-UV**

Analisis menggunakan HPLC Agilent 1200 series dengan detektor MWD pada panjang gelombang UV dilakukan secara isokratik mengikuti kondisi pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi operasi analisis komponen PAH dengan HPLC-UV.

Kriteria	Kondisi
Kolom	C18 (ODS), ukuran pratikel pendukung $5\mu\text{m}$, panjang 15 cm, diameter dalam 4.6 mm
Suhu running	Suhu ruang
Fase gerak	Asetonitril-aquades MilliQ (80:20, v/v), isokratik
Laju aliran fase gerak	1.0 mL/menit
Deteksi	UV 280 nm
Sampel loop	20 L

HASIL DAN PEMBAHASAN

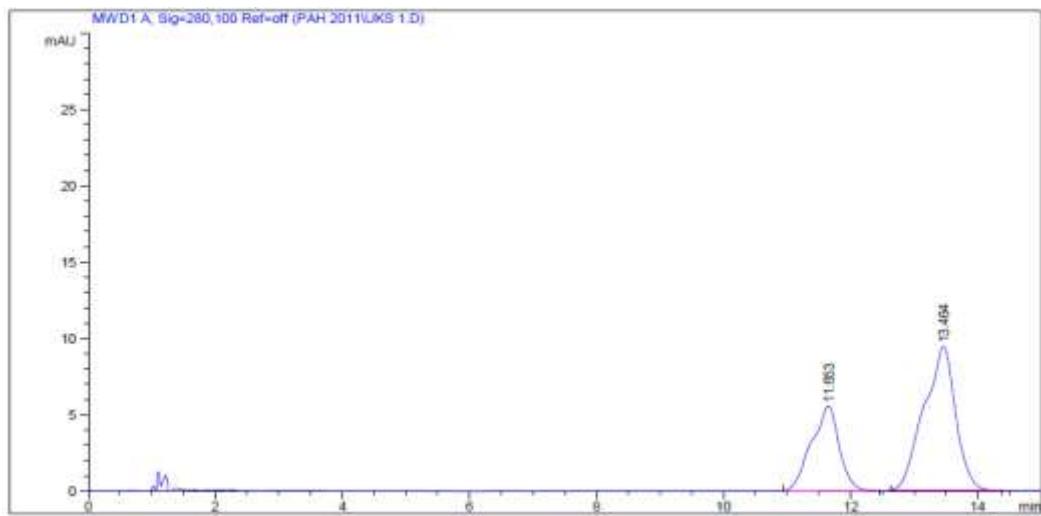
- **Validasi Metode Analisis PAH**

Validasi metode analisa PAH dengan menggunakan teknik ekstraksi dan clean-up dengan tandem SPE (SPE extrelut), SPE kolom PRS (*Propylsulphonic acid silica*) serta SPE kolom silica gel telah dilakukan. Validasi diperlukan karena PAH dalam sampel makanan umumnya berada dalam jumlah sedikit (trace). Nilai limit deteksi (LOD) dan LOQ, linearitas metode, uji kesesuaian sistem, akurasi dan presisi dengan uji recovery tersaji dalam Tabel 3.

Kromatogram campuran standar BAP dan DBA terlihat pada Gambar 1 sebagai dua puncak yang terpisah pada menit ke 11.66 untuk BAP dan 13.45 untuk standar DBA. Hal ini menandakan analisa senyawa BAP dan DBA dapat dilakukan secara simultan pada sistem HPLC yang digunakan dalam penelitian ini.

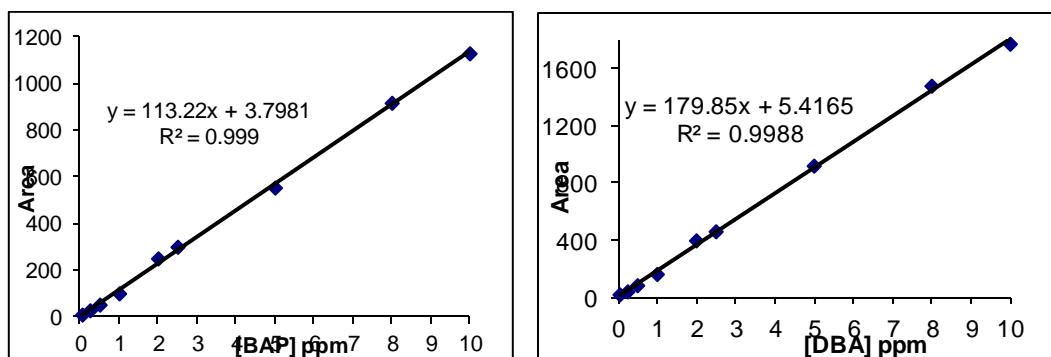
Tabel 3. Hasil uji validasi metode analisis PAH dengan menggunakan standar BAP dan DBA.

Kriteria	Nilai untuk BAP	Nilai untuk DBA
Liniearitas metode dengan standar adisi dalam sampel (R^2), range spiking 0.1–10 $\mu\text{g/mL}$	0.9675	0.9593
Kesesuaian sistem (RSD < 2%):		
- RSD luas area	0.8%	0.6%
- RSD waktu retensi	1.4%	1.6%
Limit deteksi (LOD)	0.04 $\mu\text{g/mL}$	0.03 $\mu\text{g/mL}$
Limit kuantitasi (LOQ)	0.11 $\mu\text{g/mL}$	0.09 $\mu\text{g/mL}$
Rekoveri dengan spiking 5 $\mu\text{g/g}$	122.6%	126.0%
Presisi atau repeatabilitas	12.4%	15.0%



Gambar 1. Kromatogram campuran standar BAP dan DBA pada konsentrasi 2 ppm. Standar BAP terdeteksi pada waktu retensi 11.663 menit dan DBA pada 13.454 menit.

Kurva standar BAP dan DBA yang dibuat pada range konsentrasi 0.05 – 10 ppm ($\mu\text{g/mL}$) mempunyai nilai R^2 di atas 0.990. Kurva standar ini diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva standar larutan BAP (kiri) dan DBA (kanan) dengan injeksi langsung larutan standar (tanpa sampel) ke dalam instrumen HPLC-UV.

- **Hasil optimasi proses pembakaran untuk menurunkan PAH pada ikan bakar**

Optimasi proses pembakaran dilakukan pada 3 variabel dependen yaitu jarak pemanasan, lama pemanasan, dan jumlah bumbu. Level dari masing-masing variabel pemanasan yang diujikan didapat dari *trial and error* pada penelitian pendahuluan. Untuk variabel jarak, level minimum dan maksimum yang dipergunakan pada perancangan percobaan adalah 2 cm dan 8 cm. Sedangkan untuk jumlah bumbu dan lama pemanasan, level minimum dan maksimum yang dipergunakan masing-masing adalah 28 menit dan 40 menit untuk lama pemanasan, serta 0% dan 15% untuk jumlah bumbu. Perancangan percobaan menggunakan software Design Expert® 7 dengan desain percobaan menggunakan desain *response surface* (RSM) Box-Behnken design.

Molekul benzo(a)piren (BAP) yang ditemukan pada ikan bakar berkisar antara tidak terdeteksi hingga 130.1 ng/g sampel (130.1 ppb). Nilai terendah didapat pada pembakaran dengan jarak 5 cm selama 34 menit dengan bumbu 7.5%. Sedangkan nilai tertinggi didapat pada pembakaran dengan jarak 2 cm selama 40 menit dengan tidak menggunakan bumbu. Nilai maksimum yang dicapai pada penelitian ini jauh lebih tinggi dibandingkan batas yang diperbolehkan oleh Uni Eropa yaitu 10 ng/g (10 ppb). Contoh grafik tiga dimensi hubungan antara lama dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi BAP yang dihasilkan oleh software *Design Expert*® 7 ditunjukkan pada Gambar 3.

Molekul Dibenzo(a,h)antrasen (DBA) yang ditemukan dalam ikan bakar berkisar antara tidak terdeteksi hingga 82.7 ng/g sampel (82.7 ppb). Nilai terendah didapat pada pembakaran dengan jarak 5 cm selama 34 menit dengan bumbu 7.5%. Sedangkan nilai tertinggi didapat pada pembakaran dengan jarak 2 cm selama 34 menit dengan tidak menggunakan bumbu. Seperti halnya BAP, nilai maksimum yang dicapai pada penelitian ini jauh lebih tinggi dibandingkan batas yang diperbolehkan oleh Uni Eropa. Grafik RSM tiga dimensi hubungan antara lama dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi DBA dalam ikan bakar ditunjukkan pada Gambar 4.

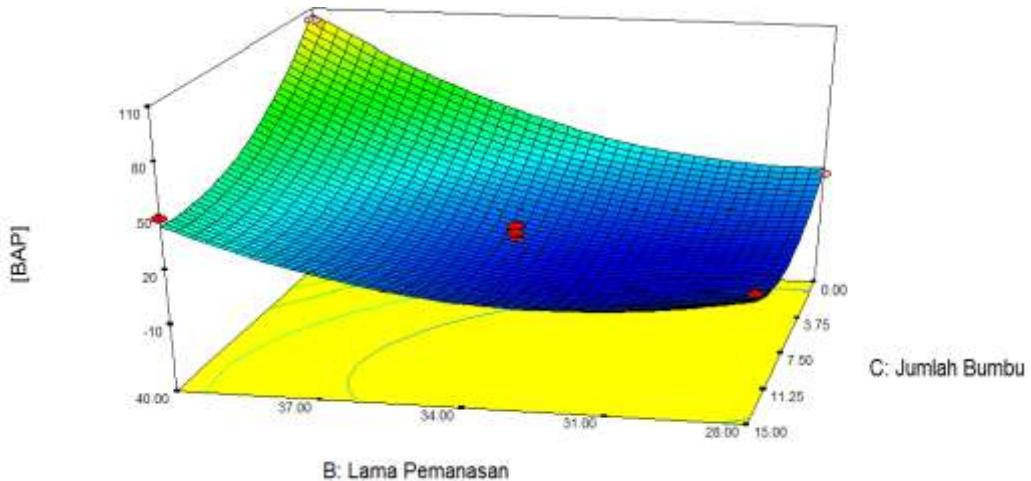
Tabel 4. Hasil percobaan optimasi proses pembakaran untuk ikan bakar dengan desain RSM Box-Behnken dengan mengatur jarak pembakaran, lama pemanasan dan jumlah bumbu per berat ikan segar.

Jarak (cm)	Lama (menit)	Bumbu (%)	[BAP] (ng/g)	[DBA] (ng/g)	Total PAH	Nilai Hue	Kadar Air (%)
5	34	7.5	ttd*	ttd	ttd	64.35	64.95
2	34	0	110.3	82.7	192.9	70.15	61.93
8	34	15	22.2	28.5	50.7	75.43	63.99
8	28	7.5	17.6	23.4	41.0	64.95	57.90
5	34	7.5	7.5	20.3	27.8	74.22	62.72
5	34	7.5	12.2	14.6	26.9	62.15	65.91
2	40	7.5	130.1	76.0	206.1	70.74	65.19
5	28	0	20.2	24.2	44.4	59.57	64.95
5	34	7.5	0.4	31.2	31.7	67.65	65.70
5	40	0	102.7	82.4	185.1	74.15	66.03
2	28	7.5	36.3	50.5	86.8	69.98	66.76
5	40	15	49.9	88.9	138.7	59.72	62.49
2	34	15	41.5	56.0	97.4	75.86	61.91
8	40	7.5	31.8	41.9	73.8	69.53	66.37
5	28	15	24.7	32.8	57.5	65.15	66.54
5	34	7.5	16.4	9.4	25.8	73.42	64.95
8	34	0	33.1	20.4	53.5	66.18	64.98

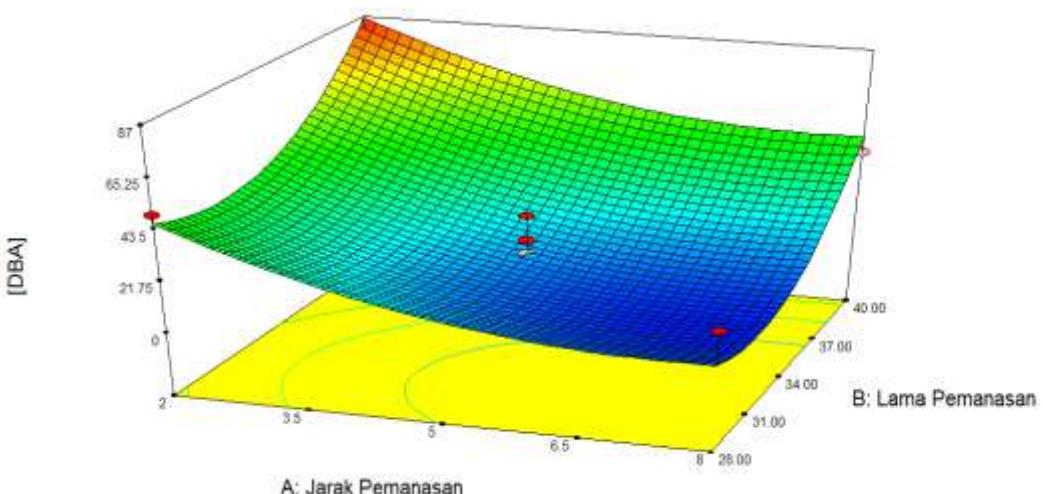
Keterangan : *ttd adalah tidak terdeteksi

Total PAH yang ditemukan pada penelitian berkisar antara tidak terdeteksi hingga 192.9 ng/g sampel (192.9 ppb). Nilai terendah didapat pada pembakaran dengan jarak 5 cm selama 34 menit dengan bumbu 7.5%. Sedangkan nilai tertinggi didapat pada pembakaran dengan jarak 2 cm selama 34 menit dengan

tidak menggunakan bumbu. Grafik RSM 3 dimensi untuk hasil analisis total PAH dalam ikan bakar ditunjukkan pada Gambar 5.



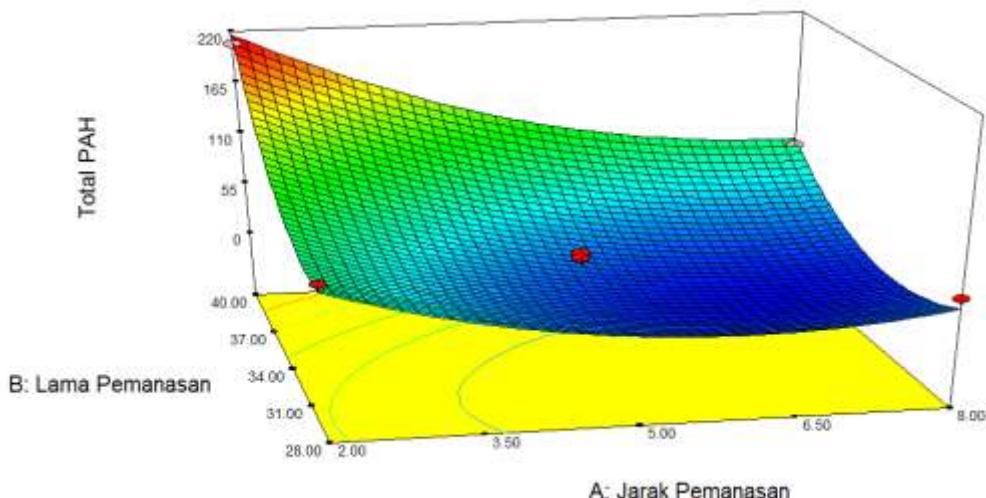
Gambar 3. Grafik 3 dimensi hubungan lama pemanasan dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi BAP ikan bakar. Warna biru menunjukkan nilai minimum BAP dan maksimum pada warna kuning dan merah.



Gambar 4. Grafik 3 dimensi hubungan lama pemanasan dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi DBA ikan bakar. Warna biru menunjukkan nilai minimum DBA dan maksimum pada warna kuning dan merah.

Hasil optimasi dengan menggunakan RSM untuk komponen dan respon di atas untuk memberikan nilai komponen berbahaya minimum dalam ikan bakar adalah pada proses jarak pemanggangan 7.26 cm, lama pemanasan 31.48 menit, dan jumlah bumbu 7.48%. Perkiraan respons yang dihasilkan dari proses tersebut

menurut Gambar 3, 4 dan 5 adalah BAP $2.4 \cdot 10^{-6}$ ng/g sampel, DBA 2.8 ng/g sampel, total PAH 3.3 ng/g sampel, nilai hue 68.42, dan kadar air 64.32 %. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa dengan proses pemanggangan ikan dengan jarak 7.26 cm, lama pemanasan 31.48 menit, dan jumlah bumbu 7.48% menghasilkan kadar BAP, DBA, dan total PAH yang tidak terdeteksi. Dengan kombinasi dan jarak tersebut, reaksi pirolisis dan pirosintesis dari PAH dapat dihambat karena interaksi langsung antara bahan pangan dan sumber api dapat dicegah dengan jarak yang tinggi dan waktu pembakaran yang singkat. Penggunaan bumbu sebesar 7.48% merupakan bumbu yang optimal untuk menurunkan nilai PAH.



Gambar 5. Grafik 3 dimensi hubungan lama pemanasan dan jumlah bumbu terhadap total PAH ikan bakar. Warna biru menunjukkan nilai minimum total PAH dan maksimum pada warna kuning dan merah.

- **Hasil optimasi proses pembakaran untuk menurunkan PAH pada ayam bakar**

Optimasi proses pembakaran pada ayam bakar dilakukan pada 3 variabel dependen sama seperti ikan bakar yaitu jarak pemanasan, lama pemanasan, dan jumlah bumbu. Level dari masing-masing variabel pemanasan yang diujikan pun sama dengan percobaan pada ikan bakar. Perbedaan terletak pada ayam sampel terlebih dahulu dikukus selama 30 menit sebelum dibakar. Hasil percobaan ditunjukkan pada Tabel 5.

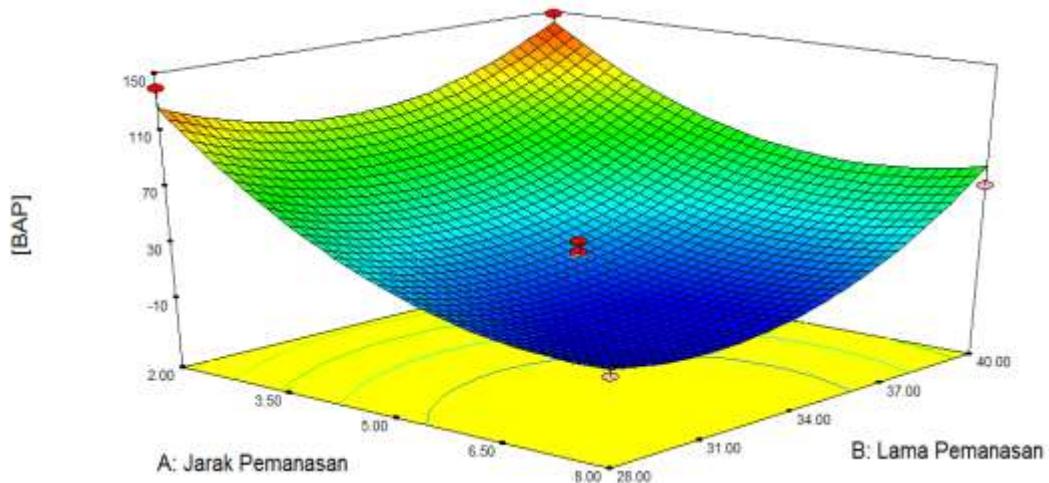
Tabel 5. Hasil percobaan optimasi proses pembakaran untuk ayam bakar dengan desain RSM Box-Behnken dengan mengatur jarak pembakaran, lama pemanasan dan jumlah bumbu per berat daging ayam segar.

Jarak (cm)	Lama (menit)	Bumbu (%)	[BAP] (ng/g)	[DBA] (ng/g)	Total PAH	Nilai Hue	Kadar Air (%)
5	34	7.5	19.7	7.6	27.2	62.05	46.98
5	28	15	20.4	44.5	64.9	66.26	44.76
2	34	0	104.6	121.3	225.9	65.12	44.04
8	40	7.5	64.6	44.8	109.5	57	42.00
5	34	7.5	9.4	16.4	25.8	64.77	60.27
2	40	7.5	148.1	83.2	231.2	64.56	51.69
5	34	7.5	15.2	28.1	43.3	64.8	46.82
5	40	0	65.7	45.0	110.7	63.05	40.60
5	34	7.5	12.2	21.0	33.1	68.52	41.35
2	28	7.5	139.6	49.3	188.9	72.12	41.1
2	34	15	74.0	149.2	223.2	66.2	49.88
5	40	15	91.9	53.7	145.6	62.05	42.62
8	28	7.5	ttd*	ttd	ttd	73.12	41.91
5	34	7.5	27.3	33.6	60.9	61.6	39.22
8	34	15	31.8	54.0	85.8	65.27	42.82
8	34	0	ttd	ttd	ttd	57.25	45.76
5	28	0	31.5	37.9	69.4	67.32	47.14

Keterangan : *ttd adalah tidak terdeteksi.

Molekul benzo(a)piren yang ditemukan pada penelitian ayam bakar berkisar antara tidak terdeteksi hingga 148.1 ng/g sampai (148.1 ppb). Nilai terendah didapat pada pembakaran dengan jarak 8 cm selama 28 menit dengan bumbu 7.5% serta jarak 8 cm selama 34 menit tanpa menggunakan bumbu. Sedangkan nilai tertinggi didapat pada pembakaran dengan jarak 2 cm selama 34 menit dengan tidak menggunakan bumbu. Nilai maksimum yang dicapai pada penelitian ini jauh lebih tinggi dibandingkan batas yang diperbolehkan oleh Uni Eropa .

Grafik tiga dimensi hubungan antara lama dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi BAP dalam ayam bakar ditunjukkan pada Gambar 6.



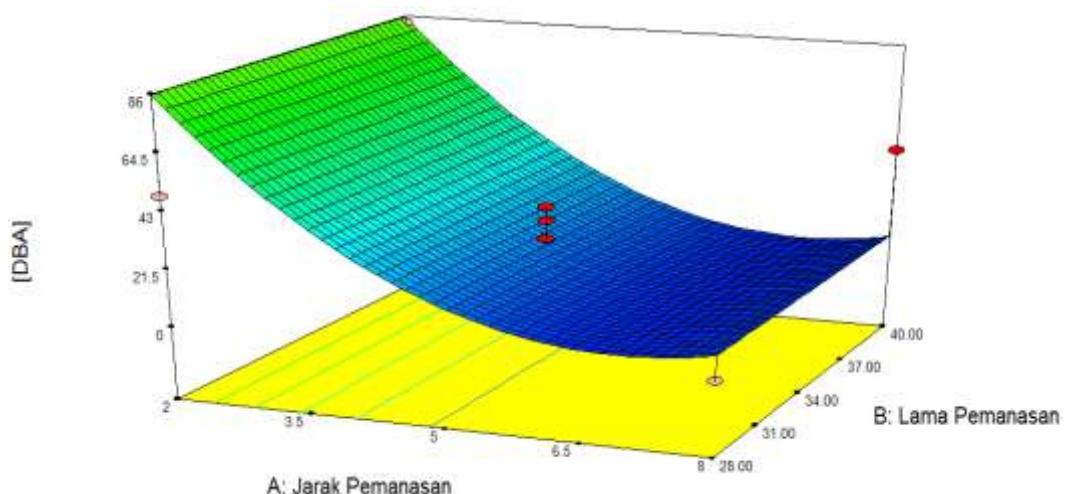
Gambar 6. Grafik 3 dimensi hubungan lama pemanasan dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi BAP ayam bakar. Warna biru menunjukkan nilai minimum BAP dan maksimum pada warna kuning dan merah.

Molekul dibenzo(a,h)antrasen yang ditemukan pada penelitian ayam bakar berkisar antara tidak terdeteksi hingga 149.2 ng/g sampel (149.2 ppb). Nilai terendah didapat pada pembakaran dengan jarak 8 cm selama 28 menit dengan bumbu 7.5% serta jarak 8 cm selama 34 menit tanpa menggunakan bumbu. Sedangkan nilai tertinggi didapat pada pembakaran dengan jarak 2 cm selama 34 menit dengan 15% bumbu. Grafik tiga dimensi hubungan antara lama dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi DBA dalam ayam bakar ditunjukkan pada Gambar 7.

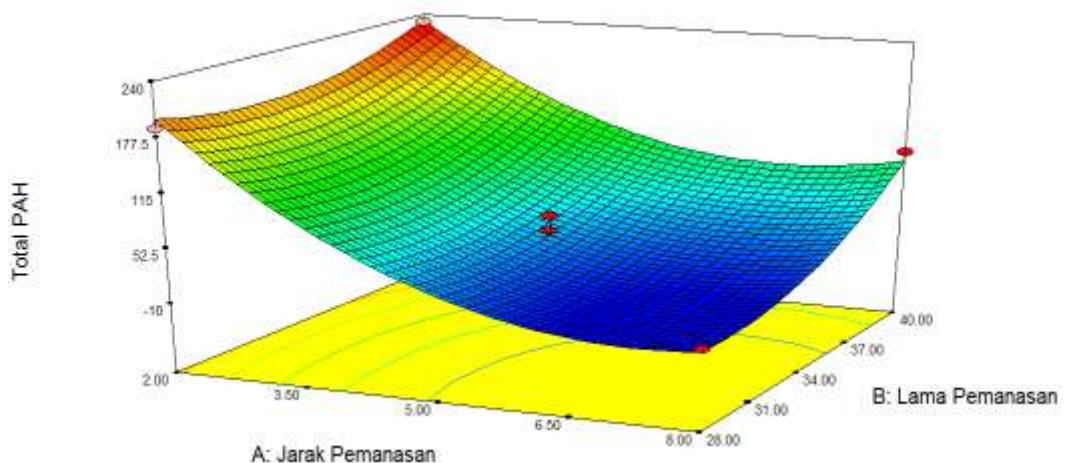
Total PAH yang ditemukan pada penelitian berkisar antara tidak terdeteksi hingga 225.9 ng/g sampel (225.9 ppb). Nilai terendah didapat pada pembakaran dengan jarak 8 cm selama 28 menit dengan bumbu 7.5% serta jarak 8 cm selama 34 menit tanpa menggunakan bumbu. Sedangkan nilai tertinggi didapat pada pembakaran dengan jarak 2 cm selama 34 menit dengan 0% bumbu. Grafik RSM tiga dimensi hubungan antara lama dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi total PAH dalam ayam bakar ditunjukkan pada Gambar 8.

Hasil optimasi dengan menggunakan RSM untuk komponen dan respon di atas memberikan nilai optimasi untuk mendapatkan kandungan senyawa berbahaya minimum dalam ayam bakar berupa jarak pemanggangan 6.79 cm, lama pemanasan 28 menit, dan jumlah bumbu 8.69%. Perkiraan respons yang dihasilkan dari proses tersebut adalah BAP 8.6 ng/g sampel, DBA 9.0 ng/g

sampel, total PAH 1.0 ng/g sampel, nilai Hue 68.79, dan kadar air 54.76 %. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa dengan proses pemanggangan ayam dengan jarak 6.79 cm, lama pemanasan 28 menit, dan jumlah bumbu 8.69% menghasilkan kadar BAP, DBA, dan total PAH yang tidak terdeteksi.



Gambar 7. Grafik 3 dimensi hubungan lama pemanasan dan jumlah bumbu terhadap konsentrasi DBA ayam bakar. Warna biru menunjukkan nilai minimum DBA dan maksimum pada warna kuning dan merah.



Gambar 8. Grafik 3 dimensi hubungan lama pemanasan dan jumlah bumbu terhadap total PAH dalam ayam bakar. Warna biru menunjukkan nilai minimum total PAH dan maksimum pada warna kuning dan merah.

KESIMPULAN

Validasi metode analisis PAH dilakukan dengan standar benzo(a)piren (BAP) dan dibenzo(a,h)antrasen (DBA) dengan menggunakan *tandem solid phase extraction (tandem SPE)* dan HPLC-UV. Linearitas metode (dengan adisi standar dalam sampel) yang ditunjukkan dengan nilai R^2 pada konsentrasi 0.1 – 10 ug/ml (ppm) untuk standar BAP dan DBA berada di atas 0.95. Hasil uji kesesuaian sistem menunjukkan nilai RSD di bawah 2% sesuai dengan yang disarankan JECFA untuk analisis trace. Limit deteksi instrumen untuk larutan BAP dan DBA adalah 0.04 dan 0.03 $\mu\text{g/mL}$, sedangkan limit kuantitasnya adalah 0.11 dan 0.09 $\mu\text{g/mL}$ larutan. Hasil uji recovery pada sampel dengan *spiking* standar BAP dan DBA sebesar 5 ppm adalah 122.55% (BAP) dan 126.02% (DBA). Sementara nilai *repeatability* dari metode untuk BAP dan DBA masing-masing adalah 12% dan 15%, hasil ini sesuai dengan AOAC.

Penentuan kombinasi pembumbuan, lama dan jarak pembakaran yang didapatkan dengan *response surface methodology* (RSM) menghasilkan formula pemrosesan optimum untuk ikan dan ayam bakar yang memberikan kandungan senyawa berbahaya yang minimum. Formula optimum untuk ikan bakar adalah pembakaran dengan jarak pembakaran 7.26 cm, lama pemanasan 31.48 menit dan jumlah bumbu 7.48%. Sebelum pengaturan ini ikan bakar tanpa pembumbuan mempunyai kandungan PAH hingga 193 ng/g sampel. Sementara optimasi untuk ayam bakar menghasilkan jarak pembakaran 6.79 cm, lama pemanasan 28 menit, dan jumlah bumbu 8.69%. Apabila proses ayam bakar dilakukan tanpa pembumbuan akan ditemukan PAH total hingga 226 ng/g.

Hasil verifikasi formula ikan bakar dengan menggunakan kondisi optimum di atas menunjukkan kadar BAP, DBA, dan total PAH dalam ikan bakar maupun ayam bakar adalah tidak terdeteksi dengan nilai Hue 77.96 dan kadar air 59.6% pada ikan bakar, sedangkan pada ayam bakar, nilai Hue 62.21 dan kadar air 50.62%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan Nasional RI atas pemberian dana penelitian di bawah program Hibah Fundamental DIPA IPB dengan kontrak No. 26/I3.24.4/SPP/PF/2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Baran S, Oleszczuk P, Baranowska E. 2003. Degradation of soil environment in the post-flooding area: Content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and S-triazine herbicides. *Journal of Environmental Science and Health Part B – Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes* 38: 799–812.
- Camel V. 2000. Microwave-assisted solvent extraction of environmental samples. *Trends in analytical chemistry* 19(4): 229-248.
- Castro MDL, Carmona MM. 2000. Where is suprcritical fluid extraction going?. *Trends in analytical chemistry* 19(4): 223-228.
- Chen BH, Wang CY, Chiu CP. 1996. Evaluation of analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in meat products by liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2244-2251.
- Chen J, Chen S. 2005. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons by low density polyethylene from liquid model and roasted meat. *Food Chemistry* 90: 461-469.
- Dong MW. 2006. Modern HPLC for Practicing Scientists. New Jersey: Wiley
- Farhadian A, Jinap S, Hanifah HN, Zaidul IS. Effects of meat preheating and wrapping on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled meat. *Food Chemistry* 124: 141-146.
- Guillen MD, Sopelana P, Palencia G. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons and olive pomace oil. *J Agric. Food Chem* 57: 2123-2132.
- Haritash AK, Kaushik CP. 2009. Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. *J. of Hazardous Material* 169: 1-15.
- Harvey RG. 2011. Historical Overview of Chemical Carcinogenesis dalam Chemical Carcinogenesis. Penning TM editor. Philadelphia: Springer.
- Jagerstad M, Skog K. 2005. Review: Genotoxicity of heat-processed foods. *Mutation research* 574: 156-172.

- Janoszka B, Warzecha L, Blaszczyk, Bodzek D. 2004. Organic compounds formed in thermally treated high-protein food part I: polycyclic aromatic hydrocarbons. *Acta chromatographica* 14: 115-128.
- Kazerouni N, Sinha R, Hsu CH, Greenberg A, Rothman N. 2001. Analysis of 200 food items for benzo(a)pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food and Chemical Toxicology* 39: 423-436.
- Kolonel LN, Altshuler D, Henderson BE. 2004. The multitechnic cohort study: exploring genes, lifestyle and cancer risk. *Nature Reviews Cancer* 4: 519-527.
- Luch A¹. 2005. Nature and nurture – lessons from chemical carcinogenesis. *Nature Reviews Cancer* 5: 113-125.
- Luch A². 2005. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons-Induced Carcinogenesis- An Integrated View dalam The Carcinogenic Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Luch A editor. London: CRC Press.
- Luch A, Baird WM. 2005. Metabolic Activation and Detoxification of polycyclic aromatic hydrocarbons dalam The Carcinogenic Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Luch A editor. London: CRC Press.
- Michalski R, Germuska R. 2002. Extraction of benzo(a)pyrene from mussel tissue by accelerated solvent extraction (ASE) and determination by GPC and HPLC. *Acta Chromatographica*. 12.
- Montgomery DC. 2001. Design and Analysis of Experiments 5th ed. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Morret S, Conte L, Dean D. 1999. Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons content of smoked fish by means of a fast HPLC/HPLC method. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1367-1371.
- Mottier P, Parisod V, Turesky RJ. 2000. Quantitative determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in barbecued meat sausages by gas chromatography coupled to mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 48: 1160-1166.
- Oros DR, Ross JRM. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in bivalves from the San Francisco estuary: Spatial distributions, temporal trends, and sources. *Marine Environmental Research* (60): 466–488.
- Peto J. 2001. Cancer epidemiology in the last century and the next decade. *Nature* 411: 390-395.
- Rey-Salgueiro. 2008. Effect of toasting procedures on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in toasted bread. *Food Chemistry* 108: 607-615.
- Snyder LR, Kirkland JJ, Dolan KW. 2010. Introduction to Modern Liquid Chromatography 3th ed. Nes Jersey: Wiley.

- Wang G, Lee AS, Lewis M, kamath B, Archer RK. 1999. Accelerated solvent extraction and gas chromatography/mass spectrometry for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked food samples. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1062-1066.
- Wenzl T, Simon R, Anklam E, Kleiner J. 2006. Analytical methods for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in food and the environment needed for new food legislation in the European Union. *Trends in Analytical Chemistry* 25(7): 716-725.
- Wretling S, Eriksson A, Eskhult GA, Larsson B. 2010. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Swedish smoked meat and fish. *Journal of Food Composition and Analysis* 23: 264-272.
- Wootton EC, Durynda EA, Pipe RK, Ratcliffe NA. 2003. Comparison of PAH-induced immunomodulation in three bivalve molluscs. *Aquatic Toxicol.* 65: 13-25.

**PENGARUH PEMBERIAN PHYTOESTROGEN PADA
MASA KEBUNTINGAN DAN LAKTASI TERHADAP KINERJA
REPRODUKSI ANAK**

(The Effect of Prenatal and Lactation Exposure to The Phytoestrogen to Pups reproduction performance)

Nastiti Kusumorini¹⁾, Aryani Sis min S¹⁾, A. Dinoto²⁾

¹⁾Dep. Anatomi Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan, IPB,

²⁾Laboratorium Mikrobiologi LIPI

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian phytoestrogen pada masa kebuntingan dan laktasi terhadap kinerja reproduksi anak. Penelitian ini menggunakan susu kedelai yang fermentasi oleh *Lactobacillus plantarum* sebagai sumber phytoestrogen. Empat puluh ekor 40 tikus (*Rattus norvegicus*) bunting dibagi menjadi 4 kelompok perlakuan yaitu K (tidak diberi phytoestrogen, sebagai kontrol), SF-AW (diberi susu kedelai fermentasi dengan dosis 1 mg/kg BB pada hari ke 2 – 11 kebuntingan), SF-AK (diberi susu kedelai fermentasi dengan dosis 1 mg/ hari /kg BB pada hari ke 12 kebuntingan sampai melahirkan dan SF-LAK (diberi susu kedelai fermentasi dengan dosis 1 mg/ kg BB pada hari ke 2-12 masa laktasi). Setelah mendapatkan perlakuan, hewan tersebut dibiarkan melahirkan secara alami dan dilakukan pengamatan berupa lama kebuntingan dan tingkat produksi anak serta bobot lahir. Pengamatan bobot badan dan tampilan reproduksi pada anak tikus jantan dan betina dilakukan terhadap 5 ekor hewan pada usia 15, 21, 28 dan 42 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian phytoestrogen mempengaruhi bobot anak pada usia 15 hari serta kinerja anak jantan maupun betina pada usia 42 hari.

Kata kunci: Phytosetrogen, testis, testosterone, ovarium, uterus.

ABSTRACT

This research was conducted to study the administration of phytoestrogen on rat during pregnancy and lactation to pups reproduction performance. The research used soybean milk fermented by *Lactobacillus plantarum* as phytoestrogen resource. Forty pregnant rats (*Rattus norvegicus*) were divided into 4 groups. They were control , 1 mg/kg BW soybean milk fermented by *Lactobacillus plantarum* at 2-11 days of pregnancy, 1 mg/kg BW soybean milk fermented by *Lactobacillus plantarum* at 12 days of pregnancy till birth, and 1 mg/kg BW soybean milk fermented by *Lactobacillus plantarum* at 2-12 days of lactation. Pups were delivered naturally. They were being observed for days of pregnancy, litter size, and birth body weight. The observation of body weight and reproductive performance on male and female pups were done at 15,21,28 and 42 days old of 5 pups for each. In general, the result showed that administration of phytoestrogen influenced body weight of 15 days old pups, reproduction performance of both male and female pups at 42 days old.

Keywords: Phytosetrogen, testis, testosterone, ovarium, uterus.

PENDAHULUAN

Pada saat kebuntingan, sistem peredaran darah induk dan anak merupakan satu kesatuan sistem sirkulasi. Kesatuan sistem sirkulasi ini menyebabkan hadirnya hormon-hormon pada sirkulasi darah induk juga akan masuk kedalam sirkulasi anak pada saat kebuntingan. Terpaparnya fetus secara berlebihan oleh hormon reproduksi yang ada pada induk diyakini dapat mempengaruhi fungsi reproduksi maupun tingkah laku individu tersebut setelah menjadi dewasa. Pada hewan prolifik yaitu hewan yang memiliki anak lebih dari satu pada satu kali kebuntingan, posisi janin dalam uterus yang menggambarkan hubungan letak janin secara acak dari fetus-fetus tersebut di dalam uterus induk akan saling mempengaruhi secara hormonal. Dengan menggunakan sifat prolifik ini, Kusumorini *et al.* (2000) menunjukkan bahwa bila fetus betina hidup dalam lingkungan betina, maka setelah dewasa individu tersebut akan memiliki kinerja reproduksi betina yang lebih baik dibandingkan dengan fetus betina yang selama dalam kandungan berada dalam lingkungan jantan.

Phytoestrogen merupakan suatu substrat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang secara struktur dan fungsi mirip dengan Estradiol (E2). Beberapa senyawa phytoestrogen yang diketahui banyak terdapat dalam tanaman antara lain isoflavon, flavon, lignan, coumestans, tripterene glycosides, acyclics dan lain-lain. Phytoestrogen dapat ditemukan pada kedelai dan produk-produk kedelai. Hal ini yang menguatkan bahwa kedelai dan produk-produk kedelai dipercaya dapat mengantikan fungsi estrogen dalam tubuh (You, 2004). Seperti halnya endogenus estrogen, efek estrogenik dari phytoestrogen diperantarai oleh aktivasi reseptör estrogen. Sejauh ini, konsumsi makanan yang kaya akan phytoestrogen telah dipercaya dapat menurunkan kejadian kanker prostat dan payudara, terutama untuk orang-orang Asia Tenggara yang menu makanannya kaya akan kedelai dan produk dari kedelai (Dai *et al.* 2003).

Isoflavon utama yang bersifat phytoestrogen dan terdapat dalam kedelai berada dalam dua bentuk yaitu daidzin dan genistin (bentuk glikosida) serta daidzein dan genestein (bentuk aglikon) (Astuti 1999). Genistin inilah yang lebih bersifat agonis pada reseptör estrogen baik yang tipe α maupun β (Mueller *et al.*

2004). Bila dikonversikan antara kedelai yang masuk dengan perkiraan genistin yang dikandung, maka rataan asupan genistin ke dalam tubuh sekitar 0,4 -0,6 mg/hari (Yamamoto *et al.* 2001). Disisi lain , makanan orang Eropa dan Amerika mengandung genistin yang lebih rendah dibandingkan dengan makanan orang Asia, akan tetapi dengan meningkatnya pola hidup sebagai vegetarian, kemungkinan suatu saat asupan genistin orang Eropa dan Amerika akan mendekati makanan orang Asia. Pada kondisi bayi yang hanya mendapatkan susu kedelai sebagai pengganti ASI (Air Susu Ibu) maupun susu formula lainnya yang berasal dari susu sapi, diperkirakan akan mendapatkan phytoestrogen sebanyak 4,5-8 mg/hari dimana 65% dari phyroestrogen tersebut adalah genistin (Setchell 1998).

Konsumsi isoflavon selama kebuntingan diduga juga dapat mempengaruhi pemparan phytoestrogen pada fetus. Hal ini diperkuat dengan hadirnya phytoestrogen dalam cairan amnion dari wanita hamil pada trimester ke tiga (Foster *et al.* 2002). Beberapa penelitian sudah menunjukkan bahwa pemberian estrogen akan mempengaruhi perkembangan *sexually dimorphic*. Pemaparan diethylstilbestrol (DES) baik in utero maupun neonatal menunjukkan adanya pengaruh terhadap jarak anogenital, usia pubertas dan luas area preoptik. Walaupun sudah banyak penelitian yang menunjukkan pengaruh phytoestrogen terhadap fungsi reproduksi hewan, namun masih sedikit informasi yang berkaitan dengan pengaruh phytoestrogen yang diberikan pada saat kebuntingan dan menyusui terhadap perkembangan traktus reproduksi dari fetus yang dikandung serta kinerja reproduksi anak tersebut setelah dewasa.

METODE PENELITIAN

- **Hewan Coba**

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Fisiologi, Departemen Anatomi, Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan IPB. Hewan coba yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tikus bunting dari species *Rattus norvegicus*, galur Sprague-Dawley paritas ke 2 (dua) dan berumur \pm 16 minggu dan tikus jantan berumur 16 minggu untuk mengawini betina. Selama penelitian,

tikus percobaan dipelihara di Fasilitas Hewan Coba FKH IPB dan dikandangkan secara individu dalam kandang yang terbuat dari plastik berukuran 30 cm x 20 cm x 12 cm yang dilengkapi dengan kawat kasa penutup pada bagian atasnya. Pencahayaan dilakukan selama 12 jam (06.00 – 18.00) dan pakan serta air minum diberikan *ad libitum*.

Guna mendapatkan tikus bunting, perkawinan dilakukan secara alamiah dengan mencampurkan pejantan dan betina di dalam satu kandang. Perkawinan ditandai dengan adanya sperma dalam ulasan vagina dan ini merupakan hari pertama kebuntingan (H1). Tikus betina yang telah bunting ini yang digunakan pada penelitian dan dikandangkan secara individu.

- **Phytoestrogen dan Dosis Pemberian**

Phytoestrogen yang digunakan dalam penelitian merupakan isoflavon yang bersumber dari susu kedelai yang telah difermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum*. Penggunaan bahan tersebut sebagai sumber phytoestrogen karena memiliki kadar isoflavon yang cukup tinggi. Jumlah susu kedelai fermentasi yang diberikan pada hewan coba adalah 1 mg/hari yang dilarutkan dalam 1 ml air. Bila dikonversikan pada kadar isoflavon yang terkandung, maka jumlah isoflavon yang diterima oleh hewan coba adalah 0,7061 mg/hari. Pemberian tepung susu kedelai fermentasi dilakukan dengan *force feeding* (pencekokan) yang dilaksanakan pada pagi hari.

- **Pelaksanaan Penelitian**

Sebanyak 40 ekor tikus betina bunting dibagi ke dalam 4 kelompok percobaan yaitu: 1) Kelompok yang tidak diberi phytoestrogen (tidak mendapatkan perlakuan apapun) selama kebuntingan dan menyusui, 2) Kelompok yang diberi susu kedelai fermentasi pada hari ke 2 – 11 kebuntingan, 3) Kelompok yang diberi susu kedelai fermentasi pada hari ke 12 sampai waktu melahirkan, dan 4) Kelompok yang mendapatkan susu kedelai fermentasi pada hari ke 2-12 masa laktasi.

Setelah mendapatkan perlakuan, kelompok-kelompok hewan tersebut di atas dibiarkan melahirkan secara alami. Begitu anak-anak tikus lahir, dilakukan pengamatan produksi anak dari masing-masing induk berupa lama kebuntingan,

jumlah anak sekelahiran dan bobot lahir. Pada usia prasapih (15 hari), bobot anak dan jarak celah anogenital diambil, sedangkan pada usia 21 hari, hanya celah anogenital saja yang diukur. Setelah hewan lepas sapih (usia 28 hari), anak-anak tersebut dikelompokkan berdasarkan jenis kelamin dan kelompok perlakuan.

Data selanjutnya yang diambil adalah pada saat hewan mencapai usia 28 dan 42 hari. Pada saat usia hewan seperti tersebut diatas , 5 ekor hewan dari masing-masing kelompok dan jenis kelamin dikorbankan untuk diambil data bobot badan dan tampilan reproduksi (testis untuk hewan jantan , ovarium dan uterus untuk hewan betina). Selain itu, sampel darah juga akan diambil untuk menentukan kadar hormon. Segera setelah pembiusan dengan menggunakan ether, sebanyak 5 ml darah akan diambil dari jantung dengan menggunakan jarum suntik. Darah ditempatkan dalam tabung dan dibiarkan selama kira-kira 4 jam, kemudian di sentrifuse dengan kecepatan 2500 rpm selama 20 menit. Serum yang terbentuk akan disimpan di dalam freezer sampai waktu pengujian kadar testosteron dengan menggunakan metoda RIA

- **Analisa Statistik**

Parameter yang diukur akan dinyatakan dengan rataan \pm simpangan baku. Perbedaan antar kelompok perlakuan akan diuji secara statistika dengan analisa sidik ragam (ANOVA) dengan pola rancangan acak lengkap. Jika perlakuan berpengaruh nyata dan sangat nyata dilanjutkan dengan uji selisih beda terkecil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Tingkat Produksi Anak**

Tingkat produksi anak yang diamati meliputi lama kebuntingan, jumlah anak sekelahiran, rataan bobot lahir anak, dan rataan bobot anak usia 15 hari. Hasil pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pemberian phytoestrogensaat kebuntingan tidak mempengaruhi lama kebuntingan, jumlah anak lahir maupun bobot anak lahir. Hal ini menunjukkan bahwa dosis phytoestrogen yang diberikan tidak mempengaruhi proses kebuntingan. Namun demikian, pada bobot lahir anak terlihat bahwa anak yang dilahirkan dari induk yang diberi susu fermentasi pada

awal kebuntingan memiliki bobot lahir yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kelompok yang lain. Pada usia 15 hari, rataan bobot badan anak terlihat berbeda nyata ($p=0,0019$). Kelompok induk yang diberi phytosetrogen pada saat laktasi, memiliki laju pertumbuhan yang lebih besar bila dibandingkan dengan kelompok lain bahkan dengan kelompok kontrol. Peningkatan bobot badan usia 15 hari pada kelompok yang diberi phytoestrogen saat laktasi, diduga karena adanya peningkatan produksi air susu induk. Hal ini dapat dimengerti mengingat kerja phytoestrogen yang menyerupai estrogen. Tingginya kadar estrogen pada saat laktasi akan menstimulasi pembentukan air susu, sehingga produksi air susu akan meningkat dan pertumbuhan anak-anaknya pun akan lebih cepat dibandingkan kelompok lain.

Tabel 1. Rataan \pm SDlama kebuntingan, jumlah anak sekelahiran, rataan bobot lahir anak, dan rataan bobot badan anak usia 15 hari pada setiap kelompok perlakuan.

Parameter	Kelompok Perlakuan			
	K	SF- AW	SF- AK	SF-LAK
Lama kebuntingan (hari)	22,67 \pm 0,58	22,00 \pm 0,00	22,00 \pm 0,00	22,00 \pm 0,00
Jumlah anak sekelahiran (ekor)	7,33 \pm 0,58	8,33 \pm 3,00	7,00 \pm 2,65	7,33 \pm 1,53
Bobot lahir anak (gram)	6,22 \pm 0,09 ^{ab}	5,33 \pm 0,70 ^b	6,67 \pm 0,71 ^a	6,25 \pm 0,22 ^{ab}
Bobot anak usia 15 hari (gram)	16,77 \pm 0,22 ^b	14,33 \pm 0,49 ^c	16,14 \pm 1,55 ^{bc}	19,63 \pm 1,34 ^a

Keterangan:

K adalah kelompok hewan yang tidak diberi perlakuan selama kebuntingan dan menyusui, SF-AW adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada $\frac{1}{2}$ kebuntingan awal (usia 2-11 hari), SF-AK adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada $\frac{1}{2}$ kebuntingan akhir (usia 12-22 hari), SF-LAK adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada 11 hari pertama masa laktasi. Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ($p>0,05$); tn=tidak nyata.

• Jarak Cela Anogenital

Jarak cela anogenital adalah jarak yang diukur antara anus dan alat genital. Jarak cela anogenital inilah yang dijadikan patokan untuk membedakan jenis kelamin anak tikus pada saat lahir sampai usia 21 hari. Anak tikus jantan memiliki jarak cela anogenital yang lebih panjang bila dibandingkan dengan anak betina. Hasil pengamatan jarak cela anogenital anak usia 15 dan 21 hari ditunjukkan pada tabel 2.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh pemberian phytoestrogen terhadap jarak celah anogenital baik usia 15 hari maupun 21 hari. Hal ini sesuai dengan apa yang telah diungkapkan oleh Tousen *et al.* (2006). Namun demikian, pada hewan jantan usia 21 hari, walupun tidak memberikan beda nyata, tetapi bila dicermati lebih lanjut kelompok hewan yang mendapat paparan phytoestrogen memiliki jarak celah anogenital yang lebih pendek bila dibandingkan dengan kelompok kontrol. Bila phytoestrogen dapat masuk ke dalam tubuh hewan secara tranplasental maupun via air susu, maka ada sejumlah *estrogen like* yang mengalir pada tubuh anak jantan. Hal ini lah yang diduga memperpendek jarak celah anogenital.

Tabel 2. Rataan ± SD jarak celah anogenital (AG) hewan jantan dan betina pada usia 15 dan 21 hari pada setiap kelompok perlakuan.

Parameter	Kelompok Perlakuan			
	K	SF- AW	SF- AK	SF-LAK
Jantan				
Jarak celah AG usia 15 hari (mm)	10,33± 0,15	9,57± 0,93	9,47± 2,73	11,37± 1,10
Jarak celah AG usia 21 hari (mm)	14,40± 2,45	11,53± 1,42	12,23± 5,15	12,40± 2,67
Betina				
Jarak celah AG usia 15 hari (mm)	6,70± 0,35	6,50± 0,87	6,57± 1,10	6,80± 0,20
Jarak celah AG usia 21 hari (mm)	9,13± 1,60	8,27± 1,42	9,10± 1,60	8,33± 1,26

Keterangan:

K adalah kelompok hewan yang tidak diberi perlakuan selama kebuntingan dan menyusui, SF-AW adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada ½ kebuntingan awal (usia 2-11 hari), SF-AK adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada ½ kebuntingan akhir (usia 12-22 hari), SF-LAK adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada 11 hari pertama masa laktasi. Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ($p>0.05$).

Kehadiran agen estrogenik pada tahap awal perkembangan anak dapat memacu berbagai reaksi dalam tubuh, yang salah satunya merangsang percepatan perumbuhan organ reproduksi. Manifestasi yang ditimbulkan dari hal ini adalah kemungkinan terjadinya perubahan onset pubertas (usia datangnya pubertas). Hughes *et al.* (2004) mengatakan bahwa paparan DES pada saat kebuntingan dan laktasi menyebabkan perubahan onset pubertas dan jarak anogenital (*anogenital*

distance) pada saat lepas sapih. Namun hal ini tidak terjadi pada penelitian ini mungkin disebabkan kurang kuatnya affinitas phytoestrogen yang digunakan dibanding dengan DES.

- **Kinerja Anak Jantan dan Betina Usia 28 Hari**

Parameter pengamatan pengaruh phytoestrogen pada kinerja anak mencakup bobot badan, bobot testis dan kadar testosteron pada anak jantan serta bobot ovarium dan bobot uterus pada anak betina. Hasil pengamatan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rataan \pm SD bobot badan, bobot organ reproduksi dan kadar hormon anak jantan dan betina pada usia 28 hari pada setiap kelompok perlakuan.

Parameter	Kelompok Perlakuan			
	K	SF-AW	SF-AK	SF-LAK
Jantan				
Bobot badan (gram)	29,98 \pm 2,57	24,40 \pm 4,28	34,03 \pm 10,51	30,10 \pm 11,39
Bobot testis (mg)	203,2 \pm 10,1	172,1 \pm 41,1	211,5 \pm 109,3	198,2 \pm 82,4
Kadar Testosteron (ng/ml)	2,764 \pm 1,779	2,287 \pm 0,986	2,324 \pm 0,617	2,692 \pm 0,924
Betina				
Bobot badan (gram)	32,27 \pm 4,26	19,95 \pm 4,73	26,78 \pm 14,00	35,64 \pm 0,99
Bobot ovarium (mg)	19,6 \pm 5,1	11,9 \pm 2,8	14,6 \pm 0,6	16,1 \pm 2,0
Bobot uterus (mg)	33,9 \pm 8,9	27,6 \pm 4,4	29,2 \pm 13,3	33,4 \pm 4,2

Keterangan :

K adalah kelompok hewan yang tidak diberi perlakuan selama kebuntingan dan menyusui, SF-AW adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada $\frac{1}{2}$ kebuntingan awal (usia 2-11 hari), SF-AK adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada $\frac{1}{2}$ kebuntingan akhir (usia 12-22 hari), SF-LAK adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada 11 hari pertama masa laktasi. Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ($p>0.05$).

Berbeda dengan rataan bobot badan anak usia 15 hari, bobot badan anak usia 28 hari tidak memberikan beda nyata. Hal ini dapat dimengerti karena sumber makanan anak tikus usia 28 hari tidak sepenuhnya dari air susu induk. Sejak usia 21 hari, tikus sudah mampu untuk makan makanan yang disediakan dan mengurangi konsumsi susu induknya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian phytoestrogen tidak mempengaruhi kemampuan reproduksi baik pada hewan jantan maupun pada

hewan betina. Pada usia 28 hari, tikus belum memasuki masa pubertas atau dewasa kelamin sehingga aktifitas kerja dari hormon reproduksi baik testosteron untuk hewan jantan maupun estrogen untuk hewan betina terhadap traktus reproduksi belum maksimal. Hormon reproduksi ini memegang peranan yang sangat penting dalam proses reproduksi hewan.

• Kinerja Anak Jantan dan Betina Usia 42 Hari

Parameter pengamatan pengaruh phytoestrogen pada kinerja anak mencakup bobot badan, bobot testis dan kadar testosteron pada anak jantan serta bobot ovarium dan bobot uterus pada anak betina. Hasil pengamatan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rataan \pm SD bobot badan, bobot organ reproduksi dan kadar hormon anak jantan dan betina pada usia 42 hari pada setiap kelompok perlakuan.

Parameter	Kelompok Perlakuan			
	K	SF- AW	SF- AK	SF-LAK
Jantan				
Bobot badan (gram)	51,93 \pm 8,89	55,06 \pm 7,30	44,63 \pm 1,47	45,62 \pm 3,72
Bobot testis (mg)	521,9 \pm 42,5 ^a	377,1 \pm 25,0 ^b	382,1 \pm 94,6 ^b	387,7 \pm 33,9 ^b
Kadar Testosteron (ng/ml)	3,104 \pm 1,357 ^a	1,274 \pm 0,739 ^b	0,906 \pm 0,319 ^b	0,932 \pm 0,221 ^b
Betina				
Bobot badan (gram)	52,72 \pm 3,07 ^b	68,45 \pm 4,39 ^a	65,71 \pm 12,36 ^{ab}	53,17 \pm 6,70 ^b
Bobot ovarium (mg)	14,9 \pm 5,0 ^b	45,1 \pm 10,8 ^a	18,6 \pm 3,0 ^b	21,1 \pm 6,0 ^b
Bobot uterus (mg)	36,0 \pm 5,1 ^b	89,0 \pm 15,6 ^a	37,0 \pm 3,5 ^b	44,6 \pm 6,8 ^b

Keterangan:

K adalah kelompok hewan yang tidak diberi perlakuan selama kebuntingan dan menyusui, SF-AW adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada $\frac{1}{2}$ kebuntingan awal (usia 2-11 hari), SF-AK adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada $\frac{1}{2}$ kebuntingan akhir (usia 12-22 hari), SF-LAK adalah kelompok hewan yang diberi susu kedelai terfermentasi 1 gr/hari pada 11 hari pertama masa laktasi. Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ($p>0.05$).

Sejalan dengan bobot badan anak tikus jantan usia 28 hari, maka pada usia 42 hari, phytoestrogen juga tidak berpengaruh terhadap bobot badan. Tikus memasuki masa pubertas pada usia 55 – 60 hari setelah kelahiran. Pada penelitian ini, bobot testis kelompok perlakuan terlihat lebih kecil bila dibandingkan dengan kelompok kontrol ($p=0,0359$). Hal ini sejalan dengan kadar testosteron darah

dimana kelompok yang terpapar phytoestrogen memiliki kadar testosterone yang lebih kecil bila dibandingkan dengan kelompok kontrol ($p=0,0012$). Pada usia ini diduga tikus jantan sudah mencapai usia pubertas, dimana kerja hormon seperti testosterone sudah hadir dan didukung oleh kesiapan dari traktus reproduksi untuk melakukan kerja dan fungsinya. Pemberian phytoestrogen pada saat perkembangan fetus diduga menekan perkembangannya saluran reproduksi tikus jantan setelah dewasa. Sehingga perannya dalam pembentukan hormon seperti testosterone sedikit terhambat dan akan menunjukkan kinerja yang kurang maksimal. Perkembangan normal pada saluran reproduksi jantan tergantung pada ekspresi dan kerja dari testosterone dan dihidrotestosteron selama perkembangan fetus. Paparan estrogen dosis tinggi selama perkembangan dapat menyebabkan malformasi traktus reproduksi.

Pada anak betina, terdapat perbedaan pada bobot badan anak ($p=0,0656$). Pemaparan phytoestrogen pada saat perkembangan dalam tubuh terbukti dapat meningkatkan bobot badan pada usia 42 hari. Pemaparan phytoestrogen pada masa ini, diduga meningkatkan kinerja reproduksi dan pada akhirnya akan meningkatkan kadar estrogen tubuh pada saat anak tumbuh menjadi dewasa. Pada metabolisme tubuh, estrogen dapat meningkatkan sintesis dan sekresi hormon pertumbuhan, sehingga dapat menstimulasi pertumbuhan sel-sel dalam tubuh, mempercepat pertumbuhan bobot badan dan merangsang kelenjar korteks adrenal untuk meningkatkan metabolisme karena adanya retensi nitrogen yang meningkat. Peningkatan bobot badan oleh phytoestrogen juga pernah dilaporkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Ruhlen (2007) yang menyatakan bahwa phytoestrogen dalam makanan dapat meningkatkan kadar estradiol serum mencit dan mengakibatkan *fetal estrogenization syndrome* dan *obesity*.

Pemberian phytoestrogen pada induk baik pada saat kebuntingan maupun pada saat laktasi, terbukti mempengaruhi bobot ovarium pada saat usia 42 hari ($p=0,0025$). Tingginya bobot ovarium diduga karena masuknya phytoestrogen dari induk ke anak baik melalui plasenta maupun melalui air susu pada saat perkembangan. Phytoestrogen akan berikatan dengan reseptor estrogen pada ovarium dan akan mengaktifkan sel dan menginduksi produksi dan proliferasi sel-

sel ovarium sehingga terjadi penambahan jumlah sel dalam ovarium yang akan meningkatkan massa ovarium (Suttner *et al.* 2005).

Sejalan dengan bobot ovarium, bobot uterus anak betina usia 42 hari juga sangat dipengaruhi oleh pemaparan phytoestrogen pada saat anak dalam kandungan atau saat menyusui. Pemaparan phytoestrogen ini terbukti meningkatkan bobot uterus pada kelompok perlakuan phytoestrogen bila dibandingkan dengan kelompok kontrol. Phytoestrogen kedelai, seperti halnya estrogen memiliki aktivitas *uterotrophic* yang menyebabkan peningkatan masa uterus (Ford *et al.* 2006). Santell *et al.* (1997) membuktikan adanya hubungan ketergantungan dosis (*dose-dependent*) terhadap peningkatan bobot uterus oleh phytoestrogen. Genestein (isoflavon) bekerja dalam cara yang sama dengan estradiol, yaitu dengan berikatan pada ER dan kompleks reseptor-ligand untuk meninduksi ekspresi dari gen yang responsif terhadap estrogen, sehingga terjadi peningkatan massa uterus. Efek ini masih terlihat dengan pemberian phytoestrogen genestein pada dosis 375 µg/gr diet (Santell *et al.* 1997).

Pemberian phytoestrogen pada penelitian ini tidak dilakukan pada anak, tetapi pada induk bunting dan laktasi. Sejumlah phytoestrogen pada induk akan mengalami degradasi dan penurunan selama perjalannya dari tubuh induk hingga akhirnya sampai ke tubuh anak. Penurunan ini terutama terjadi ketika proses absorpsi ditubuh induk, sirkulasi dalam darah, kemampuan perfusi pada plasenta, serta hadirnya dalam air susu (Franke & Custer 1996). Selain faktor induk, kemampuan absorpsi oleh anak tikus juga berpengaruh pada penurunan aktivitas phytoestrogen tersebut (Hughes *et al.* 2004). Pada penelitian ini, paparan efektif oleh phytoestrogen yang berasal dari susu kedelai fermentasi pada anak tikus tidak diketahui, karena pemeriksaan kadar phytoestrogen serum anak tidak dilaksanakan.

Prinsip kerja hormon sangat dipengaruhi oleh reseptor. Hormon hanya akan bekerja seandainya pada sel target memiliki reseptor hormon tersebut. Phytoestrogen, walaupun bukan hormon namun karena strukturnya yang mirip dengan estradiol dapat pula menduduki reseptor estrogen dan mampu menimbulkan efek layaknya estrogen endogenous sendiri (Harrison *et al* 1999).

Organ yang dipengaruhi oleh phytoestrogen antara lain ovarium, uterus, testis, prostat, dan beberapa organ lainnya (Tsourounis 2004). Walaupun affinitas terhadap reseptor estrogen tidak setinggi estradiol namun phytoestrogen mampu menimbulkan efek estrogenik (Sheehan 2005). Kim *et al.* (1998) berpendapat bahwa aktivitas dan implikasi klinis phytoestrogen sangat tergantung pada jumlah reseptor estrogen, letak reseptor estrogen, dan konsentrasi estrogen endogen yang mampu bersaing.

Sebagian besar parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah komponen yang dipengaruhi secara langsung oleh phytoestrogen. Pemberian phytoestrogen pada induk bunting atau menyusui, terbukti memberikan pengaruh terhadap kinerja reproduksi sejak hewan berusia 42 hari. Penelitian yang telah dilakukan Todaka *et al.* (2005) tentang pemaparan phytoestrogen pada fetus dan status phytoestrogen antara induk dan fetus pada saat kebuntingan telah menunjukkan bukti bahwa phytoestrogen dapat ditransfer dari induk ke fetus. Di dalam serum fetus dapat ditemukan genestein, daidzein, equol, coumestrol dengan *detaction rate* secara berurutan sebesar 100%, 80%, 35% dan 0%. Kadar genestein dan daidzein lebih tinggi pada *cord* (tali pusar) dibandingkan maternal serum, dan hal ini berkebalikan untuk equol dimana kadarnya lebih tinggi pada maternal serum. Penelitian ini melaporkan pula bahwa terdapat perbedaan tingkat metabolit dan ekskresi phytoestrogen antara induk dan fetus. Phytoestrogen cenderung bertahan lama di dalam tubuh fetus dibandingkan tubuh induk. Penelitian yang dilakukan oleh Degen *et al.* (2002) juga mengatakan hal yang sama, bahwa plasenta tidak mempunyai barier terhadap genestein atau estrogenik isoflavon lainnya karena struktur molekulnya mirip dengan estrogen endogenous yang berukuran kecil sehingga mampu dengan mudah berdifusi menembus membran plasenta.

Pemberian phytoestrogen pada periode laktasi juga berpengaruh pada kinerja reproduksi. Lewis *et al.* (2003), menyatakan bahwa phytoestrogen dapat ditransfer melalui air susu, namun kadarnya kecil sehingga paparan efektif tidak tercapai. Untuk memberikan efek yang nyata, maka phytoestrogen perlu ditransfer dalam jumlah yang cukup antara induk dan anak. Anak akan menerima sejumlah phytoestrogen melalui plasenta dan atau lewat air susu induk.

KESIMPULAN

Pemberian phytoestrogen yang berasal dari susu kedelai fermentasi pada saat bunting dan menyusui dapat mempengaruhi kinerja reproduksi anak baik jantan maupun betina pada saat berusia 42 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberi dana penelitian ini dan LPPM-IPB yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Albertazzi P. 2002. Purified phytoestrogens in postmenopausal bone health: Is there a role for genistein ? *Climacteric*2: 190-196.
- Astuti S. 1999. Pengaruh tepung kedelai dan tempe dalam ransum terhadap fertilisasi tikus percobaan [Thesis]. Bogor: Pascasarjana IPB.
- Bhatena S, Ali A, Mohamed A, Hansen C, and Velasquez M. 2002. Differential effects of dietary flaxseed protein and soy protein on plasma triglycerides and uric acid levels in animal models. *J. Nutr. Biochem.* 13: 684 – 689.
- Dai Q, Franke AA, Yu H, Shu XO, Jin F, Hebert, JR, Custer LJ, Gao YT, and Zheng W. 2003. Urinary phytoestrogens excretion and breast cancer risk: Evaluating potential effects modifiers, endogenous estrogens and anthropometries. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 12: 497 – 502.
- Degen GH, Janning P, Diel P, Michna H, dan Bolt HM. 2002. Transplacental transfer of the phytoestrogen daidzein in DA/Han rats. *Arch Toxicol.* 76(1): 23-29.
- Ford JA Jr, Clark SG, Walters EM, Wheeler MB dan Hurley WL. 2006. Estrogenic effects of genistein on reproductive tissues of ovariectomized gilts. *J. Anim Sci.* 84:834 – 842.
- Foster WG, Chan S, Platt L, Hughes CL. 2002. Detection of phytoestrogens in samples of second trimester human amniotic fluid. *Toxicol. Lett.* 129: 199 – 205.
- Franke AA, Custer LJ, Tanaka Y. 1998. Isoflavones in human breast milk and other biological fluids. *Am. J. Clin. Nutr.* 68 (Suppl): 1466S-1473S.

- Harrison RM, Phillipi PP, Swan KF, dan Henson MC. 1999. Effect of genistein on steroid hormone production in the pregnant rhesus monkey. *Society for Experimental Biology and Medicine* vol 22.
- Hughes CL, Liu G, Beall S, Foster WG, Davise V. 2004. Effect of Genistein or Soy Milk During Late Gestation and Lactation on Adult Uterine Organization in The Rat. *Exp Biol Med* 229: 108-117.
- Irvine CH, Fitzpatrick MG, Alexander SL. 1998. Phytoestrogens in soy-based infant foods: concentration daily intake, and possible effects. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 217: 247 – 253.
- Irvine CH, Shand N, Fitzpatrick MG, Alexander SL. 1998. Daily intake and urinary excretion of genistein and daidzein by infants fed soy-dairy-based infant formulas. *Am. J. Clin. Nutr.* 68 (Suppl): 1462S-1465S.
- Kim H, Peterson TG, dan Barnes S. 1998. Mechanism of action of the soy isoflavone genestein: emerging role of its effects through transforming growth factor beta signaling. *Am. J. Clin Nutr.* 68: 1418S – 1425 S.
- Knight DC, Eden JA, Huang, JL and Wang MA. 1998. Isoflavone content of infant foods and formulas. *J. Pediatr. Child Health.* 34: 135 – 138.
- Kusumorini N, Aryani SS dan Syafri Edwar. 2000. Pengaruh posisi anak tikus betina dalam uterus induk terhadap kemampuan reproduksinya. *Prosiding Seminar Nasional Biologi XVI*: 237 – 24.
- Lamartiniere CA, Cotroneo MS, Fritz WA, Wang J, Mentor-Marcel R, and Elgavish A. 2002. Genistein chemoprevention: Timing and mechanism of action in murine mammary and prostate. *J. Nutr.* 132 : 552S – 558S.
- Levy J, Faber K, Ayyash L, and Hughes C. 1985. The effect of prenatal exposure to the phytoestrogens genistein on sexual differentiation in rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 208: 60 – 66.
- Lewis R, Brooks N, Milburn G, Soames A, Stone S, Hall M, and Ashby J. 2003. The effects of the phytoestrogens genistein on the postnatal development in the rat. *Toxicol. Sci.* 71: 74 – 83.
- Mueller SO, Simon S, Chae K, Metzler M, and Korach KS. 2004. Phytoestrogens and their human metabolites show distinct agonistic and antagonistic properties on estrogen receptor α (ER α) and ER β in human cell. *Toxicol. Sci.* 80: 14 – 25.
- Ruhlen P dan Armitage D. 2007. Low phytoestrogen levels in feed serum estradiol resulting in the “fetal organization syndrome” and obesity in CD-1 mice. *Environ Health Perspect.* 116(3): 322-328.

- Santell RC, Chang YC, Muralee GN, dan William GH. 1997. Dietary genistein exerts estrogenic effects upon the uterus, mammary gland and the hypothalamic / pituitary axis in rats. *J. Nutr.* 127: 263-269.
- Setchell K. 1998. Phytoestrogens: The biochemistry, physiology and implications for human health of soy isoflavones. *Am. J. Clin. Nutr.* 68: 1333S-1346S.
- Sheehan DM. 2005. The case for expanded phytoestrogen research. *Proc Soc Exp Biol Med* 208: 3-5.
- Slavin JL. 1996. Phytoestrogens in breast milk – another advantage of breastfeeding? *Clin. Chem.* 42: 841 – 842.
- Suttner AM, Danilovich NA, Banz WJ, dan Winters TA. 2005. Soy Phytoestrogens: Effects on ovarian function [Abstract]. *Society for the Study of Reproduction*.
- Todaka E. 2005. Fetal exposure to phytoestrogens – The difference in phytoestrogen status between mother and fetus. *Environmental Research*, 99(2):195-203.
- Tousen Y, Umeki M, Nakashima Y, Ishimi Y dan Ikegami S. 2006. Effects of genistein, an isoflavone, on pregnancy outcome and organ weights of pregnant and lactating rats and development of their suckling pups. *J Nutr. Sci. Vitaminol.* 52:174-182.
- Tsourounis C. 2004. Clinical Effects of Fitoestrogens. *Clinical Obstetrics and Gynecology* 44 (4) : 836-842.
- Tuohy P. 2003. Soy infant formula and phytoestrogens. *J. Pediatr. Child Health.* 39: 401 – 405.
- Wisniewski AB, Klein SL, Lakshmanan Y, and Gearhart JP. 2003. Exposure to genistein during gestation and lactation demasculinizes the reproductive system in rats. *J.Urol.* 169: 1582 – 1586.
- Yamamoto S, Sonue S, Sasaki S, Kobayashi M, Arai Y, Uehara M, Adlercreutz M, Watanabe S, Takahashi T, Itoi Y. 2001. Validity and reproducibility of a self-administered food-frequency questionnaire to assess isoflavones intake in a Japanese population in comparison with dietary record and blood and urine isoflavones. *J.Nutr.* 131:2741 – 2747.
- You L. 2004. Phytoestrogens genistein and its pharmacological interactions with synthetic endocrine-active compounds. *Current Pharm. Des.* 10: 2749 – 2757.

STUDY PENINGKATAN KUALITAS BUAH MANGGIS
(Study on Mangosteen Fruit Quality Improvements)

**Roedhy Poerwanto, Yulinda Tanari, Susi Octaviani SD,
Suci Primilestari, Darda Efendi, Ade Wachjar**
Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB

ABSTRAK

Cemaran getah kuning atau gamboge adalah masalah utama yang membatasi ekspor buah manggis. Masalah ini dihipotesiskan berkaitan dengan kandungan kalsium yang rendah dalam perikarp buah manggis. Karena kalsium adalah hara yang immobil dan penyerapan sangat dipengaruhi oleh transpirasi, tidak mudah untuk meningkatkan kandungan kalsium dalam perikarp. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) untuk membuktikan peran kalsium dalam mengendalikan cemaran getah kuning dalam buah-buahan manggis, (2) untuk menyelidiki waktu yang tepat dari aplikasi kalsium lewat tanah yang efektif untuk mengendalikan cemaran getah kuning, (3) untuk menyelidiki sumber dan dosis kalsium yang efektif mengontrol cemaran getah kuning. Untuk mencapai tujuan ini dilakukan tiga percobaan. **Percobaan I** penyemprotan buah manggis dengan CaCl_2 dengan frekuensi 2,4 atau 6 kali pada dosis 0,12 24 dan 36g/1. **Percobaan II** pemberian kaptan melalui tanah: (1) tidak dipupuk kalsium sebagai kontrol, (2) pada saat anthesis, (3) pada awal tahap1pertumbuhan buah (14 hari setelah anthesis), (4) pada akhir tahap 1 (28 hari setelah anthesis), (5) pada saat anthesis dan awal tahap 1, (6) pada saat anthesis dan akhir tahap1, (7) pada awal dan akhir tahap 1, (8) pada anthesis, awal dan akhir tahap 1. **Percobaan III** dilakukan aplikasi dolomit atau kaptan (pada 0, 2, 4, 6ton / haCa). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kalsium yang memiliki peran positif dalam mengontrol cemaran getah kuning buah manggis. Penyemprotan CaCl_2 enam kali dengan dosis 24g/l efektif untuk mengurangi cemaran getah kuning pada aril tanpa pengerasan pericarp pada saat panen dan setelah 20 hari penyimpanan. Pemberian kalsium lewat tanah 2 kali pada saat anthesis dan akhir tahapleefektif mengurangi cemaran getah kuning kuning pada aril dan kulit buah, serta peningkatan kalsium dalam endocarp. Aplikasi dari 9 ton/ hadolomit (2 ton Ca/ha) dapat mengurangi cemaran getah kuning di aril dan kulit buah manggis.

Kata kunci: Cemaran getah kuning, kalsium, aril, perikarp, dolomit, kaptan.

ABSTRACT

Gamboge disorder is a major problem limiting marketable yield of mangosteen fruit. This problem is hyphotized to be associated with low calcium content in fruit pericarp. Due to that the calcium is immobile nutrient which its absorption is strongly influenced by transpiration, it is not ease to increase the calcium content the pericarp. The purposed of this study was: (1) to prove the role of calcium in controlling gamboge in mangosteen fruits, (2) to investigate the proper time of soil application of calcium that effective to control gamboge; (3) to investigate the source and dosage of calcium that effective control gamboge. To achieve this goal, three experimentswere conducted. Experiment I was spraying the mangosteen fruit with CaCl_2 2, 4, or 6 times at the dosage of 0, 12, 24 and 36 g/l. Experiment II was application of kaptan (1) no calcium fertilizer as control, (2) at anthesis stage, (3) at the beginning of stage 1 of fruit growth (14 days afteranthesis), (4) attheend of stage1 (28 days after anthesis), (5) at anthesis and the beginning of stage 1, (6) at anthesis and the end of stage1, (7) at the beginning and end of stage 1, (8) at anthesis, beginning and end of stage 1. Experiment III was application of dolomite or kaptan (at 0, 2, 4, 6 ton/ha Ca). Result indicated that calcium was had

positive role in controlling gamboge of mangosteen fruits. Spraying of CaCl_2 six times at 24 g/l is effective to reduce yellow latex in fruit pericarp without hardening the pericarp at harvest time and after 20 days storage. Soil application of calcium 2 times at anthesis and the end of stage1 effectively reduced yellow latex in aryl, pericarp, and increased calcium in endocarp. Application of 9 ton/ha dolomite (2 ton Ca/ha) could reduce gamboge in aril and fruit peel of mangosteen.

Keywords: Gamboge disorder, calcium, aryl, pericarp, dolomite, kaptan.

PENDAHULUAN

Getah kuning pada daging buah manggis merupakan masalah utama dalam ekspor manggis. Dari penelitian kami sebelumnya telah dipelajari anatomi saluran getah kuning serta kemungkinan mekanisme pecahnya saluran getah (Dorly *et al.*, 2008 dan Poerwanto *et al*, 2010). Kekurangan kalsium nampaknya berperan besar dalam pencemaran getah kuning. Pemberian kalsium umumnya dilakukan melalui tanah dengan pengapuran atau pemupukan Ca. Dari hasil penelitian sebelumnya ternyata pemberian kalsium dengan cara pengapuran dolomit yang diberikan pada satu kali aplikasi tidak efektif meningkatkan kandungan kalsium pada perikarp, karena sebagian besar kalsium tersebut ditranslokasikan ke daun (Wulandari dan Poerwanto, 2010 dan Dorly *et al.*, 2011). Untuk membuktikan hipotesis bahwa cemaran getah kuning berhubungan dengan defisiensi kalsium, perlu dilakukan percobaan dengan memberikan kalsium langsung pada buah.

Penyebab kurang berpengaruhnya aplikasi kalsium lewat tanah pada percobaan sebelumnya mungkin karena sebagian besar kalsium yang diaplikasikan diserap oleh daun akibat pengaplikasian dolomit yang terlalu awal. Oleh sebab itu, aplikasi kalsium pada periode perkembangan buah yang tepat menjadi sangat penting untuk mendapatkan pengaruh maksimal dalam mengurangi getah kuning pada buah. Aplikasi kalsium secara berulang perlu dilakukan; pada aplikasi pertama sebagian besar kalsium akan ditranslokasikan ke daun, namun apabila kalsium di daun sudah optimum, pada aplikasi selanjutnya diharapkan kalsium ditranslokasikan juga ke buah.

Sumber Cayang digunakan pada percobaan sebelumnya adalah dolomit yang mengandung 32% CaO dan 18% MgO . Mg^{++} memiliki efek antagonis

dengan Ca^{++} (Poovarodom, 2009), yang menyebabkan serapan Ca^{++} oleh tanaman tidak maksimal. Sumber Ca yang lain adalah kapur pertanian yang termasuk kalsitik karena mengandung CaCO_3 tidak murni dengan kandungan 40% CaO . Serapan Ca^{++} oleh tanaman diharapkan dapat lebih baik karena tidak adanya unsur lain sebagai kompetitor. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menguji kebenaran hipotesis bahwa peningkatan kandungan kalsium dapat mengurangi cemaran getah kuning; (2) mendapatkan teknik aplikasi kalsium yang efektif meningkatkan kandungan kalsium dalam perikarp buah manggis sehingga dapat mengurangi cemaran getah kuning, baik pada aril maupun kulit buah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di kebun manggis Desa Mulang Maya, Lampung, mulai bulan Januari - Juni 2011. Pengukuran fisik buah dilaksanakan di Lab. Pusat Kajian Buah Tropika IPB. Analisis Cadaun dilakukan di Lab. Tanah, Balai Penelitian Tanah, Bogor. Analisis Cakulit dilakukan di Lab.Ilmu dan Teknologi Pakan, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, IPB.

Percobaan I menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu frekuensi penyemprotan CaCl_2 ke buah manggis, ialah: 2 kali (10 dan 12 MSA), 4 kali (6, 8, 10 dan 12 MSA) dan 6 kali (2, 4, 6, 8, 10 dan 12 MSA). Faktor kedua yaitu konsentrasi CaCl_2 ialah: 0, 12, 24 dan 36 g/l. Total kombinasi perlakuan adalah 12 dan diulang sebanyak tiga kali. Setiap perlakuan terdiri dari satu pohon sehingga jumlah seluruh pohon yang digunakan adalah 36 pohon. Setiap pohon diambil sampel buah sebanyak 40 buah manggis.

Percobaan II menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu faktor perlakuan yaitu waktu aplikasi kalsium pada pohon manggis, yang terdiri atas:(1) Kontrol tidak diberi kalsium; (2) Pada saat antesis; (3) Pada saat awal stadia 1 perkembangan buah (14 hari setelah antesis); (4) Pada saat akhir stadia 1 perkembangan buah (28 hari setelah antesis); (5) Pada saat antesis dan awal stadia 1 perkembangan buah; (6) Pada saat antesis dan akhir stadia 1 perkembangan buah; (7) Pada saat awal dan akhir stadia 1 perkembangan buah; (8)

Pada saat antesis, awal dan akhir stadia 1 perkembangan buah. Perlakuan 2, 3 dan 4 diberikan Ca dosis penuh sebanyak 17 kg kaptan/pohon (10,27 ton kaptan/ha = 3,5 ton Ca²⁺/ha); perlakuan 5, 6, dan 7 diberikan $\frac{1}{2}$ dosis penuh setiap kali aplikasi; perlakuan 8 diberikan $\frac{1}{3}$ dosis penuh setiap kali aplikasi. Tiap perlakuan diulang 3 kali sehingga jumlah keseluruhan pohon adalah 24 pohon.

Percobaan III menggunakan rancangan acak kelompok faktorial yang terdiri atas 2 faktor yaitu sumber kalsium (kaptan dan dolomit) pada pohon manggis dan dosis kalsium (0, 2, 4 dan 6 ton ha⁻¹ Ca). Terdapat 8 kombinasi perlakuan yang diulang 3 kali sehingga terdapat 24 satuan percobaan.

Pada semua percobaan jika hasil sidik ragam menunjukkan pengaruh pada uji F akan dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5% atau 1%. Data skoring diuji menggunakan uji peringkat *Kruskal Wallis* dan jika perlakuan berbeda nyata maka dilakukan uji lanjut *Dunn* taraf 5%.

Pengamatan terhadap cemaran getah kuning dilakukan terhadap jumlah juring tercemar getah kuning; skor getah kuning aril per buah, skor getah kuning kulit per buah, persentase buah bergetah kuning pada aril, persentase buah bergetah kuning pada kulit, kandungan kalsium di daun dan kulit. Pengamatan terhadap sifat fisik dan kimia buah dilakukan saat panen juga dilakukan, tetapi tidak dilaporkan dalam makalah ini kecuali peubah resistensi kulit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan I

Penyemprotan Ca dapat menurunkan pencemaran getah kuning baik pada aril maupun kulit buah manggis. Persentase buah bergetah kuning pada aril yang rendah (10 %) didapatkan pada frekuensi penyemprotan 6 kali dengan konsentrasi 24 g l⁻¹, dengan skor 1.17 yang berarti bahwa hampir tidak ada tetesan getah kuning yang mencemari aril.

Perlakuan konsentrasi CaCl₂ berpengaruh terhadap persentase juring tercemar getah kuning (Tabel 2). Pada penyemprotan dengan konsentrasi 24 dan 36 g l⁻¹ persentase juring tercemar getah kuning berturut-turut 7% dan 8%, sedangkan pada konsentrasi 0% buah yang tercemar getah kuning mencapai 21%.

Tabel 1. Pengaruh penyemprotan Ca terhadap skor getah kuning dan persentase buah bergetah kuning di aril; skor getah kuning dan persentase buah bergetah kuning di kulit.

Frekuensi	Perlakuan	Skor getah kuning aril (1-5)		%tase buah bergetah kuning di aril	Skor getah kuning kulit (1-5)		%tase buah bergetah kuning di kulit
		Konsentrasi	Skoring Peringkat		Skoring	Peringkat	
2 kali	0 g l ⁻¹	2.27	241.6 a	73.33 a	2.20	247.0 a	83.33 a
	12 g l ⁻¹	1.53	167.0 abcd	46.67 b	1.87	206.5 ab	63.33 b
	24 g l ⁻¹	1.67	177.6 abc	43.33 b	1.40	149.3 bc	40.00 c
	36 g l ⁻¹	1.47	153.2 bcd	33.33 b	1.43	150.2 bc	36.67 c
4 kali	0 g l ⁻¹	2.43	253.7 a	80.00 a	2.27	253.1 a	86.67 a
	12 g l ⁻¹	1.90	211.0 ab	66.61 a	1.60	175.9 bc	53.33 b
	24 g l ⁻¹	1.50	158.0 bcd	40.00 b	1.43	157.5 bc	43.33 c
	36 g l ⁻¹	1.27	133.0 cd	24.67 c	1.37	142.0 bc	33.33 c
6 kali	0 g l ⁻¹	2.00	223.2 a	73.33 a	2.37	262.3 a	86.61 a
	12 g l ⁻¹	1.73	187.2 abc	50.00 b	1.40	145.0 bc	33.33 c
	24 g l ⁻¹	1.17	115.2 d	10.00 d	1.30	131.7 c	26.61 d
	36 g l ⁻¹	1.47	145.2 cd	30.00 c	1.40	145.0 bc	33.33 c

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom skor getah kuning menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Dunn 5%; angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom %tase buah bergetah kuning menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Tabel 2. Pengaruh penyemprotan Ca terhadap persentase juring tercemar getah kuning.

Perlakuan	Persentase juring tercemar (%)
Frekuensi	
2 kali	14
4 kali	13
6 kali	11
Konsentrasi	
0 g l ⁻¹	21a
12 g l ⁻¹	13b
24 g l ⁻¹	7c
36 g l ⁻¹	8c

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom persentase juring tercemar menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Penyemprotan CaCl_2 berpengaruh nyata terhadap kandungan Ca pada bagian-bagian kulit buah (Tabel 3). Pada endokarp, peningkatan kandungan Ca yang nyata lebih tinggi terlihat pada frekuensi penyemprotan 2 kali dengan

konsentrasi 12 dan 36 g l^{-1} ; 4 kali dengan konsentrasi 36 g l^{-1} ; 6 kali dengan konsentrasi 24 dan 36 g l^{-1} bila dibanding dengan perlakuan lainnya.

Peningkatan kandungan Ca melalui penyemprotan telah dilaporkan pada buah tomat (Astuti, 2002), manggis (Barasa, 2009) dan Ghani, 2011). Ca masuk ke dalam buah melalui kutikula, trikoma dan stomata, dan masuk secara difusi melalui apoplas, yaitu melalui dinding sel dan ruang antar sel hingga ke bagian endokarp buah (Saure, 2005). Ca akan berikatan dengan pektat dan membentuk Ca pektat yang berperan dalam menjaga turgiditas sel.

Tabel 3. Pengaruh penyemprotan Ca terhadap kandungan Ca pada bagian-bagian kulit buah.

Perlakuan		Kalsium (%)		
Frekuensi	Konsentrasi	Endokarp	Mesokarp	Eksokarp
2 kali	0 g l^{-1}	0.61 bc	0.47 b	0.49 b
	12 g l^{-1}	1.05 a	0.42 c	0.49 b
	24 g l^{-1}	0.65 bc	0.46 b	0.57 b
	36 g l^{-1}	0.96 a	0.47 c	0.52 b
4 kali	0 g l^{-1}	0.47 bc	0.36 c	0.65 ab
	12 g l^{-1}	0.36 c	0.66 b	0.60 b
	24 g l^{-1}	0.51 bc	0.47 c	0.52 b
	36 g l^{-1}	1.18 a	0.66 b	0.61 b
6 kali	0 g l^{-1}	0.54 bc	0.97 a	0.42 b
	12 g l^{-1}	0.47 bc	0.43 c	0.92 a
	24 g l^{-1}	1.17 a	0.96 a	0.61 b
	36 g l^{-1}	0.79 ab	0.45 c	0.76 ab

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Kandungan Ca pada endokarp berkorelasi nyata dengan skor getah kuning aril (-0.61); persentase buah bergetah kuning di aril (-0.64); persentase juring tercemar getah kuning (-0.51); persentase buah bergetah kuning di kulit (-0.36). Korelasi ini menunjukkan bahwa semakin meningkat kandungan Ca pada endokarp maka skoring, persentase buah dan persentase juring tercemar getah kuning semakin rendah. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa kandungan Ca yang meningkat menyebabkan penurunan cemaran getah kuning, sehingga

memastikan peran kalsium dalam mengendalikan cemaran getah kuning pada manggis. Tahap berikut yang perlu dilakukan adalah mencari teknik aplikasi kalsium yang efektif, karena aplikasi dengan penyemprotan langsung ke buah tidak praktis dan tidak mungkin dilakukan pada tanaman manggis dewasa yang tingginya dapat mencapai > 10 m.

Percobaan II

Percobaan ini dilakukan untuk mencari waktu aplikasi kalsium melalui tanah yang tepat. Pada percobaan sebelumnya (Wulandari dan Poerwanto, 2010 dan Dorly *et al.*, 2011) aplikasi dolomit yang dilakukan satu kali sebelum berbunga atau pada saat anthesis tidak efektif meningkatkan kandungan Ca pada kulit buah maupun menurunkan cemaran getah kuning pada aril. Karakter Ca yang immobil dan ditraslokasikan dalam jaringan tanaman melalui aliran traspirasi yang menyebabkan kesulitan ini. Dalam penelitian ini Ca diberikan saat buah menjadi sink yang kuat dan diberikan secara berulang.

Skoring getah kuning aril nyata lebih tinggi pada pemberian Ca saat akhir stadia 1 dan pemberian Ca yang berulang dibandingkan dengan kontrol. Jumlah juring tercemar dan persentase buah bergetah kuning pada aril nyata lebih rendah pada pemberian Ca saat akhir stadia 1 dan pemberian Ca yang berulang dibandingkan dengan kontrol(Tabel 4).

Pada aplikasi Ca 2 atau 3 kali, persentase buah bergetah kuning pada aril hanya berkisar 17%, sedangkan pada pemberian Ca satu kali saat anthesis mencapai 40%, sedangkan kontrol mencapai 50% (Tabel 1). Hal ini menunjukkan adanya tingkat penurunan pencemaran getah kuning dengan pemberian Ca berulang. Penurunan ini berkaitan dengan peningkatan kandungan Ca buah.

Kalsium merupakan salah satu unsur hara makro yang bersifat *immobil* dalam tanaman, sehingga Ca harus diberikan pada saat dibutuhkan. Selama perkembangan buah manggis, kebutuhan Ca pada dinding sel mengalami peningkatan dan akan menurun menjelang pemasakan (Rigney dan Wills 1981; Poovarodom, 2009). Perbedaan laju pembelahan dan pembesaran sel selama perkembangan buah akan mempengaruhi kebutuhan Ca sehingga akan berpengaruh pula terhadap serapannya pada setiap stadia perkembangan buah. Saat laju pembelahan dan

pembesaran sel yang tinggi, maka buah akan menjadi *sink* yang kuat bagi *nutrient* termasuk Ca. Pemberian Ca pada saat ini akan membuat penyerapannya ke buah lebih baik. Pada buah tomat, Cayangmeningkat tajampada membranplasma selamatahaph pertumbuhan cepat dari buah dibandingkanpadatahap awal ([Suzuki et al.](#), 2003).

Tabel 4. Pengaruh waktu aplikasi ca terhadap skoring dan persentase getah kuning aril, dan jumlah juring tercemar getah kuning.

PerlakuanKalsium	Skor Getah Kuning		Juring tercemar	% Getah Kuning*
	Rataan	Peringkat		
Kontrol (tidak diberi kalsium)	3.97	88.63 b	0.16 a	50.00 a
Pada saat antesis	4.40	106.53 b	0.12 ab	40.00 ab
Pada saat awal stadia 1 (14 HSA)	4.10	87.40 b	0.19 a	53.33 a
Pada saat akhir stadia 1 (28 HSA)	4.77	134.23 a	0.04 bc	16.66 bc
Pada saat antesis dan awal stadia 1	4.70	132.73 a	0.05 bc	16.66 bc
Pada saat antesis dan akhir stadia 1	4.90	143.10 a	0.03 bc	10.00 c
Pada saat awal dan akhir stadia 1	4.83	136.17 a	0.03 c	16.66 bc
Pada saat antesis, awal & akhir stadia 1	4.80	135.20 a	0.04 bc	16.66 bc

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom skor getah kuning menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Dunn5%; pada kolom juring tercemar dan % getah kuning menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT1%. *data yang diolah adalah transformasi menggunakan $\sqrt{x+0.5}$, data yang disajikan adalah sebelum transformasi.

Pemberian Ca saat antesis+akhir stadia 1; akhir+awal stadia 1; saat antesis+awal dan akhir stadia 1 menunjukkan skoring getah kuning kulit yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Persentasebuah bergetah kuning pada kulit nyata lebih rendah pada pemberian Ca saat antesis+akhir stadia 1; dan saat akhir+awal stadia 1 dibandingkan dengan kontrol yang mencapai 90 %.

Aplikasi Ca hanya satu kali tidak efektif menurunkan pencemaran getah kuning kulit, sedangkan pemberian dua atau tiga kali dapat menurunkan persentase getah kuning kulit 60%. Aplikasi kalsium secara berulangperlu dilakukan; pada aplikasi pertama sebagain besar kalsium akan ditranslokasikan ke daun, namun apabila kalsium di daun sudah optimum, pada aplikasi selanjutnya kalsium ditranslokasikan juga ke buah. Menurut Poovarodom (2009), 65% akumulasi Ca terjadi dalam 7 minggu setelah *fruitset* yaitu pada stadia 1 sampai pertengahan stadia 2 perkembangan buah. Pada stadia 1 terjadiproses pembelahan sel; stadia 2

terjadi pembelahan dan pembesaran sel yang ditandai dengan peningkatan berat segar secara linier dengan umur buah. Pemberian Ca saat antesis+akhir stadia 1 akan memenuhi kebutuhan Ca buah saat stadia pertumbuhan cepat (stadia 1 sampai pertengahan stadia 2). Pada saat itu, laju serapan Ca ke buah lebih tinggi karena buah menjadi *sink* yang kuat sehingga pencemaran getah kuning menurun.

Tabel 5. Pengaruh waktu aplikasi Ca terhadap skoring dan persentase getah kuning kulit.

Perlakuan Kalsium	Skor Getah Kuning		Persentase Getah Kuning
	Rataan	Peringkat	
Kontrol (tidak diberi kalsium)	3.90	110.90 b	90.00 a
Pada saat antesis	3.73	98.15 b	86.66 a
Pada saat awal stadia 1 (14 HSA)	3.80	101.55 b	96.66 a
Pada saat akhir stadia 1 (28 HSA)	3.90	113.38 b	83.33 a
Pada saat antesis dan awal stadia 1	3.60	95.27 b	76.66 ab
Pada saat antesis dan akhir stadia 1	4.27	145.43 a	60.00 b
Pada saat awal dan akhir stadia 1	4.40	157.65 a	56.66 b
Pada saat antesis, awal & akhir stadia 1	4.23	141.67 a	76.66 ab

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom skor getah kuning menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Dunn 5%; pada kolom % getah kuning menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 1%.

Pemberian Ca saat antesis+akhir stadia 1; antesis+awal dan akhir stadia 1 menunjukkan peningkatan kandungan Ca endokarp yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Kandungan Ca mesokarp tertinggi pada pemberian Ca saat antesis+akhir stadia 1 sebesar 0.575 %, tetapi tidak berbeda nyata dengan kontrol. Kandungan Ca eksokarp tertinggi pada pemberian Ca saat antesis+awal dan akhir stadia 1 sebesar 0.425 %, namun tidak berbeda nyata dengan kontrol.

Hasil uji korelasi beberapa peubah menunjukkan bahwa kandungan Ca endokarp memiliki korelasi yang nyata terhadap skor getah kuning aril (-0.41) dan juring tercemar (0.41); dimana peningkatan Ca endokarp akan diikuti dengan peningkatan skor getah kuning aril dan penurunan juring tercemar getah kuning. Hubungan korelasi ini berarti bahwa peningkatan Ca di endokarp akan menurunkan tingkat pencemaran getah kuning pada aril. Hal ini dapat dilihat pada pemberian Ca saat antesis+akhir stadia I, kandungan Ca endokarp yang tinggi

mengakibatkan penurunan pencemaran getah kuning aril yang dibuktikan dengan peningkatan skoring dan penurunan juring tercemar getah kuning.

Tabel 6. Pengaruh waktu aplikasi Ca terhadap kandungan Ca di kulit.

Perlakuan Kalsium	Kalsium (%)		
	Endokarp**	Mesokarp**	Eksokarp*
Kontrol (tidak diberi kalsium)	0.800 bc	0.539 ab	0.333 ab
Pada saat antesis	0.853 bc	0.430 c	0.345 ab
Pada saat awal stadia 1 (14 HSA)	0.890 bc	0.428 c	0.275 b
Pada saat akhir stadia 1 (28 HSA)	1.095 ab	0.540 ab	0.370 ab
Pada saat antesis dan awal stadia 1	0.660 c	0.425 c	0.267 b
Pada saat antesis dan akhir stadia 1	1.265 a	0.575 a	0.327 ab
Pada saat awal dan akhir stadia 1	1.067 ab	0.475 bc	0.313 b
Pada saat antesis, awal & akhir stadia 1	1.185 a	0.475 bc	0.425 a

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5% (*) dan 1% (**).

Tabel 7. Korelasi skor, persentase getah kuning aril dan jumlah juring tercemar terhadap Ca kulit.

Peubah	Koefisien Korelasi		
	Aril		
	Skoring	Persentase	Juring tercemar
Ca eksokarp	0.10 tn	-0.10 tn	-0.18 tn
Ca mesokarp	0.20 tn	-0.28 tn	-0.24 tn
Ca endokarp	0.41*	-0.38 tn	-0.41 *

Keterangan:

tn= tidak berbeda nyata, * = berbeda nyata pada taraf 5%, ** = berbeda nyata pada taraf 1% .

Percobaan III

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui sumber kalsium dan dosis yang tepat untuk mengendalikan cemaran getah kuning. Pada percobaan sebelumnya (Wulandari dan Poerwanto, 2010 dan Dorly *et al.*, 2011) aplikasi dolomit tidak efektif meningkatkan kandungan Ca pada kulit buah dan menurunkan cemaran getah kuning pada aril. Hal ini diduga karena dolomit mengandung Mg⁺⁺ yang menghambat serapan Ca⁺⁺ oleh tanaman.

Hasil penelitian ini membuktikan dua hal: (1) aplikasi kalsium dapat mengurangi cemaran getah kuning pada aril dan kulit buah manggis, dan (2) aplikasi dolomit lebih efektif daripada kaptan dalam mengurangi cemaran getah kuning pada manggis. Skor getah kuning aril terbaik diperoleh pada aplikasi dolomit dengan dosis 2 ton Ca/ha, meskipun tidak berbeda nyata dengan perlakuan kaptan dengan dosis 6 ton Ca/ha. Perlakuan dolomit dengan dosis 2 ton Ca/ha menghasilkan jumlah juring bergetah kuning paling sedikit, meskipun tidak berbeda nyata dengan perlakuan kaptan dengan dosis 6 ton Ca/ha (Tabel 8).

Tabel 8. Pengaruh sumber dan dosis kalsium terhadap cemaran getah kuning aril

Perlakuan		Skor getah kuning aril			Jumlah juring	Persentase buah
Sumber kalsium	Dosis kalsium	Rataan	Peringkat	Ket	bergetah kuning	bergetah kuning pada aril (%)
Kaptan	0	3.13	109.92	c	0.50 ab	83.33 a
	2	3.86	132.23	bc	0.25 bcd	60.00 ab
	4	2.93	91.77	cd	0.46 b	73.33 ab
	6	4.60	166.75	ab	0.01 d	33.33 bc
Dolomit	0	3.36	112.23	cd	0.90 a	70.00 ab
	2	4.96	190.00	a	0.03 cd	3.33 c
	4	2.30	63.55	d	0.59 ab	56.67 ab
	6	3.03	97.45	cd	0.43 cd	80.00 a

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda, berbeda nyata berdasarkan uji Dunn (skor getah kuning aril) dan uji DMRT (jumlah juring bergetah kuning dan persentase getah kuning aril) pada taraf 1%.

Perlakuan dosis kalsium sebesar 2 ton ha⁻¹ dengan sumber kaptan maupun dolomit menghasilkan skor getah kuning kulit terbaik dan persentase buah bergetah kuning pada kulit terendah (Tabel 9). Dengan demikian aplikasi kaptan maupun dolomit dengan dosis 2 ton Ca ha⁻¹ dapat mengendalikan cemaran getah kuning pada kulit buah.

Kandungan kalsium pada endokarp dan mesokarp tidak dipengaruhi oleh sumber kalsium, sedangkan kalsium pada eksokarp dipengaruhi oleh sumber kalsium (Tabel 10). Sumber kalsium dolomit secara nyata meningkatkan kandungan kalsium eksokarp lebih tinggi dibandingkan kaptan.

Tabel 9. Pengaruh sumber dan dosis kalsium terhadap cemaran getah kuning pada kulit buah

Sumber kalsium	Dosis kalsium	Skor getah kuning kulit buah			Percentase getah kuning kulit buah (%)
		Rataan	Peringkat	Ket	
Kaptan	0	3.97	92.58	bc	70.00 a
	2	4.93	106.20	a	10.00 c
	4	3.10	74.12	c	73.33 a
	6	3.77	97.45	bc	56.67 ab
Dolomit	0	3.40	74.47	c	83.33 a
	2	4.97	167.38	a	6.70 c
	4	4.40	131.07	d	33.33 b
	6	4.80	160.73	a	13.33 c

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5% (*) dan 1% (**).

Tabel 10. Pengaruh perlakuan terhadap kandungan kalsium pada perikarp buah

Perlakuan	Kandungan kalsium (%)		
	Endokarp	Mesokarp	Eksokarp
Sumber kalsium			
Kaptan	0.90	0.51	0.53 b
Dolomit	0.89	0.62	0.68 a
Dosis kalsium			
0 ton Ca ha ⁻¹	0.96 ab	0.58	0.50 b
2 ton Ca ha ⁻¹	1.02 a	0.65	0.68 a
4 ton Ca ha ⁻¹	0.75 b	0.44	0.55 ab
6 ton Ca ha ⁻¹	0.86 ab	0.59	0.66 a

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5% (*) dan 1% (**).

Peningkatan kandungan kalsium pada buah tomat yang diberi pupuk kalsium-magnesium lebih tinggi dibandingkan tanaman yang hanya diberi pupuk kalsium tunggal (Aghofack-Nguemezi dan Tatchago, 2010). Sifat antagonis antara kalsium dan magnesium justru dapat berpengaruh positif terhadap translokasi kalsium ke buah. Magnesium merupakan unsur yang berfungsi menstimulasi enzim pada tanaman, salah satunya adalah fosfatase yang berperan dalam sintesis ATP yang merupakan sumber energi bagi berbagai proses metabolisme. Energi ATP diperlukan untuk efluksi Ca^{2+} dari vakuola ke sitosol, maupun dari sitosol ke mikrofibril (Taiz dan Zeiger, 1991). Keseimbangan konsentrasi kalsium dan

magnesium diperlukan untuk meningkatkan translokasi kalsium ke buah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hao dan Papadopoulos (2004), yang menunjukkan bahwa pencegahan *blossom end rot* pada tomat yang disebabkan defisiensi kalsium, lebih efektif menggunakan larutan nutrisi yang mengandung 800 mg L^{-1} Ca dan 80 mg L^{-1} Mg. Peningkatan konsentrasi magnesium menyebabkan translokasi nutrisi dan fotosintat ke buah lebih tinggi daripada ke daun.

Kandungan kalsium pada endokarp berpengaruh sangat nyata terhadap skor getah kuning aril dengan koefisien korelasi sebesar 0.61 (Tabel 11), karena endokarp merupakan bagian kulit buah (perikarp) yang terdalam dan paling dekat dengan aril. Skor getah kuning kulit dipengaruhi oleh kandungan kalsium pada eksokarp, karena eksokarp merupakan bagian terluar dari kulit buah manggis.

Kalsium eksokarp, mesokarp dan endokarp berkorelasi positif dengan skor getah kuning aril dan kulit buah, yang berarti bahwa peningkatan kalsium akan meningkatkan skor getah kuning. Peningkatan skor getah kuning menunjukkan peningkatan kualitas buah, karena semakin tinggi skor, maka getah kuning semakin sedikit dan kualitas buah semakin baik. Nilai negatif pada jumlah juring bergetah kuning serta persentase getah kuning aril dan kulit buah menunjukkan bahwa semakin tinggi kalsium eksokarp, mesokarp dan endokarp, maka jumlah juring bergetah kuning dan persentase getah kuning pada aril maupun kulit buah semakin berkurang.

Tabel 11. Variabel yang mempengaruhi cemaran getah kuning

Peubah	Koefisien Korelasi				
	Skor getah kuning aril	Jumlah juring bergetah kuning	Persentase getah kuning aril	Skor getah kuning kulit	Persentase getah kuning kulit
Ca eksokarp	0.70**	-0.42 *	-0.58 *	0.79**	-0.51 **
Ca mesokarp	0.39 *	-0.29 tn	-0.35 tn	0.23 tn	-0.26 tn
Ca endokarp	0.61**	-0.33 tn	-0.37 tn	0.03 tn	-0.06 tn

Keterangan:

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5% (*) dan 1% (**).

KESIMPULAN

Kalsium terbukti berpengaruh terhadap cemaran getah kuning pada buah manggis; Pemberian kalsium, baik secara langsung dengan penyemprotan pada buah maupun pemberian lewat tanah pada saat yang tepat dengan dosis dan sumber kalsium yang tepat, dapat menurunkan cemaran getah kuning pada buah manggis; Penambahan Ca saat antesis+akhir stadia 1 dapat peningkatan kandungan Ca endokarp serta menurunkan pencemaran getah kuning aril dan kulit; Dolomit dengan dosis 2 ton Ca ha⁻¹ efektif mengendalikan cemaran getah kuning pada aril dan kulit buah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana karena dukungan dana dari Proyek Penelitian Hibah Pasca Sarjana no Kontrak Nomor: **9/13.24.4/SPK/PD/2010 tanggal 5 Maret 2010** dan Nomor: **40/13.24.4/SPP/PHPS/2011 tanggal 28 Maret 2011**. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghofack-Nguemezi and V. Tatchago. 2010. Effects of fertilizers containing calcium and/or magnesium on the growth, development of plants and the quality of tomato fruits in the western highlands of Cameroon. *Int. J. Agric. Res.* 5:821-831.
- Astuti YA. 2002. Pengaruh frekuensi aplikasi CaCl₂ prapanen terhadap kualitas dan daya simpan buah tomat (*Lycopersicon enculentum* Mill.). [skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Dorly S, Tjitrosemito S, Poerwanto R, dan Juliarni. 2008. Secretory duct structure and phytochemistry compounds of yellow latex in mangosteen fruit. *Hayati Journal of Biosciences* 15:99-104.
- Dorly, I. Wuldanari, S. Tjitrosemito, R. Poerwanto, dan D. Efendi. 2011. Studi pemberian kalsium untuk mengatasi getah kuning pada buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). *J. Agron. Ind.*:49-55.
- Ghani MAA, Awang Y, dan Sijam K. 2011. Disease occurrence and fruit quality of pre-harvest calcium treated red flesh dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) African Journal of Biotechnology Vol. 10(9), hlm 1550-1558.

- Hao X.and Papadopoulos AP. 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. *Hort Sci.* 39:512-515.
- Poovarodom S. 2009. Growth and nutrient uptake into mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit. *Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI*; UC Davis. 15 April 2009. UC Davis: Department of Plant Science.[terhubung berkala]. <http://www.escholarship.org/> [06 Juni 2010].
- Poerwanto R, Dorly, dan Maad M. 2010. Getah kuning pada buah manggis. Prosiding Seminar Nasional Hortikultura-Indonesia; Bali, 25-26 Nopember 2010.hlm 255-260.
- Rigney CJ and Wills RBH. 1981. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. *HortSci* 16(4):550-551.
- Saure MC. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulturae* 105:65-89.
- Suzuki K, Shono M, and Egawa Y.2003. Localization of calcium in the pericarp cells of tomato fruits during the development of blossom-end rot. *Protoplasma* 222(3-4):149-156.
- Taiz L and Zeiger E. 1991. *Plant Physiology*. New York: Cummings Publishing Co, Inc. 590 p.
- Wulandari, I. dan R. Poerwanto. 2010. Pengaruh aplikasi kalsium terhadap getah kuning pada buah manggis. *J. Hort. Ind.* 1(1):27-31.

**PENGARUH LINGKUNGAN (SIFAT FISIK DAN KIMIA TANAH SERTA IKLIM) TERHADAP CEMARAN GETAH KUNING BUAH MANGGIS
(*Garcinia mangostana* L.)**

(Effects of the Environments (Physical and Chemical Properties of the Soil, and the Climate) on Gamboge of Mangosteen Fruits

Roedhy Poerwanto¹⁾, Martias²⁾, Syaiful Anwar³⁾, M. Jawal A. Syah²⁾

¹⁾Dip. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB,

²⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian

³⁾Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB

ABSTRAK

Getah kuning pada daging buah manggis merupakan masalah utama dalam ekspor manggis. Getah kuning sebenarnya adalah getah yang dihasilkan secara alami pada setiap organ manggis, kecuali pada akar. Getah kuning menjadi persoalan manakala getah ini keluar dari salurannya yang pecah dan mengotori aril (daging buah) atau kulit buah manggis. Saluran getah kuning yang pecah berkaitan dengan pecahnya dinding sel epitel penyusun saluran getah kuning diduga kuat dipengaruhi oleh ketersediaan hara, terutama Ca dan B, dan keseimbangan antar hara di dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui secara komprehensif peranan unsur hara dalam tanah dan kulit manggis dalam mengendalikan cemaran getah kuning pada buah manggis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan Ca dan B di tanah dan akumulasi kedua hara tersebut di jaringan endokarp berperan langsung menurunkan cemaran getah kuning, sedangkan hara Mn berperan sebaliknya. Keterkaitan ketersediaan hara di tanah dan akumulasinya di jaringan endokarp mendukung bukti bahwa tiga jenis hara, yaitu Ca, B, dan Mn adalah kunci utama dalam mengendalikan cemaran getah kuning.

Kata kunci: Kalsium, boron, mangan, sel epitel, endokarp.

ABSTRACT

Yellow sap (gamboge) on mangosteen fruit aryl is a major problem in the export of mangosteen. Yellow sap sap is actually produced naturally in every organ of mangosteen, except at the root. Yellow sap become a problems when the sap is speel out of the broken channel dan gum up the aryl (meat pieces) or the skin of the mangosteen fruit. Broken of the yellow sap channel is hyphotized to be associated with the availability of nutrients, especially Ca dan B, dan the balance between nutrients in the soil. This study aims to determine comprehensively the role of nutrients in the soil dan the peel (pericarp) of the mangosteen fruit in controlling the gamboge of the mangosteen fruit. The results showed that the availability of Ca dan B in soil dan nutrient accumulation in the tissues both contribute directly reduce gamboge, whereas the opposite role of nutrient Mn. Linking nutrient availability in soil dan its accumulation in endocarp tissues supporting evidence that the three nutrients, namely Ca, B, dan Mn is the main key in controlling gamboge in mangosteen fruits.

Keywords: Calcium, boron, manganese, ephylelum cells, endocarp.

PENDAHULUAN

Getah kuning pada daging buah manggis merupakan masalah utama dalam ekspor manggis. Adanya cemaran getah kuning pada daging buah manggis menyebabkan daging buah menjadi pahit dan tidak bisa dikonsumsi. Getah kuning sebenarnya adalah getah yang dihasilkan secara alami pada setiap organ manggis, kecuali pada akar. Getah kuning menjadi persoalan manakala getah ini keluar dari salurannya yang pecah dan mengotori aril (daging buah) atau kulit buah manggis. Dari penelitian kami sebelumnya telah dipelajari anatomi saluran getah kuning beserta proses pembentukan saluran serta kemungkinan mekanisme pecahnya saluran getah (Dorly *et al.*, 2008, Poerwanto *et al.*, 2010).

Saluran getah kuning yang pecah berkaitan dengan pecahnya dinding sel dan diduga kuat dipengaruhi oleh ketersediaan hara, terutama Ca dan B, keseimbangan antar hara di dalam tanah, sifat fisika tanah, serta sinergi antara sifat kimia dan fisika tanah (Poerwanto *et al.*, 2010). Kalsium (Ca^{2+}) berperan penting mengatur stabilitas membran sel, dinding sel, integritas sel tanaman, dan cekaman biotik dan abiotik (Hirschi, 2004). Defisiensi Ca^{2+} , dapat menyebabkan disintegrasi dinding sel dan matinya jaringan tanaman (Kirby dan Pilbean, 1984). Kalsium terlibat di dalam konstruksi dari dinding sel dan komponen utama yang berperan untuk sifat mekanis dari jaringan tumbuhan dan paling ekstensif dipelajari dalam kaitannya dengan keretakan buah (Shear, 1975; Huang *et al.*, 2005). Dorly *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa pemberian kalsium dalam bentuk dolomit hanya mampu mengurangi skor cemaran getah kuning pada kulit buah tetapi tidak efektif menurunkan getah kuning pada daging buah.

Boron juga diduga kuat berkontribusi dalam memicu timbulnya cemaran getah kuning, karena B merupakan bagian dari komponen struktural sel (Hu dan Brown, 1994; Brown dan Hu, 1996). Defisiensi boron menyebabkan melemahnya dinding sel dan sel mati karena lepasnya organel-organel sel, yang diindikasikan oleh pecahnya dinding sel (Fleischer *et al.*, 1998). Defisiensi boron menyebabkan perubahan fisiologi dan biokimia, meliputi perubahan struktur dinding sel, perubahan fungsi dan integritas membran, perubahan aktivitas enzym dan

produksi sebagian besar metabolit tanaman. Defisiensi B juga akan menyebabkan kebocoran membran (Dordas *dan* Brown, 2005).

Dari penelitian Poerwanto *et al* (2010) di Kabupaten Bogor dan Purwakarta diketahui bahwa Ca dan B tanah serta kandanungan Ca dan B jaringan berkontribusi menekan cemaran getah kuning buah manggis. Fe, Mn tanah dan Fe, Mn jaringan tanaman berperan meningkatkan cemaran getah kuning. Hara lainnya secara tidak langsung, melalui Ca, B, Fe, Mn, juga bersinergi dalam mempengaruhi munculnya cemaran getah kuning pada aril (daging) dan kulit buah. Apakah peranan faktor lingkungan (sifat kimia dan fisika tanah) ini secara konsisten mengendalikan cemaran getah kuning pada lokasi sentra produksi yang berbeda masih perlu untuk diteliti.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui secara komprehensif peranan lingkungan, terutama sifat fisik, kimia tanah, dan iklim dalam mengendalikan cemaran getah kuning pada buah manggis.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan Februari 2011 sampai Desember 2011 di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Pusat Kajian Buah-Buahan Tropika, Institut Pertanian Bogor, dan pada beberapa sentra produksi manggis di Jawa Barat, Sumatera Barat dan Lampung. Lokasi penelitian di Jawa Barat adalah di Desa Karacak dan Barengkok (Kecamatan Leuwiliang) Kabupaten Bogor, Desa Garogek dan Pusaka Mulia (Kecamatan Kiara Pedes) Kabupaten Purwakarta. Lokasi penelitian di Sumatera Barat yaitu Desa Pakdanangan (Kecamatan IV Lingkungan) Kabupaten Padang Pariaman, Desa Koto Lua (Kecamatan Koto tangah) dan Desa Baringin (Kecamatan Lubuk Kilangan), Kotamadya Padang, Desa Padang Laweh (Kecamatan Koto VII) dan Desa Lalan (Kecamatan Lubuak Tarok) Kabupaten Sijunjung. Lokasi di Lampung adalah di desa Sukarame (Kecamatan Teluk Betung Barat) Kotamadya Lampung Barat.

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman manggis varietas lokal dari masing-masing daerah sentra produksi manggis yang telah berumur > 25 tahun, berproduksi dan pertumbuhannya relatif normal, serta

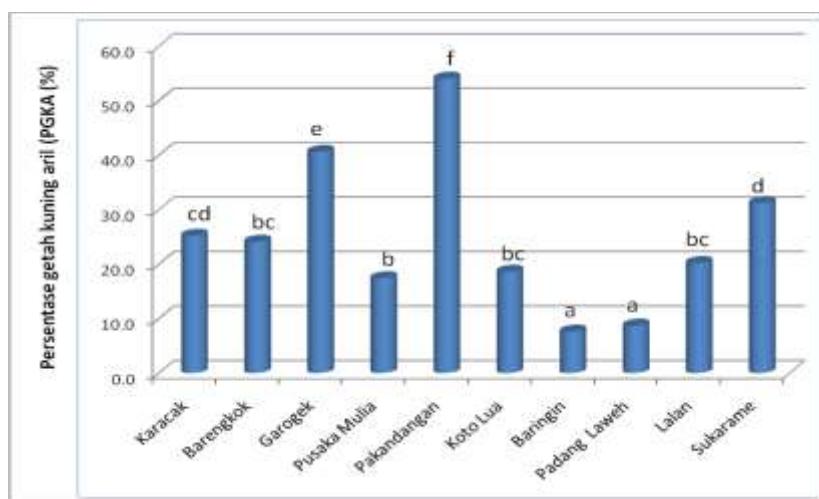
seragam. Setiap lokasi terdiri dari 10 tanaman, dan masing-masing tanaman diamati 100 buah manggis untuk pengamatan parameter getah kuning, sehingga total jumlah buah yang diamati mencapai 10.000 buah.

Peubah yang diamati meliputi: sifat kimia tanah dan kualitas buah. Data yang diperoleh, diolah dengan one way ANOVA dan dilanjutnya dengan Duncan pada taraf 5%. Analisis regresi digunakan untuk mengetahui peubah yang paling berpengaruh dan analisis koefisien lintas (*path-coefficient analysis*) untuk mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung dari masing-masing komponen parameter lingkungan terhadap parameter getah kuning dan komponen buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

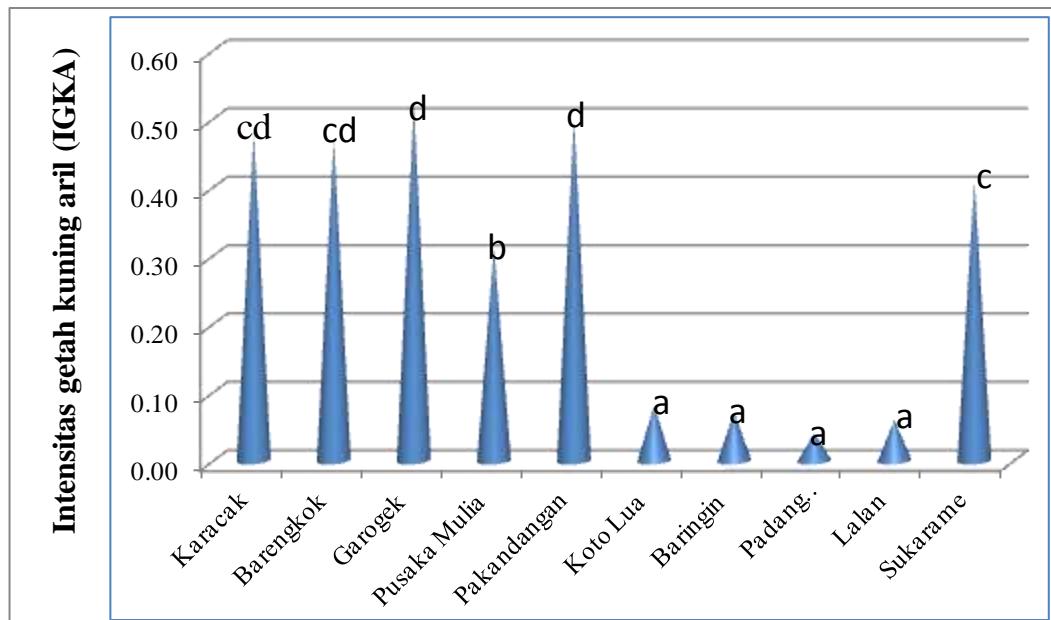
Keragaan Cemaran Getah Kuning

Presentase getah kuning aril (PGKA) yang tertinggi (54,04% - 31,20%) ditemukan di Desa Pakdanangan, diikuti oleh Garogek dan Sukarame. Presentase Getah Kuning yang tergolong sedang (25,20 - 17,40%) berada di Desa Karacak, Barengkok, Lalan, Koto Lua, dan Pusaka Mulia. Sedangkan PGKA yang tergolong rendah (7,61–8,70 %) diperoleh dari Desa Baringin dan Padang Laweh (Gambar 1).



Gambar 1. Keragaan persentase getah kuning (PGKA) pada beberapa lokasi penelitian di sentra produksi manggis di Jawa Barat, Sumatera Barat, dan Lampung.

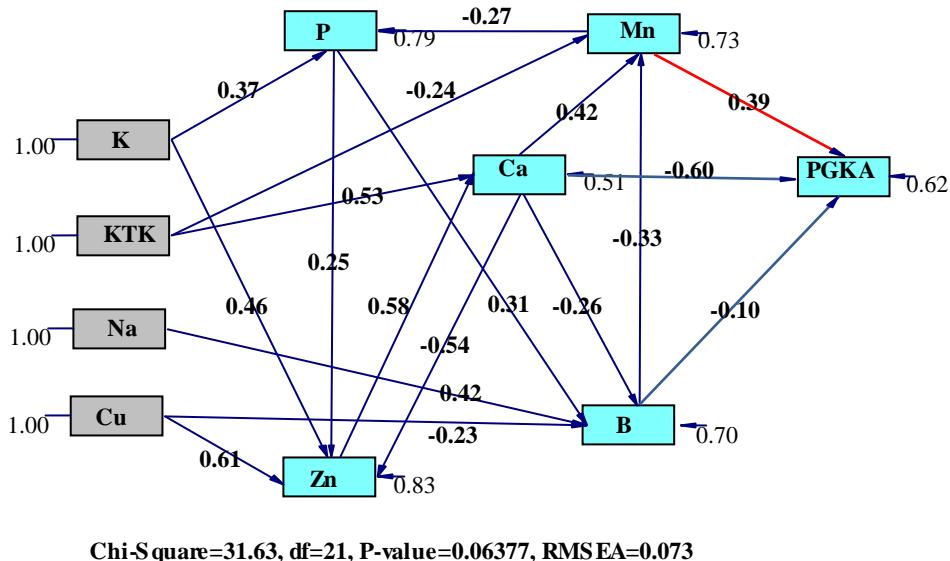
Intensitas getah kuning aril (IGKA), yang menunjukkan tingkat keparahan dari cemaran aril buah pada setiap buah juga diperoleh tertinggi dari Desa Pakdanangan, diikuti oleh Garogek, Karacak, Barengkok, Sukarame, dan Pusaka Mulia, berkisar antara 0,50 hingga 0,31. Intensitas getah kuning aril dari desa lainnya tergolong rendah, berkisar antara 0,08 hingga 0,04, yaitu dari Desa Koto Luu, Baringin, Lalan, dan Padang Laweh (Gambar 2).



Gambar 2. Keragaan intensitas getah kuning (IGKA) pada beberapa lokasi penelitian di sentra produksi manggis di Jawa Barat, Sumatera Barat, dan Lampung.

Pengaruh Sifat Kimia Tanah terhadap Cemaran Getah Kuning

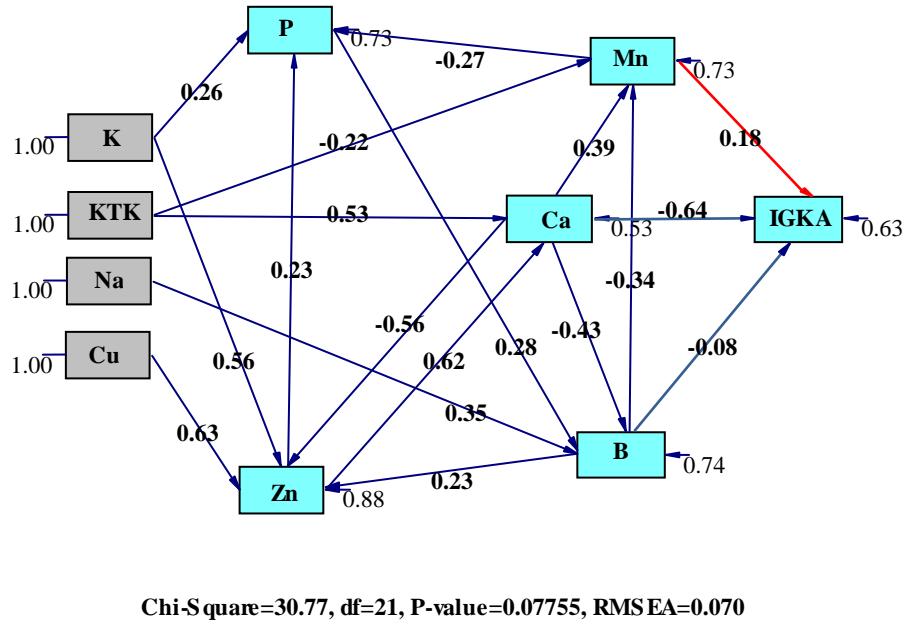
Sifat kimia tanah yang berpengaruh langsung terhadap PGKA adalah Ca, Mn dan B, dengan koefisien jalurnya berturut sebesar -0,60; 0,39; dan -0,10 dan secara tidak langsung dipengaruhi oleh komponen sifat kimia tanah lainnya, antara lain P, K, KTK, Na, Cu, dan Zn (Gambar 4). Bila dilihat dari koefisien total pengaruh dari masing-masing sifat kimia tanah terhadap PGKA, Ca memberikan pengaruh yang terbesar, dan diikuti oleh Mn dan Cu, KTK. Nilai koefisien total jalur ini menunjukan bahwa Ca berpengaruh paling besar terhadap PGKA, diikuti oleh Mn, Cu, dan KTK. KTK berkontribusi lebih besar dalam meningkatkan Ca dan menurunkan Mn. Hara lain yang berinteraksi dengan Ca dan B yang secara tidak langsung berkontribusi menurunkan PGKA adalah Zn, P, Na, dan Zn.



Gambar 3. Hubungan sifat kimia tanah dengan presentase getah Kuning Aril buah manggis (PGKA).

Intensitas getah kuning aril secara langsung juga dipengaruhi oleh Ca, Mn, dan B, dengan koefisien jalurnya berturut adalah -0,64; 0,18; -0,08, menunjukkan bahwa Ca dan B berperan dalam menekan IGKA, sedangkan Mn berkontribusi meningkatkan IGKA (Gambar 4). Beberapa unsur hara tanah lainnya juga berpengaruh secara tidak langsung melalui Ca dan B dalam menurunkan IGKA.

Fenomena di atas menunjukkan bahwa Ca dan B adalah dua jenis hara yang berperan penting menekan cemaran getah kuning, sedangkan Mn mengakibatkan meningkatnya cemaran getah kuning. Hasil penelitian sebelumnya pada sentra produksi manggis di Bogor dan Purwakarta (Poerwanto *et al.*, 2010) juga menunjukkan bahwa Ca dan B berperan utama dalam mengurangi cemaran getah kuning buah manggis, sedangkan Mn memicu cemaran getah kuning.



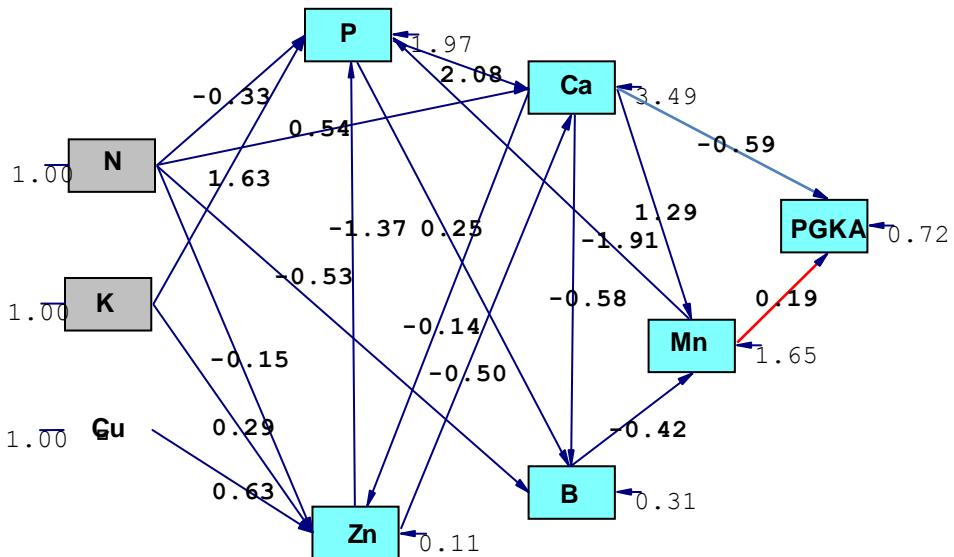
Gambar 4. Hubungan sifat kimia tanah dengan intensitas getah kuning aril (IGKA).

Pengaruh Hara Endokarp Terhadap Cemaran Getah Kuning

Hasil analisis jalur menunjukkan bahwa Ca dan Mn adalah hara yang berpengaruh langsung terhadap PGKA, yaitu dengan koefisien jalurnya -0,59 dan 0,19 (Gambar 5). Nilai koefisien jalur ini menunjukkan bahwa Ca secara langsung berperan utama dalam menekan PGKA, sedangkan Mn berkontribusi meningkatkan PGKA. Hal ini memperkuat bukti bahwa Ca dan Mn adalah dua jenis hara sebagai kunci utama pengendali cemaran getah kuning.

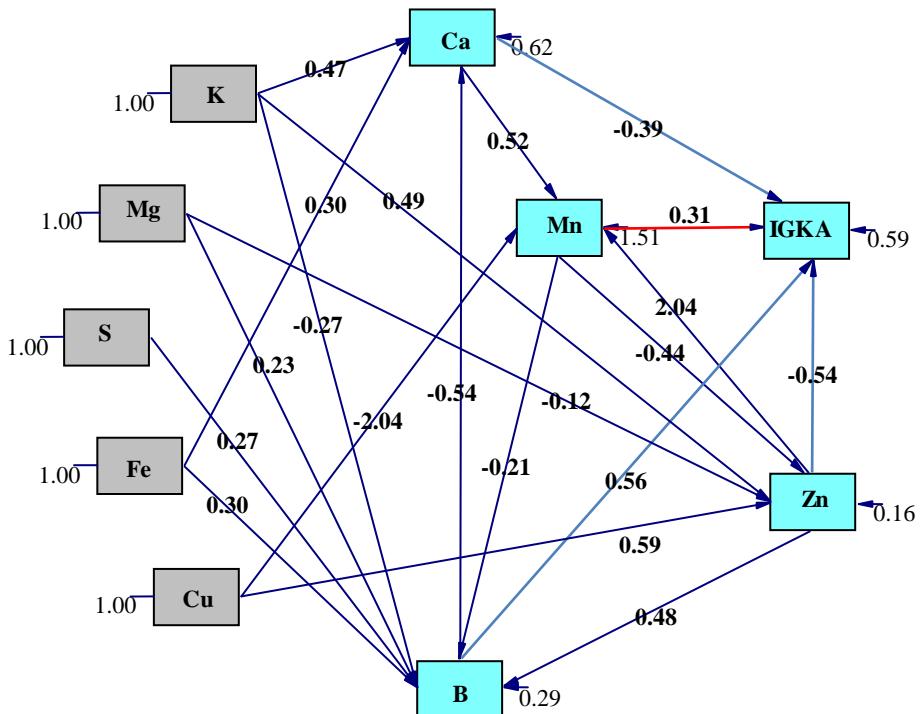
Hara lainnya, kecuali Cu, melalui Ca dan Mn juga berperan menurunkan PGKA. Hara yang paling besar memberikan pengaruh tidak langsung terhadap PGKA adalah K dan P, yaitu melalui Ca dan Mn.

Intensitas getah kuning secara langsung dipengaruhi oleh Ca, Mn, B dan Zn, dengan koefisien jalurnya -0,39; 0,31; 0,56; dan -0,54 (Gambar 6). Koefisien jalur ini menunjukkan bahwa Ca dan Zn berperan mengurangi IGKA, sedangkan Mn dan B menyebabkan meningkatkan IGKA. Hal ini mengindikasikan bahwa IGKA disamping dikendalikan oleh Ca, Mn, juga dipengaruhi oleh interaksi berbagai hara dan keseimbangannya di dalam jaringan tanaman.



Chi-Square=23.18, df=15, P-value=0.08039, RMSEA=0.075

Gambar 5. Hubungan hara endokarp dengan presentase getah kuning aril (PGKA).



Chi-Square=22.47, df=15, P-value=0.09599, RMSEA=0.073

Gambar 6. Hubungan hara endokarp dengan intensitas getah kuning aril IGKA).

Hubungan Hara dalam Endokarp dan Tanah Terhadap Getah Kuning

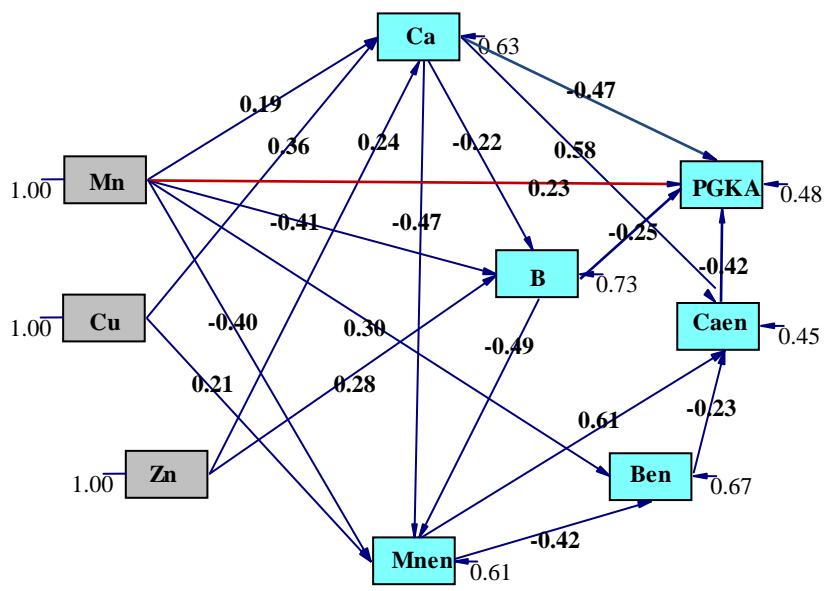
Hubungan antara sifat kimia tanah dan hara endokarp terhadap cemaran getah kuning dapat dijadikan landasan sejauh mana peran hara, baik di tanah maupun di jaringan endokarp dalam mempengaruhi terjadinya cemaran getah kuning. Penyerapan hara dan akumulasinya di endokarp sangat ditentukan oleh ketersediaan masing-masing hara di tanah dan interaksi antar sesamanya, baik sebelum diserap maupun setelah diakumulasi di dalam jaringan tanaman. Hara-hara tersebut, baik secara langsung maupun tidak langsung akan memberikan pengaruh terhadap cemaran getah kuning dan pengaruh tersebut dapat terjadi di saat masih di tanah atau setelah diakumulasi oleh jaringan tanaman.

Analisis jalur menunjukkan bahwa terdapat 5 jenis hara di tanah yang berkontribusi memberikan pengaruh terhadap PGKA, yaitu Ca, B, Mn, Cu, Zn. Kalsium, B, dan Mn adalah hara di tanah yang secara konsisten masih menunjukkan pengaruh langsung terhadap PGKA, sedangkan Cu adalah hara yang memberikan pengaruh melalui Ca, B, dan Mn. Hara-hara di endokarp yang mempengaruhi PGKA, juga dipengaruhi oleh ketersediaan hara tanah, yaitu Ca endokarp (Caen) secara langsung ditentukan oleh Ca, dan secara tidak langsung oleh hara lainnya. Mangan endokarp (Mnen) secara langsung ditentukan oleh Mn, Ca, dan B di tanah dan secara tidak langsung oleh hara lainnya. Ben tidak dapat berkontribusi secara langsung melainkan hanya melalui Caen karena adanya eliminasi oleh Mnen. Mnen tidak dapat menginduksi PGKA secara langsung karena mengalami tekanan oleh Ca dan B dan ketersediaan Mn tanah (Gambar 7). Dari tiga jenis hara yang terakumulasi di endokarp (Caen, Mnen, Ben), hanya Caen yang berperan utama dalam mengurangi PGKA, dengan koefisien jalurnya -0,42, sedangkan Ben dan Mnen berkontribusi secara tidak langsung terhadap PGKA. Hara lain berperan secara tidak langsung melalui interkasinya dengan Ca, Mn, B, dan Caen.

Intensitas getah kuning (IGKA) juga dipengaruhi secara langsung Ca dan B tanah, tetapi Mn dan hara lainnya (Cu dan Zn) hanya memberikan pengaruh tidak langsung melalui Ca dan B di tanah. Intensitas getah kuning aril juga mengalami penurun oleh interkasi Cu, Mn, dan Zn terhadap Ca tanah, namun IGKA akan tereliminasi oleh pengaruh interkasi Zn dengan B. Kalsium di endokarp (Caen) dalam mengurangi IGKA, secara langsung dipengaruhi oleh ketersediaan Ca

tanah, Mn dan B di endokarp (Mnen dan Ben). Sedangkan B tanah yang berpengaruh langsung dalam menurunkan PGKA dikendalikan oleh Ca, Mn, dan Zn di tanah. Hasil analisis jalur ini menunjukkan bahwa, PGKA disamping ditentukan oleh Ca dan Mn di endokarp (Caen dan Mnen), juga dikendalikan oleh Ca dan B dan interaksi beberapa hara di tanah (Gambar 8).

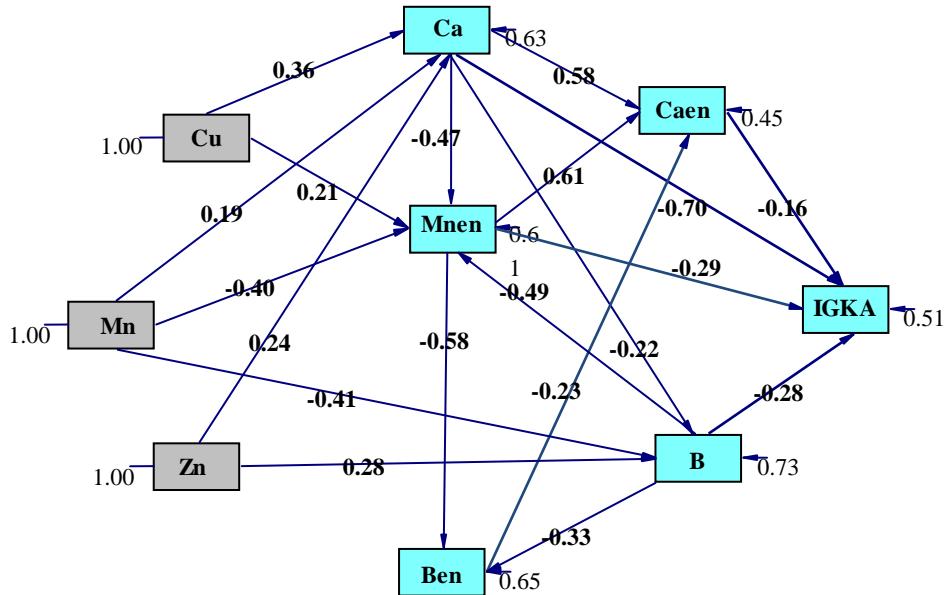
Peranan Ca yang konsisten dalam mengurangi cemaran getah kuning, baik di saat berada di dalam tanah maupun setelah di dalam jaringan endokarp, memperkuat bukti bahwa Ca adalah kunci utama dalam mengedalikan cemaran getah kuning. Kalsium tidak hanya sebagai komponen utama penyusun dinding sel, tetapi juga berperan mengurangi penyerapan hara yang toksik bagi jaringan, seperti Mn. Alam *et al.* (2006) melaporkan bahwa peningkatan Ca mengurangi serapan Mn pada barley (*Hordeum vulgare L*).



Gambar 7. Hubungan Sifat kimia tanah dan kadar hara endokarp dalam kaitannya dengan persentase getah kuning aril (PGKA).

Keterangan:

- Caen = Ca endokarp
- Ben = B endokarp
- Mnen = Mn endokarp



Chi-Square=22.99, df=14, P-value=0.06040, RMS EA=0.082

Gambar 8. Hubungan Sifat kimia tanah dan kadar hara endokarp dalam kaitannya dengan intensitas getah kuning aril (IGKA).

Keterangan:

Caen = Ca endokarp

Ben = B endokarp

Mnen = Mn endokarp

Boron, meskipun tidak konsisten dalam menurunkan cemaran getah kuning, namun sebagaimana besar pengaruhnya terhadap indikator cemaran getah kuning selalu berkontribusi mengurangi PGKA dan IGKA. Ketidak konsisten ini disebabkan karena B dipengaruhi oleh berbagai jenis hara di tanah dan di dalam jaringan endokarp. Boron terutama berifat antagonis dan sebagian besar keberadaannya di tanah mengalami tekanan oleh Mn (Gambar 7 dan 8). Namun demikian B menunjukan peranan yang kedua penting setelah Ca dalam mengurangi cemaran getah kuning. Boron merupakan bagian dari komponen struktural sel (Hu dan Brown, 1994). Boron meningkatkan stabilitas dan ketegaran sturuktur dinding sel dan oleh karena itu mendukung bentuk dan kekuatan sel tanaman (Hu dan Brown, 1994; Marschner, 1995). Boron meningkatkan integritas membran plasma (Marschner, 1995; Blevins dan Lukaszewski, 1998). Defisiensi boron mengakibatkan sel mati, terutama disebabkan oleh melemahnya dinding sel. Matinya sel yang berkaitan dengan lepasnya

organel-organel sel diindikasikan oleh pecahnya dinding sel (Fleischer *et al.*, 1998). Defisiensi boron juga menyebabkan perubahan fisiologi dan biokimia, meliputi perubahan struktur dinding sel, perubahan fungsi dan integritas membran, perubahan aktivitas enzyme dan produksi sebagian besar metabolism tanaman. Defisiensi B akan menyebabkan kebocoran membran (Dordas *dan* Brown, 2005).

Mangan adalah hara mikro esensial yang dibutuhkan dalam level yang rendah dan mutlak diperlukan tanaman untuk hara serta perkembangan tanaman yang normal (Millaleo *et al.*, 2010). Meskipun demikian, kelebihan Mn sangat beracun bagi sel tumbuhan (Migocka *dan* Klobus, 2007). Hasil penelitian sebelumnya (Poerwanto *et al.* 2010) juga menunjukkan bahwa Mn berperan meningkatkan cemaran getah kuning buah manggis. Kosentarsi Mn yang berlebihan di jaringan tanaman dapat mengubah berbagai proses, seperti aktivitas enzim, penyerapan, translokasi, dan pemanfaatan elemen mineral lainnya (Ca, Mg, Fe, dan P), menyebabkan stres oksidatif (Ducic *dan* Polle, 2005; Lei *et al.*, 2007). Selain itu toksitas Mn sering terjadi apabila ketersediaan unsur hara lain, seperti Ca, Mg, K, Fe, dan Si berada dalam kuantitas rendah (Abou *et al.*, 2002). Sebagai logam beracun, Mn dapat menyebabkan perubahan metabolismik dan kerusakan makromolekul yang mengganggu homeostasis sel (Hegedus *et al.*, 2001; Polle, 2001). Menurut Lynch *dan* St Clair, 2001), toksitas Mn pada tanaman menghasilkan oksigen reaktif (ROS), terutama OH, beberapa jenis oksidan yang paling reaktif dan berbahaya dalam sel (Lidon *dan* Henrique, 1993). Dengan demikian kelebihan Mn akan diduga mengakibatkan bocornya dinding sel saluran getah kuning dan memicu terjadinya cemaran getah kuning pada aril buah, seperti yang diindikasikan oleh positifnya koefisien jalur Mn terhadap PGKA dan IGKA.

KESIMPULAN

Sifat kimia tanah, terutama ketersediaan Ca, Mn, dan B sangat menentukan cemaran getah kuning buah manggis. Kalsium dan B adalah dua jenis hara yang berperan langsung menurunkan cemaran getah kuning, sedangkan Mn konsisten meningkatkan cemaran getah kuning; Akumulasi hara di jaringan endokarp, terutama Ca, B, dan Mn berpengaruh terhadap cemaran getah kuning. Kalsium dan

B di jaringan endokarp berkontribusi langsung dalam menurunkan cemaran getah kuning, sedangkan Mn meningkatkan cemaran getah kuning; Keterkaitan ketersediaan hara di tanah dan akumulasinya di jaringan endokarp mendukung bukti bahwa tiga jenis hara, yaitu Ca, B, dan Mn adalah kunci utama dalam mengendalikan cemaran getah kuning.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana karena dukungan dana dari KKP3T dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Kegiatan no.: 871/lb.620/i.1/3/2011, tanggal 21 maret 2011. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Abou, M., Symeonidis, L., Hatzistavrou, E., and Yupsanis, T. 2002. Nucleolytic activities and appearance of a new DNase in relation to nickel and manganese accumulation in *Alyssum murale*. *J. Plant Physiol.* 159, 1087-1095.
- Alam S., Kodama R., Akiha F., Kamei S., and Kawai S. 2006. Alleviation of manganese phytotoxicity in barley with calcium. *Journal of Plant Nutrition* 29, 59–74.
- Blevins, D.G. and Lukaszewski, K.M., 1998. Boron in plant structure and function. *Annu. Rev. Plant Physiology*. 49, 481–500.
- Demirevska-Kepova, K., Simova-Stoilova, L., Stoyanova, Z., Holzer, R., and Feller, U. 2004. Biochemical changes in barley plants after excessive supply of copper and manganese. *Environ. Exp. Bot.* 52, 253-266.
- Dordas C. and P. H. Brown. 2005. Boron deficiency affects cell viability, phenolic leakage dan oxidative burst in rose cell cultures. *Plant and Soil* 268: 293–301.
- Dorly, S. Tjiptosemito, R. Poerwanto, dan Juliarni. 2008. Secretory duct structure dan phytochemistry compounds of yellow latex in mangosteen fruit. *HAYATI Journal of BioScience* 15:99-104.
- Dorly, I. Wuldanari, S. Tjiptosemito, R. Poerwanto, dan D. Efendi. 2011. Studi pemberian kalsium untuk mengatasi getah kuning pada buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). *J. Agron. Ind.*:49-55.
- Ducic, T. and Polle, A. 2005. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 17, 103-112.

- Fleischer A., Titel, C. and Ehwald, R. 1998. The Boron requirement dan cell wall properties of growing dan stationary suspension-cultured chenopodium album L. Cells. *Plant Physiol.* 117: 1401–1410.
- Hegedus, A., Erdei, S., and Horváth, G. 2001. Comparative studies of H₂O₂ detoxifying enzymes in green and greening barley seedlings under cadmium stress. *Plant Sci.* 160, 1085-1093.
- Hirschi, K. D. (2004). The calcium conundrum: Both versatile nutrient dan specific signal. *Plant Physiol.* 136: 2438–2442.
- Hu H. and Brown P. H. 1994. Localization of boron in cell walls of squash dan tobacco dan its association with pectin. *Plant Physiology* 105: 681- 689.
- Hu H. and Brown P. H. 1997. Absorption of boron by plant roots. *Plant dan Soil* 193: 49–58.
- Huang, X, H.C. Wang, J.Li, W. Yuan, J.Lu and H. B. Huang. 2005. An overview of calcium's role in lychee fruit cracking. *Acta. Hort.* 66(5): 231-240.
- Kirby E. A and Pilbeam D.J . 1984. Calcium as a plant nutrient. *Plant Cell Environ* 7: 397–405.
- Lei, Y., Korpelainen, H., and Li, C. 2007. Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting *Populus cathayana* populations. *Chemosphere* 68, 686-694.
- Lidon, F.C. and Henriques, F. 1993. Oxygen metabolism in higher plant chloroplasts. *Photosynthetica* 29, 249-279.
- Lynch, J.P. and St.Clair, S.B. 2004. Mineral stress: the missing link in understanding how global climate change will affect plants in real world soils. *Field Crop. Res.* 90, 101–115.
- Marschner H. 1995. Mineral in higher plants. Academic press, New York.
- Migocka M. and Klobus G. 2007. The properties of the Mn, Ni and Pb transport operating at plasma membranes of cucumber roots. *Physiol. Plant.* 129, 578-587.
- Millaleo R., M. Reyes-Diaz, A.G. Ivano, M.L. Mora, and M. Alberdi. 2010. Manganese as essential and toxic element for plants: Transpor, accumulation and resistance mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10 (4): 476 – 494.
- Poerwanto R, Dorly, Maad M. 2010. Getah kuning pada buah manggis. Prosiding Seminar Nasional Hortikultura-Indonesia; Bali, 25-26 Nopember 2010. hlm 255-260.
- Poerwanto, R., Hidayati, R. Jawal, M., dan Martias. 2010. Pengaruh lingkungan

(iklim serta sifat fisik dan kimia tanah) terhadap cemaran getah kuning buah manggis untuk ekspor. Laporan Hasil Penelitian KKP3T.

Shear, C. B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. HortScience 10, 361–365.

BIDANG ENERGI

**REKAYASA BIOPROSES PRODUKSI BIOETANOL
DARI BIOMASA LIGNOSELULOSA TANAMAN JAGUNG: LIFE CYCLE
ASSESSMENT (LCA) DAN ANALISIS TEKNOEKONOMI**
(Bioconversion of Corn Stover Lignocellulosic Biomass to Bioethanol: Life Cycle
Assessment (LCA) and Technoeconomic Analysis)

Djumali Mangunwidjaja¹⁾, Anas Miftah Fauzi¹⁾, Sukardi¹⁾, Wagiman²⁾

¹⁾Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

²⁾Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana, IPB

ABSTRAK

Biomassa tanaman jagung merupakan sumber lignoselulosa yang dapat menjadi bahan baku produksi bioetanol. Teknologi biokonversi lignoselulosa menjadi etanol masih pada fase pertumbuhan sehingga memerlukan kajian dari berbagai aspek. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kelayakan dari aspek lingkungan dan teknoeconomis dari proses produksi yang telah dikembangkan pada penelitian terdahulu. Proses produksi mencakup delignifikasi, hidrotermolisasi, sakarifikasi dan ko-fermentasi (SKFS), dan distilasi dan dehidrasi. Untuk memproduksi 1 L etanol butuhkan 7,96 kg biomassa atau rendemennya 121 L/ton biomassa. Dari sudut pandang aspek lingkungan, produksi bietanol dari lignoselulosa memiliki rasio kesetimbangan energi yang positif yaitu 5,60, tetapi melepaskan emisi gas rumah kaca sebesar 63,67 ton CO₂-eq per tahun. Sementara itu, dari sisi ekonomi menunjukkan bahwa proses produksi bioetanol ini layak dilakukan berdasarkan parameter NPV, IRR, dan PBP. Untuk kapasitas produksi 1000 liter per liter dibutuhkan investasi sebesar Rp 1.891.508.861,00 dengan keuntungan Rp 2.166,00 per liter.

Kata kunci: Bioetanol, lignoselulosa, kajian daur hidup, teknoeconomis.

ABSTRACT

Corn stover biomass has been proposed to be lignocellulosic feedstocks for the bioethanol production. In the log phase of lignocellulosic bioconversion technology to ethanol, the life cycle assessment (LCA) and techno-economic analysis should be conducted. The objectives of this study was to assess the life cycle environmental impacts and the technoeconomics analysis associated with the bioethanol production from lignocellulosic. The process included in this system consist of milling, delignification, hydrotermolysis, simultaneous saccharification and co-fermentation, distillation and dehydration. In order to produce 1 L of ethanol (95%), approximately 7.96 kg of corn stover were required or its yield was 121 liters per ton of biomass. From the environmental point of view, the production of lignocellulosic bietanol have a positive net energy ratio (NER) was 5.60, unfortunately 63,67 tonnes of CO₂-eq per year of greenhouse gas emissions was emitted. Additional, the bioethanol production process was feasible based on the parameters of NPV, IRR, and PBP. The investment cost of 1000 liters per day was Rp 1,891,508,861.00, meanwhile the profit of Rp 2,166.00 per liter ethanol.

Keywords: Bioethanol, lignocellulose, life cycle assessment, technoeconomic.

PENDAHULUAN

Periode 2005-2010 kebutuhan premium Indonesia mencapai 18,5 juta KL, dan diperkirakan meningkat menjadi 20,53 juta KL pada tahun 2015 (Ristek 2006). Untuk itu ESDM telah membuat rencana untuk mensubstitusi penggunaan premium dengan campuran etanol 3% (E-3) dan 5% (E-5). Pada tahun 2011-2015 ditargetkan penggunaan bioetanol sebesar 3 % dari konsumsi premium, dan pada tahun 2016-2025 penggunaan bioetanol menjadi 5 % dari total konsumsi (ESDM 2005). Untuk itu diperlukan bahan baku dalam jumlah besar. Salah satu bahan yang berpotensi adalah biomassa lignoselulosa.

Potensi ketersediaan lignoselulosa di Indonesia cukup besar. Lignoselulosa bisa diperoleh dari limbah tanaman jagung (*corn stover*) yang tersebar di 30 provinsi. Lahan budidaya jagung di Indonesia pada tahun 2003 mencapai 3.358.211 ha, dan meningkat secara signifikan pada tahun 2008 yang mencapai 4.003.313 ha (BPS 2009). Limbah tanaman jagung terdiri dari tongkol (4,49 %), kelobot (4,72 %), daun (7,02 %), batang (83,28 %) dan komponen lain (0,49 %).

Pada penelitian sebelumnya telah diteliti perlakuan awal dengan menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan *white root fungi* dengan bioproses simultan, enzimatik-fermentasi, kemudian penelitian mengenai biokonversi langsung biomassa lignoselulosa limbah tanaman jagung menjadi etanol dengan mikroorganisme rekombinan. Dari penelitian pertama diperoleh kondisi optimum perlakuan awal, yaitu dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ selama 2 jam, pada 69,91 °C dan dengan penggunaan air 62,5 g/g biomassa. Setelah proses, lignin yang terkandung dalam bahan lignoselulosa berkurang sebanyak 18,48 %. Kondisi optimum tersebut digabungkan dengan penggunaan mikroba rekombinan pada proses fermentasi simultan. Biokonversi yang terbaik terjadi pada penggunaan enzim kasar dengan kultur campuran *Zymomonas mobilis* dan *Pichia stipitis* pada 48 jam. Etanol yang dihasilkan sebanyak 43,08 g/L.

Dalam rangka melanjutkan hasil penelitian tahun kedua maka penelitian tahun ketiga ditujukan untuk: (a) penerapan proses terbaik pada skala yang lebih besar untuk perlakuan pendahuluan pada biomass dan proses fermentasi (b) mengkaji dampak lingkungan dari teknologi yang dikembangkan dan pemanfaatan limbah, (c) mengkaji tekno-ekonomi dari proses terbaik.

METODE PENELITIAN

Proses Delignifikasi dan Hidrotermolisis

Pada penelitian terdahulu diperoleh kondisi perlakuan delignifikasi yaitu penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ g/g biomassa, penambahan air 6,25 ml/g biomassa, suhu 70°C selama 2 jam. Setalah bahan dicuci dilanjutkan dengan proses hidrotermolisis yaitu perlakuan biomassa pada suhu tinggi, sementara media air yang ditambahkan dijaga tetap pada fase cair. Hidrotermolisis I dilakukan pada suhu 121°C selama 1 jam dan hidrotermolisis II pada suhu 180-190°C selama 20 menit. Penambahan air pada hidrotermolisis I dan hidrotermolisis II masing-masing adalah 5 ml/g biomassa dan 9 ml/g biomassa. Percobaan dilakukan pada berat biomassa 15 g, 150 g, 300 g, dan 600 g. Biomassa tanaman jagung yang digunakan merupakan campuran batang, daun, tongkol, dan kelobot yang kemudian dihancurkan sehingga diperoleh ukuran 2-10 mm. Komposisi lignoselulosa biomassa tanaman jagung adalah: lignin 19,44%, selulosa 41,31%, hemiselulosa 26,46%, bahan ekstraktif 4,61% dan kadar air 12,72%.

Proses Sakarifikasi dan Ko-Fermentasi Simultan (SKFS)

Sebelum proses SKFS, substrat diberi perlakuan prehidrolisis pada suhu 51°C selama 24 jam untuk menyediakan gula pada awal SKFS. Prehidrolisis dan sakarifikasi menggunakan enzim kasar selulase dan xilanase, sedangkan fermentasi menggunakan kultur campuran *Z. mobilis* dan *P. stipitis*. Proses SKFS dilaksanakan selama 48 jam pada suhu ruang yaitu 30-32°C secara *batch*. Tabel 2 menyajikan basis rancangan proses SKFS untuk percobaan skala laboratorium pada volume 750 ml, 1500 ml, dan 3000 ml.

Tabel 2. Proses SKFS pada skala laboratorium.

Komponen	Satuan	Komposisi
Lignoselulosa	g/l	79.037
Nutrient	g/l	3.050
Enzim selulase	IU/g selulosa	30
Enzim xilanase	IU/g hemiselulosa	15
Kultur <i>Z. mobilis</i>	g/l	0.060
Kultur <i>P. stipitis</i>	g/l	0.053

Life Cycle Analysis (LCA)

Kesetimbangan Energi

Kesetimbangan energi ditentukan dengan dua indikator yaitu *Net Energy Ratio* (NER) dan *Net Energy Gain* (NEG) dihitung dengan persamaan 1 dan 2 (Papong and Malakul 2010, Ojeda and Kafarov 2009) yaitu:

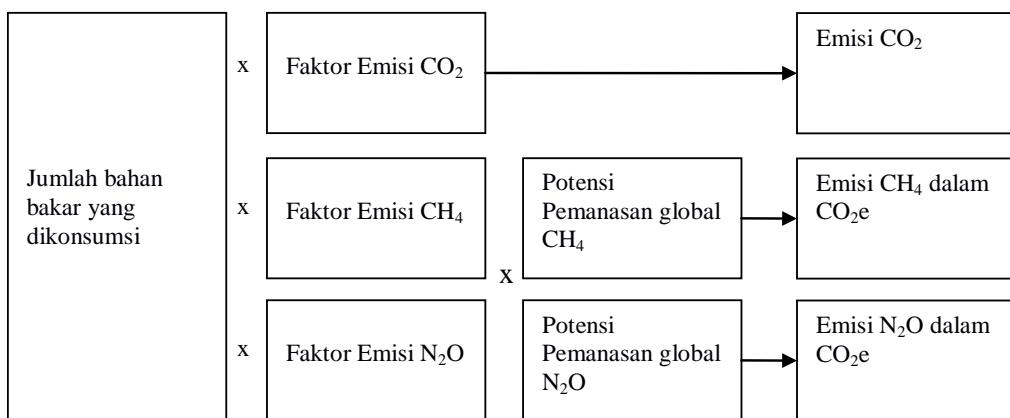
$$— \quad (1)$$

$$(2)$$

Input energi meliputi energi untuk pengangkutan bahan dan energi untuk proses produksi, sedangkan output energi adalah energi yang terkandung di dalam etanol yaitu 21,10 MJ/L (UN 2009).

Potensi Gas Rumah Kaca (PGR)

Polutan yang dilepaskan ke lingkungan dari pengangkutan bahan baku dan produksi bioetanol yang berpotensi menimbulkan gas rumah kaca yaitu CO₂, N₂O, dan CH₄. Emisi dihasilkan pada proses pengangkutan dan proses produksi dihitung dengan model sebagai berikut:



Gambar 1. Model perhitungan emisi gas rumah kaca (UN 2009)

Nilai ekuivalensi untuk gas CO₂, CH₄ dan N₂O masing-masing adalah 1, 21 dan 310 adalah (UN 2009). Sementara itu, emisi akibat penggunaan listrik dihitung dengan cara mengalikan jumlah listrik yang digunakan (JLD) dengan faktor emisi yang spesifik untuk tiap negara:

$$(3)$$

Potensi gas rumah kaca (PGR) dihitung menggunakan perangkat lunak *Greenhouse Gas Calculator 1.0* dari PBB. Menurut Kadam (2000), PGR akibat emisi yang ditimbulkan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

(4)

dengan GWP adalah potensi pemanasan global ke-*i* dan m_i adalah massa gas ke-*i* yang terlepas (kg).

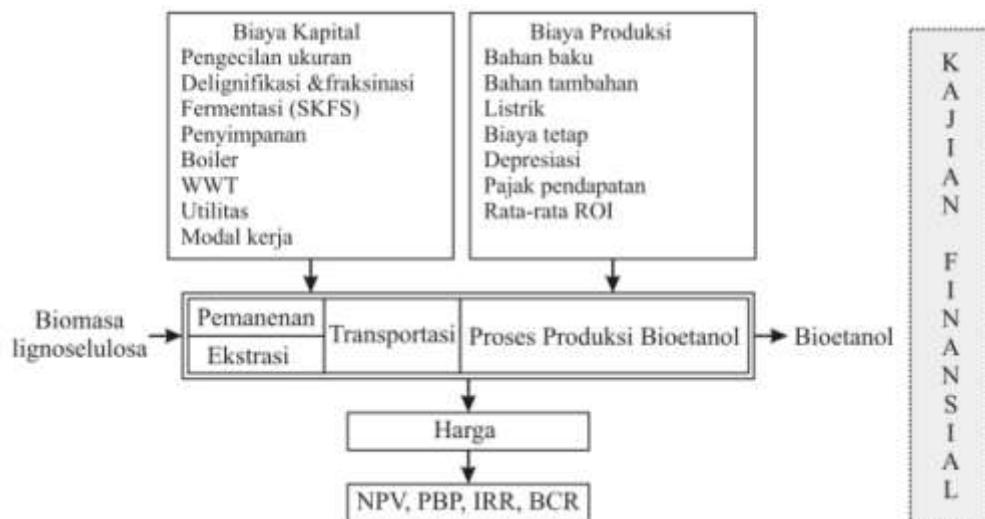
Analisis Tekno-ekonomi

Asumsi-asumsi dan lingkup kajian

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam analisis teknno-ekonomi rancangan sistem produksi bioetanol adalah:

1. Kapasitas produksi 1000 L/hari
2. Harga bioetanol Rp 13.000,00
3. Tingkat suku bunga 12%
4. Jumlah hari kerja 300 hari/tahun
5. Pajak penghasilan 28% (UU No. 36 Tahun 2008)

Analisis biaya di dalam teknno-ekonomi mencakup biaya investasi dan biaya produksi. Biaya investasi dibagi menjadi empat kategori yaitu biaya langsung, biaya tidak langsung, biaya tak terduga dan *fee*, dan fasilitas tambahan. Untuk biaya produksi terdiri dari biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya pengembalian kapital tahunan.



Gambar 2. Lingkup kajian teknno-ekonomi produksi bioetanol dari lignoselulosa.

Analisa Titik Impas

Ada tiga komponen biaya yang dipertimbangkan dalam analisis ini yaitu biaya tetap, biaya variabel, dan biaya total. Analisis titik impas untuk menentukan tingkat produksi (X) dihitung dengan rumus berikut (Pujawan 2004)

$$X = \frac{FC}{p - c} \quad (5)$$

dengan FC adalah biaya tetap, p dan c merupakan harga jual dan biaya variabel per satuan produk.

Analisis Kelayakan Finansial

Parameter yang dipakai untuk analisis kelayakan finansial yaitu *net present value* (NPV), *internal rate of return* (IRR), dan *pay back period* (PBP) (Gray *et al.* 1992, Pujawan 2004) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n (B_t - C_t) / (1 + i)^t \quad (6)$$

$$\text{IRR} = \text{tingkat suku bunga yang dicari (IRR, %)} \quad (7)$$

$$\text{PBP} = \text{umur ekonomis proyek} \quad (8)$$

Keterangan:

B_t = penerimaan kotor pada tahun ke-t

C_t = total biaya pada tahun ke-t

i = tingkat suku bunga (%)

i^* = tingkat suku bunga yang dicari (IRR, %)

n = umur ekonomis proyek

Analisis Sensitivitas dilakukan untuk melihat dampak perubahan harga enzim dan harga produk etanol terhadap nilai-nilai kelayakan finasial di atas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Delignifikasi dan Fraksinasi

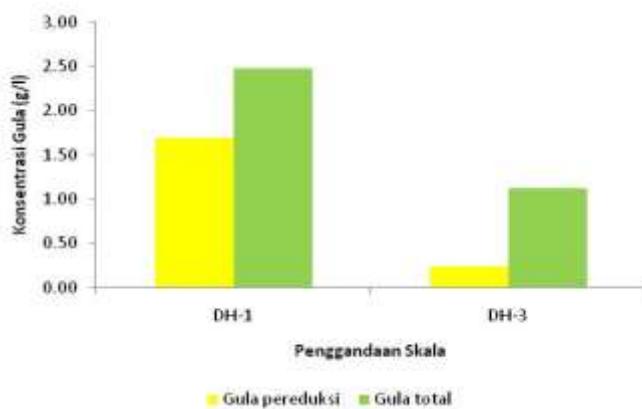
Perlakuan pendahuluan terhadap biomassa dengan cara kimiawi ($\text{Ca(OH}_2\text{)}$ bertujuan untuk merusak komponen lignin, sedangkan hidrotermolisasi bertujuan memfraksinasi komponen selulosa dan hemiselulosa. Proses tersebut dipengaruhi

oleh katalisator, suhu proses dan waktu proses. Untuk mengevaluasi hasil penelitian di laboratorium maka dilakukan empat percobaan delignifikasi dan hidrotermolisis. Tabel 3 menyajikan perubahan komponen lignoselulosa pada beberapa percobaan delignifikasi dan hidrotermolisis.

DH-1 merupakan proses delignifikasi dan hidrotermolisis biomassa tanaman jagung dengan berat biomassa 15 g. Akibat perlakuan tersebut terjadi pengurangan berat biomassa dari 13,092 g menjadi 4,574 g atau berat berkurang 65,064%. Pengurangan tersebut disebabkan oleh terdegradasinya komponen lignoselulosa dan kemudian terlarut saat proses pencucian. Komponen lignin dan bahan ekstraktif terdegradasi pada tahap delignifikasi, sedangkan selulosa dan hemiselulosa terhidrolisis selama proses hidrotermolisis.

Sementara itu DH-2, DH-3 dan DH-4 adalah delignifikasi dan hidrotermolisis untuk biomassa dengan berat masing-masing yaitu 150 g, 160 g, dan 400 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan berat lignoselulosa mencapai 44-56%, dengan penuruan terbesar terjadi pada komponen bahan ekstatif.

Komponen lignoselulosa yang terhidrolisis akan terlarut ke dalam fraksi cairan baik dalam bentuk monosakarida maupun oligosakarida. Gambar 3 menunjukkan gula total dan gula preduksi DH-1 yaitu 2,48 g/l dan 1,69 g/l, sedangkan pada DH-4 yaitu proses delignifikasi dan hidrotermolisis 600 g biomassa maka gula total dan gula preduksinya masing-masing hanya 1,13 g/l dan 0,24 g/l.



Gambar 3. Konsentrasi gula pereduksi dan gula total pada DH-1 dan DH-4

Tabel 2. Hasil proses delignifikasi dan hidrotermolisis

Komponen	DH-1			DH-2			DH-3			DH-4		
	X ₀ (g)	X ₁ (g)	ΔX (%)	X ₀ (g)	X ₁ (g)	ΔX (%)	X ₀ (g)	X ₁ (g)	ΔX (%)	X ₀ (g)	X ₁ (g)	ΔX (%)
BTJ	15.000	4.626	150.000	479.160		300.000	882.145		600.000	1397.117		
Lignoselulosa	13.092	4.574	65.064	130.920	73.264	44.039	273.300	125.000	54.263	561.000	245.753	56.194
Ligin	2.545	0.958	62.377	25.451	14.433	43.291	60.290	23.938	60.296	123.757	47.062	61.972
Selulosa	5.408	1.975	63.490	54.083	39.365	27.215	85.762	55.113	35.738	176.042	108.353	38.451
Hemiselulosa	3.464	1.589	54.143	34.641	16.609	52.055	64.526	26.638	58.718	132.452	52.370	60.461
Bahan ekstraktii	0.604	0.053	91.186	6.035	2.857	52.658	39.437	12.175	69.128	80.952	23.936	70.432

Keterangan:

DH = delignifikasi dan hidrotermolisis

BTJ = biomassa tanaman jagung

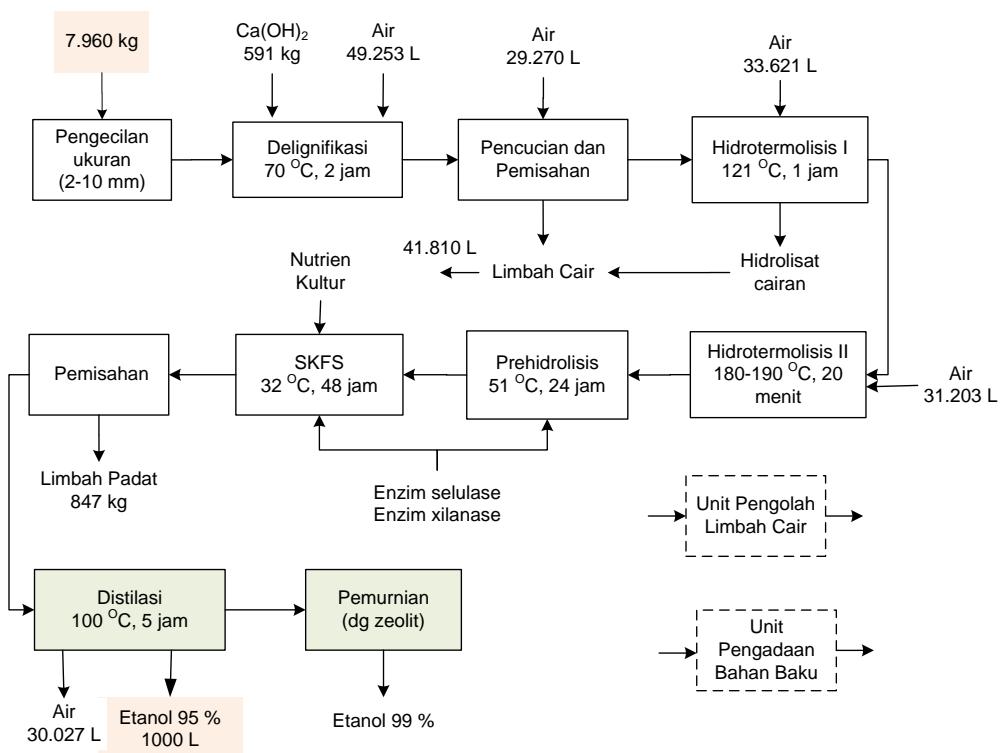
X₀ = komposisi biomassa sebelum perlakuan delignifikasi dan hidrotermolisisX₁ = komposisi biomassa setelah perlakuan delignifikasi dan hidrotermolisis
$$\Delta X = \left(\frac{X_0 - X_1}{X_0} \right) \times 100\%$$

Proses Sakarifikasi dan Ko-Fermentasi Simultan (SKFS)

Perubahan skala proses SKFS menggunakan basis penelitian terdahulu yaitu pada volume 50 ml, sedangkan pada skala laboratorium yang lebih besar digunakan berturut-turut 750 liter, 1500 liter, dan 3000 liter. Pada SKFS 50 ml diperoleh konsentrasi etanol pada *broth* fermentasi sebesar 43,08 g/l dan rendemen 27,64 g etanol/g biomassa.

Rancangan Proses Produksi

Proses produksi etanol dari lignoselulosa terdiri dari perlakuan pendahuluan, sakarifikasi, fermentasi dan *recovery* etanol. Perlakuan pendahuluan meliputi pengecilan ukuran, delignifikasi dengan Ca(OH)_2 , dan hidrotermolisis. Sementara itu, sakarifikasi menggunakan enzim selulase dan xilanase, sedangkan fermentasi menggunakan *Zymomonas mobilis* dan *Pichia stipitis*. Untuk memisahkan etanol dari air digunakan cara distilasi dan dehidrasi dengan zeolit. Gambar 5 menyajikan skema rancangan proses produksi etanol dari lignoselulosa tanaman jagung.



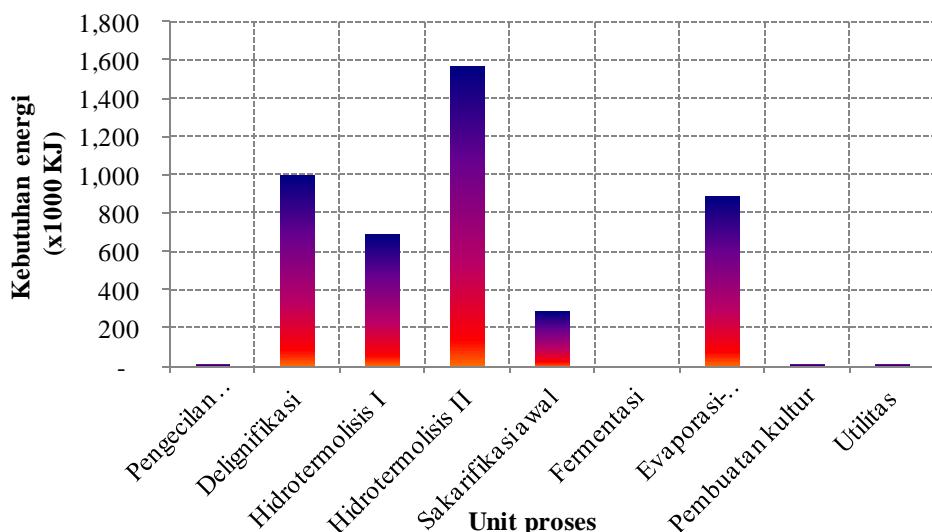
Gambar 5. Rancangan proses produksi etanol dari lignoselulosa tanaman jagung.

Berdasarkan rancangan di atas maka untuk menghasilkan 1000 liter etanol dengan tingkat kemurnian 95% dibutuhkan bahan baku berupa limbah tanaman jagung sebanyak 7.960 kg. Dengan kadar air biomassa tanaman jagung 12,72% dan diasumsikan efisiensi distilasi dan absorbs 90%, maka rendemen yang diperoleh sebesar 0,125 kg etanol per kg biomassa tanaman jagung. Selain etanol, sistem produksi ini juga menghasilkan limbah cair sebanyak 41.810 liter dan limbah padat 847 kg.

Life Cycle Analysis

Kesetimbangan Energi dan Dampak Lingkungan

Energi yang diperlukan untuk produksi 1000 liter etanol adalah 44.504 MJ yang terdiri dari energi untuk pengangkutan bahan baku 2.754 MJ, proses produksi 43.640 MJ, dan *utilitas* 864 MJ. Unit proses yang paling banyak membutuhkan energi adalah hidrotermolis II karena proses ini dilakukan pada suhu 180-190 °C (Gambar 6). Unit proses berikutnya yang juga memerlukan energi besar adalah delignifikasi, distilasi, dan hidrotermolis I. Selain faktor suhu, besarnya jumlah kebutuhan energi juga dipengaruhi oleh waktu proses. Misalnya unit proses distilasi pada suhu 100 °C, kebutuhan energi lebih besar dibandingkan hidrotermolis I pada suhu 121 °C karena waktu distilasi lebih lama.



Gambar 6. Kebutuhan energi pada setiap unit proses produksi etanol.

Energi yang dikandung pada etanol adalah 21,10 MJ/L (UN 2009) sehingga total energi yang diperoleh dari proses ini adalah 15.975 MJ. *Net Energy Ratio* (NER) dan *Net Energy Gain* rancangan sistem produksi bioetanol masing-masing sebesar 5,60 dan 16,629 yang berarti energi yang dihasilkan (etanol) lebih tinggi dibandingkan dengan energi primer yang digunakan untuk proses produksi etanol tersebut. Nilai NER tersebut lebih tinggi dibanding NER etanol dari jagung yaitu 1,35-1,67 tetapi lebih rendah dibanding etanol dari gula tebu yang memiliki NER 8,3-10,2 (Shapouri *et al.* 2007; Duffield *et al.* 2007).

Pada proses pengangkutan bahan baku digunakan truk dengan bahan bakar premium, sedangkan energi untuk proses produksi digunakan biomassa dari limbah padat (residu) ataupun biomassa, serta energi listrik untuk utilities. Penggunaan bahan bakar tersebut potensial menimbulkan emisi gas rumah kaca yaitu CO₂, N₂O, dan CH₄. Jumlah polutan yang ditimbulkan dari produksi etanol ini yaitu 21,93 Kg CO₂/L etanol, 0,00003 Kg N₂O/L etanol, dan 0,0000002 Kg CH₄/L etanol. Besarnya emisi CO₂ diakibatkan oleh penggunaan energi biomassa dan energi fosil pada proses pengangkutan dan proses produksi. Dari emisi tersebut dapat diketahui bahwa potensi gas rumah kaca pada produksi etanol dari biomassa tanaman jagung adalah 63,67 ton CO₂-eq/tahun.

Analisis Teknoekonomi

Analisis Biaya

Biaya investasi merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan industri bioetanol dari biomassa tanaman jagung. Biaya investasi terdiri dari biaya tetap yang meliputi biaya prainvestasi, tanah dan bangunan, fasilitas penunjang, mesin dan peralatan produksi, dan alat kantor. Selain itu, biaya investasi juga mencakup biaya modal kerja yang meliputi upah tenaga kerja, bahan baku dan penunjang, bahan bakar dan listrik.

Biaya investasi yang diperlukan untuk proses produksi dengan kapasitas 1000 L/hari adalah Rp. 1.891.508.861,00, komponen terbesar dari biaya investasi adalah biaya mesin dan peralatan dengan proporsi 53,06% (Tabel 4). Modal kerja yang diperlukan untuk operasi pertama kali adalah 466.230.881,16 atau 24,65% dari total biaya investasi.

Tabel 4. Biaya investasi produksi etanol dengan limbah tanaman jagung.

Komponen	Nilai Total (Rp)	Percentase (%)
Biaya Kapital Tetap	1,425,277,979.87	75.35
Biaya Prainvestasi	1,000,000.00	0.05
Tanah dan Bangunan	650,000,000.00	34.36
Fasilitas Penunjang	3,028,500.00	0.16
Mesin dan Peralatan	756,249,479.87	53.06
Alat Kantor	15,000,000.00	7.00
Modal kerja	466,230,881.16	24.65
Total biaya investasi	1,891,508,861.03	100.00

Biaya operasi terbagi menjadi dua komponen, biaya tetap dan biaya tidak tetap. Total biaya yang diperlukan selama proses produksi adalah Rp 2.797.385.287,00. Komponen biaya terbesar yang disumbangkan oleh biaya bahan baku dan penunjang (82.69%) (Tabel 5).

Tabel 5. Modal kerja untuk proses produksi etanol (1000 L/hari)

Deskripsi Biaya	Total Biaya (Rp)	Percentase (%)
Biaya tetap		13.51
Upah tenaga kerja	378,000,000	0.00
Biaya tidak tetap		86.49
Bahan baku dan penunjang	2,313,213,587	82.69
Pengangkutan bahan baku	25,472,000	0.91
Bahan Bakar	77,774,700	2.78
Listrik	2,925,000	0.10
Total biaya produksi	2,797,385,287	100.00

Analisis Titik Impas

Pada titik impas sebuah industri memiliki penerimaan dan pengeluaran yang sebanding, sehingga disebut impas. Produksi minimum yang mengakibatkan impas adalah 343 L/hari dengan biaya produksi sebesar Rp 1.337.003.744,00 per tahun.

Analisis Kelayakan Finansial

Penerimaan bersih dalam waktu 15 tahun, dengan memperhitungkan *discount factor*, menunjukkan *net present value*. NPV pada proses produksi etanol bernilai Rp 957.794.270,00, dengan IRR 19.29%, jangka pengembalian modal 4.96 tahun, dan rasio keuntungan dan biaya (BCR) 1.45.

Analisis Sensitivitas

Enzim merupakan bahan pembantu tetapi menjadi penyumbang terbesar biaya produksi yaitu Rp 5.525.000,00 atau sekitar 71,65% dari biaya produksi. Harga enzim selulase dan xilanase yang digunakan pada perhitungan teknologi ekonomi yaitu masing-masing Rp 375.000,00 dan Rp 325.000,00 per liter enzim. Perubahan harga enzim akan berpengaruh pada kriteria kelayakan, jika terjadi kenaikan sampai 15% rancangan sudah tidak lagi layak.

Selain enzim, perubahan harga etanol juga akan berpengaruh pada kriteria kelayakan. Harga etanol sebagai dasar perhitungan adalah Rp 13.000,00 per liter dan penurunan harga etanol sampai 7,5% atau Rp 12.025,00 mengakibatkan industri tidak lagi layak. Pada penelitian ini, bahan baku yaitu limbah tanaman jagung tidak diberi harga, namun jika harus dibeli maka harga maksimum agar proyek tetep layak adalah Rp 75,00 per kg.

KESIMPULAN

Proses produksi etanol dari lignoselulosa tanaman jagung yang terdiri dari delignifikasi, hidrotermolisis, sakarifikasi dan ko-fermentasi simultan, dan pemurnian dapat menghasilkan etanol sebesar 124 liter per ton bahan baku. Sementara itu, untuk kajian *life cycle assessment* (LCA) menunjukkan bahwa *Net Energy Ratio* (NER) dan *Net Energy Gain* produksi bioetanol dari lignoselulosa bernilai positif yaitu masing-masing 5,60 dan 16,629. Analisis teknologi ekonomi pada proses produksi ini juga menunjukkan bahwa industri etanol dari lignoselulosa layak untuk dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah menyediakan dana penelitian melalui Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Tahun Batch II Tahun Anggaran 2011 Nomor 430/SP2H/PL/Dit.Litabmas/IV/2011 tanggal 14 April 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Brawn RC. 2003. *Biorenewable Resources: Engineering New Products from Agriculture*. USA: Iowa State Press
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2009. Luas, Produksi, Produktivitas Jagung Secara Nasional. www.bps.go.id
- Duffield JA, Shapouri H, Wang M. 2006. Assessment of Biofuels. In : Dewulf J, Van Langenhove H, editor. *Renewables-Based Technology Sustainability Assessment*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- [ESDM] Energi dan Sumber Daya Mineral. 2005. *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025*. Jakarta.
- Papong S, Malakul P. 2010. Life-cycle energy and environmental analysis of bioethanol production from cassava in Thailand. *Bioresource Technology* 101: 5112-5118.
- Spatari S, Bagley DM, MacLean HL. 2010. Life cycle evaluation of emerging lignocellulosic ethanol conversion technologies. *Bioresource Technology* 101: 654-667.
- Pujawan N. 2004. *Ekonomi Teknik*. Edisi pertama, cetakan ketiga. Guna Widya, Surabaya.
- [Ristek] Riset dan Teknologi. 2006. *Buku Putih Ristek*. Jakarta
- [UN] United Nations. 2009. Greenhouse Gas Calculator, User Manual 1.0.
- Van Langenhove H, editor. *Renewables-Based Technology Sustainability Assessment*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

BIDANG SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN

**PENANAMAN TANAMAN PENUTUP TANAH
UNTUK REHABILITASI LAHAN KRITIS DI SEKITAR TAMBANG
EMAS DI GUNUNG PONGKOR MELALUI KEMITRAAN DENGAN
MASYARAKAT DI KECAMATAN NANGGUNG KABUPATEN BOGOR**
(Planting Land Cover Crop for Rehabilitation of Degraded Land Surrounding
Gold-Mining Pongkor Through Interrelationship with Community of
Nanggung District, Bogor Regency)

Asdar Is wati, Enni Dwi Wahjunie, Khursatul Munibah

Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB

ABSTRAK

Penambangan emas tanpa izin (PETI) di Gunung Pongkor Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor menyebabkan petani di wilayah sekitar Kawasan Pertambangan Emas Gunung Pongkor menghadapi permasalahan: erosi dan sedimentasi, kandungan Hg dalam air dan tanah sawah yang bersifat bioakumulatif berbahaya bagi manusia, dan produktivitas tanah rendah. Disamping itu, juga tidak mantapnya kelembagaan khususnya kelompok tani (POKTAN). Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat Program IbM bertujuan: (1) menyediakan bahan organik sumberdaya lokal dari tanaman penutup tanah (*Centrocema pubescens*), (2) menurunkan degradasi lahan yang diakibatkan oleh erosi tanah di daerah yang kemiringan lerengnya 15 -45% dan pencemaran Hg di tanah sawah, dan (3) memantapkan POKTAN. Hasil kegiatan Program IbM: (1) penanaman tanaman penutup tanah *Centrocema pubescens* (*Cp*) dalam waktu 3,5 bulan menghasilkan bahan organik sumberdaya lokal dengan produktivitas 13,27 – 19,8 ton/ha; (2) pemberian bahan organik dan peningkatan dosis pupuk dasar pada tanah sawah meningkatkan produktivitas padi sawah jika dibandingkan dengan produktivitas padi sawah pada periode sebelum Program IbM . Produktivitas padi hasil kegiatan IbM 15,6 ton/ha hanya memberikan pupuk dasar Phonska 300kg/ha dan Urea 200kg/ha tanpa penambahan bahan organik, 16,1 ton/ha dengan penambahan bahan organik 8 ton/ha, dan 17,9 ton/ ha dengan penambahan bahan organik 12 ton/ha. Sedangkan produktivitas sebelum kegiatan IbM 4 ton/ha; (3) Kegiatan pelatihan meningkatkan pengetahuan petani dari rendah ke sedang tetang kesuburan tanah, manfaat dan kandungan unsur hara suatu jenis pupuk, manfaat pupuk organik, kehilangan pupuk, lahan kritis, dan manfaat tanaman penutup tanah.

Kata kunci: Produktivitas tanaman penutup tanah, rehabilitasi lahan.

ABSTRACT

Illegal gold mining in Pongkor mountain, Nanggung District, Bogor Regency caused the farmer problems are erosion, sedimentation, water and soil paddy field content Hg, low productivity, and unstable institution of their society. The IbM Program aims are: (1) supply local organic matter from land cover crop (*Centrocema pubescens*), (2) decreased land degradation is caused erosion and Hg in water and soil paddy field, and (3) increasing institution stabilization of their society. The result of IbM Program activity: (1) productivity of land cover crop (*Centrocema pubescens*) in supplied local organic matter 13,27 – 19,8 ton/ha for 3,5 month, (2) productivity of paddy increased from 4 ton/hectare to 15,6 ton/ha by added Phonska 300kg/ha and Urea 200kg/ha, 16,1 ton/ha by added Phonska 300kg/ha and Urea 200kg/ha and 8 ton/ha organic matter, 17,9 ton/ ha, by added Phonska 300kg/ha and Urea 200kg/ha and 12 ton/ha organic matter, and (3) The training

improved farmers' knowledge from low level to medium level especially on soil fertility, the benefit and elements of fertilizers, the benefit of organic matter application, fertilizer loss, degraded land and cover crop benefits.

Keywords: Land cover crop productivity, land rehabilitation.

PENDAHULUAN

Penambang emas ilegal (liar) di Gunung Pongkor dikenal dengan PETI (Penambang Emas Tanpa Izin), atau oleh masyarakat disebut "Gurandil". Lokasi penambangan liar ini berada di sekitar lokasi areal penambangan resmi PT. Aneka Tambang, bahkan ada yang terletak di dalam wilayah konsesi perusahaan tersebut.

Dampak negatif yang ditimbulkan oleh PETI adalah kerusakan hutan, erosi tanah tanah longsor, pencemaran air dan tanah oleh Hg, rusaknya ekosistem, dan rusaknya nilai-nilai kehidupan sosial budaya masyarakat setempat. Dampak positif yang ditimbulkan PETI hanya meningkatkan pendapatan PETI. Sedangkan dampak positif yang ditimbulkan penambangan emas PT. Antam adalah menambah pendapatan negara, terbukanya lapangan pekerjaan, meningkatnya sarana dan prasarana desa, meningkatnya fasilitas umum (pelayanan kesehatan, sekolah), pembinaan usaha, pemberian modal, dan bantuan pemasaran hasil-hasil produksi rakyat. Dampak negatif penambangan emas PT. Antam adalah mengganggu kelestarian ekosistem dan terjadinya polusi udara.

Desa-desa yang kemungkinan akan terkena dampak pertama kali dari kegiatan penambangan emas di Gunung Pongkor, baik yang dilakukan secara legal maupun ilegal adalah Desa Bantar Karet, Cisarua, Kiarasari, Cihiris, Jangkar, dan Malasari. Selain itu, desa Curugbitung, Nanggung, Pangkaljaya, Parakanmuncang, Hambaro, Kalong Liud juga berpotensi terkena dampak negatif penambangan ini.

Dampak negatif yang paling besar akibat penambangan emas di gunung Pongkor adalah tercemarnya air sungai Cikaniki dan Sungai Cisarua yang bermuara ke sungai Cisedane oleh air raksa/merkuri (Hg). Pencemaran ini terutama disebabkan oleh penambangan emas tanpa izin (Syawal dan Yustiawati, 2003 dalam Mulyadi, Pramono, dan Ansori, 2007). Menurut Mulyadi, Pramono, dan Ansori, (2007), lahan pertanian di sekitar Gunung Pongkor berada pada jalur

sungai Cikaniki dan anak-anak sungai di atasnya. Hasil penelitian Tim Peneliti Tanah dan Agroklimat (2000), menunjukkan bahwa tanah sawah yang berada pada jalur aliran sungai Cikaniki dan sungai Cisarua telah tercemar limbah pertambangan emas yang mengandung Hg dengan konsentrasi cukup tinggi antara 1,27 – 1,63 ppm. Menurut PP. No. 20 tahun 1990, kadar maksimum Hg untuk tanah pertanian 0,005 ppm, jadi konsentrasi Hg pada tanah sawah yang berada pada jalur aliran sungai Cikaniki dan sungai Cisarua di atas nilai ambang batas maksimum, sehingga berbahaya terhadap keamanan pangan yang diproduksi dari area persawahan di wilayah tersebut. Hal ini karena, Hg merupakan logam berat yang bersifat *persisten* atau tidak dapat terdekomposisi secara biologis.

Menurut Boyd dan Sommer (1990), pemberian bahan organik pada tanah sawah akan mengimobilisasikan logam berat di dalam tanah. Hal ini karena asam fulvat dan asam humat yang dikandung bahan organik dapat mengikat ion-ion logam sehingga menjadi larut dan tidak tersedia bagi tanaman. Sedangkan sumber bahan organik lokal di sekitar penambangan emas Gunung Pongkor sangat minim. Untuk mengatasi ketersediaan bahan organik lokal yang sangat minim tersebut, maka perlu dilakukan pemberdayaan masyarakat di sekitar kawasan tersebut dalam upaya menyediakan bahan organik lokal untuk merehabilitasi lahan kritis tercemar Hg dan mengatasi terjadinya erosi. Untuk mewujudkan upaya tersebut, maka dalam pelaksanaan IbM Tahun 2011 di Desa Hambaro bermitra dengan kelompok tani Cempaka untuk membantu menyampaikan transfer teknologi penanaman tanaman penutup tanah dan didesa Kalongliud bermitra dengan kelompok tani Sukamaju untuk membantu menyampaikan transfer teknologi penanaman tanaman penutup tanah sebagai sumberdaya bahan organik lokal untuk rehabilitasi lahan lahan sawah yang tercemar Hg.

Permasalahan POKTAN Cempaka di Desa Hambaro dan POKTAN Sukamaju di Desa Kalongliud yang terletak di Kawasan Pertambangan Emas Gunung Pongkor Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor adalah: (1) Produktivitas tanah rendah, (2) Erosi dan sedimentasi, (3) air dan tanah sawah mengandung Hg sehingga hasilnya berbahaya bagi manusia, dan (4) tidak mantapnya kelembagaan (POKTAN)

Kegiatan ini bertujuan untuk membina petani di Desa Hambaro dan Desa Kalongliud yang terletak di Kawasan Pertambangan Emas Gunung Pongkor Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor dalam hal: (1) Menyediakan bahan organik sumberdaya lokal sekaligus mengatasi terjadinya erosi dan sedimentasi, (2) Meningkatkan produksi padi sawah dan mengatasi terserapnya Hg oleh tanaman, dan (3) Memperkuat kelembagaan kelompok tani (POKTAN), sehingga kelembagaan tersebut lestari.

METODE PENELITIAN

Kerangka Pemecahan Masalah

Dampak negatif dari penambangan emas liar di Gunung Pongkor Kecamatan Nanggung adalah degradasi lahan akibat erosi sehingga produktivitas tanah rendah, kandungan Hg dalam air dan tanah sawah sehingga berbahaya bagi manusia, kerusakan ekosistem sehingga kelestariannya terganggu, dan lemahnya kelembagaan tani (POKTAN) karena petani lebih memilih menjadi penambang liar. Oleh karena itu, untuk mengatasi terjadinya lahan kritis akibat erosi dan mencegah terserapnya Hg oleh padi sawah, maka kegiatan pengabdian pada masyarakat Program IbM terdiri dari : (1) penanaman tanaman penutup tanah pada lahan berlereng, (2) penambahan bahan organik pada tanah sawah untuk mengatasi terserapnya Hg dan meningkatkan produksi padi, dan (3) memantapkan kelembagaan yang sudah ada sehingga berkelanjutan

Penanaman tanaman penutup tanah di Desa Hambaro tujuannya untuk menyediakan bahan organik lokal dan mengatasi terjadinya erosi sehingga mengurangi terjadinya degradasi lahan. Penyediaan bahan organik sumberdaya lokal tujuannya agar bahan organik dapat tersedia dengan cepat dan tidak membutuhkan biaya pengangkutan. Penanaman tanaman penutup tanah pada lahan yang berpotensi tererosi, sehingga selain mendapatkan bahan organik juga mencegah terjadinya erosi dan sedimentasi.

Pemberian bahan organik pada tanah sawah di Desa Kalong liud dengan tujuan untuk mengimobilkan Hg di dalam tanah, karena asam fulvat dan asam humat yang dikandung bahan organik dapat mengikat Hg sehingga tidak larut dan

tersedia bagi tumbuhan. Dengan demikian Hg tidak diserap oleh tanaman padi, sehingga produksi padi tidak membahayakan bagi manusia. Selain itu, bahan organik juga memperbaiki sifat fisik tanah, ketersediaan unsur hara tanaman, dan memperbaiki sifat biologi tanah. Dengan diperbaikinya sifat fisika, sifat kimia, dan sifat biologi tanah, maka pertumbuhan dan produksi tanaman akan meningkat.

Memperkuat kelembagaan yang sudah ada, khususnya kelompok tani di Desa Hambaro dan Desa Kalongliud. Dengan demikian petani akan menjalankan usahatannya dengan baik. Kerangka pemecahan masalah ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerangka pemecahan masalah.

Situasi Sekarang	Perlakuan	Situasi yang Diharapkan
1. Produktivitas tanah rendah	1. Penanaman tanaman penutup tanah sebagai sumber bahan organik lokal pada lahan yang berpotensi tererosi	1. Tersedianya sumber bahan organik lokal dari tanaman penutup tanah.
2. Terjadi erosi, sedimentasi, dan kerusakan ekosistem	2. Penambahan bahan organik pada tanah sawah	2. Tidak terjadi erosi dan sedimentasi
3. Konsentrasi Hg di air dan tanah sawah berbahaya bagi manusia	3. Pelatihan tentang rehabilitasi lahan kritis dan kelembagaan	3. Peningkatan produksi padi sawah
4. Kemantapan kelembagaan tani (POKTAN) lemah		4. Kelompok Tani lebih mantap dan kuat

EVALUASI AWAL ← → PROSES → EVALUASI AKHIR

Realisasi Pemecahan Masalah

Penanaman tanaman penutup tanah sebagai sumber bahan organik lokal pada lahan yang berpotensi tererosi dilakukan dengan pembuatan demplot di lahan Pak Hendra di Desa Hambaro. Kegiatan penambahan bahan organik pada tanah sawah dilakukan dengan pembuatan demplot di Hamparan Sukamaju lahan Kas Desa Kalongliud di Desa Kalongliud. Pemantapan kelembagaan dilakukan dengan cara penyuluhan. Kegiatan penyuluhan kelembagaan dilakukan di kantor desa Hambaro.

Khalayak Sasaran

Yang menjadi khalayak sasaran dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat Program IbM adalah POKTAN di Desa Hambaro dan di Desa Kalongliud, khususnya POKTAN Cempaka di Desa Hambaro dan POKTAN Sukamaju di Desa Kalongliud.

Metode Kegiatan

Lahan kritis yang digunakan sebagai kegiatan pengabdian pada masyarakat terdiri dari: (1) lahan yang berpotensi tererosi, jika dibiarkan terbuka dan (2) tanah sawah yang diperkirakan terkena dampak pencemaran Hg akibat penambangan emas liar. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat Program IbM dalam pelaksanaannya bermitra dengan POKTAN Cempaka yang diketuai oleh Bapak Andi Rianto dan POKTAN Sukamaju yang diketuai oleh Bapak Naman.

Kegiatan yang dilakukan dalam program IbM ini terdiri dari: (1) Pembuatan demplot penanaman tanaman penutup tanah sebagai sumber bahan organik lokal, (2) Pembuatan demplot pemberian bahan organik pada tanah sawah, dan (3) Pelatihan tentang pemantapan kelembagaan dan rehabilitasi lahan kritis.

Pembuatan Demplot Penanaman Tanaman Sebagai Sumber Bahan Organik Lokal

Pembuatan demplot penanaman tanaman sebagai sumber bahan organik lokal dengan tahapan sebagai berikut: (1) menentukan lokasi demplot, (2) pengambilan contoh tanah terganggu untuk dianalisis kandungan C-organik dan N_{total}, (3) pengolahan tanah tempat penanaman, (4) pengecambahan benih, (4) penanaman, dan (6) pemeliharaan. Penentuan lokasi demplot penanaman tanaman sebagai sumber bahan organik lokal dilakukan dengan cara menjelajahi lahan di Desa Hambaro yang mempunyai kemiringan lereng antara 25 – 40 %, sehingga diperoleh lahan dengan kemiringan 26% di Kampung Pasir Tonggeret. Pemilik lahan tersebut adalah Bapak Hendra. Tanaman penutup tanah yang ditanam adalah adalah *Centrocema pubescens* (*Cp*). Pembuatan demplot ini dilakukan dengan memberdayakan petani dengan memberikan benih dan batuan biaya pengolahan, penanaman, pemeliharaan serta melakukan pendampingan. Tanaman dipanen pada umur 3,5 bulan.

Pembuatan Demplot Pemberian Bahan Organik pada Tanah Sawah

Pembuatan demplot pemberian bahan organik pada tanah sawah dengan tahapan sebagai berikut: (1) menentukan lokasi, (2) pengolahan tanah, dan (3) penanaman. Penentuan lokasi demplot dilakukan dengan cara mencari petani yang bersedia lahannya digunakan untuk demplot dan dilakukan analisis kandungan Hg pada tanah sawah yang akan digunakan demplot. Berdasarkan kesediaan petani yang lahannya dapat digunakan untuk demplot, maka demplot dibuat pada lahan sawah Kas Desa Kalongliud yang dikerjakan oleh ketua POKTAN Sukamaju. Lahan tersebut termasuk kedalam Hamparan Blok Turalak, Kelompok Tani Sukamaju. Kondisi tanah sawah sebelum digunakan demplot, luas, dan dosis bahan organik yang diberikan disajikan pada Tabel 2.

Dalam pembuatan demplot ini dari pengolahan tanah, penambahan bahan organik, penanaman, pemeliharaan, dan pemanenan dengan cara memberdayakan petani dengan memberikan bantuan petani dalam bentuk biaya pengolahan tanah, benih, pupuk organik dan pupuk inorganik, insektisida. Selain itu, juga dilakukan pendampingan. Pupuk organik diberikan dalam bentuk bokasih, pupuk inorganik diberikan dalam bentuk pupuk PONSKA dan urea, dan insektisida diberikan dalam bentuk insektisida organik.

Tabel 2. Kondisi tanah sawah sebelum digunakan demplot, luas, dan dosis bahan organik yang diberikan.

No.	Uraian	Hamparan Blok Turalak	
		Blok I	Blok II
1.	Pemilik	Kas Desa Kalongliud	Kas Desa Kalongliud
2.	Luas (m ²)	234	212,5
3.	Lokasi (Kampung)	Turalak	Turalak
4.	Jenis dan dosis pupuk yang pernah diberikan	Urea 20 kg /ha KCl 20 kg l/ha	Urea 20 kg /ha KCl 20 kg l/ha
5.	Dosis pemberian bahan organik yang sudah dilakukan	Belum pernah (0 ton/ha)	Belum pernah (0 ton/ha)
6.	Jenis dan dosis pupuk yang diberikan pada demplot IbM	Phonska 300 kg/ha Urea 200 kg/ha	Phonska 300 kg/ha Urea 200 kg/ha
7.	Dosis bahan organik yang diberikan dalam demplot IbM	8 ton bokasih/ha	20 ton bokasih/ha

Pelatihan Pemantapan Kelembagaan dan Rehabilitasi Lahan Kritis

Pelatihan tentang pemantapan kelembagaan dan rehabilitasi lahan kritis dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: (1) koordinasi dengan ketua POKTAN dan Kepala Desa, (2) penyusunan materi pelatihan, (3) pembuatan dan penyebaran undangan, (4) pelatihan. Koordinasi dengan ketua POKTAN dan Kepala desa untuk menetapkan waktu dan tempat pelatihan. Materi pelatihan meliputi: (1) pemantapan kelembagaan, (2) konservasi tanah dan air, dan (3) rehabilitasi lahan tercemar Hg. Di dalam memberikan materi pelatihan tentang rehabilitasi lahan tercemar Hg, juga diberikan materi tentang kesuburan tanah, kandungan hara tanaman di dalam pupuk dan manfaatnya untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Pelatihan ini melibatkan ketua, wakil ketua POKTAN di Desa Hambaro dan di Desa Kalongliud.

Kegiatan yang dilakukan selama pelatihan meliputi: (1) pre-test (evaluasi awal), (2) pemaparan materi (3) post-test (evaluasi akhir). Soal pretest dan posttest sama.

Evaluasi Kegiatan

Evaluasi dilakukan terhadap kegiatan: (1) pembuatan demplot penanaman tanaman penutup tanah sebagai sumber bahan organik lokal, (2) pembuatan demplot pemberian bahan organik pada tanah sawah, dan (3) pelatihan tentang pemantapan kelembagaan dan rehabilitasi lahan kritis.

Sebagai tolok ukur keberhasilan kegiatan penanaman penutup tanah sebagai sumber bahan organik lokal dievaluasi dari bobot bahan organik yang dihasilkan. Tolok ukur keberhasilan kegiatan pemberian bahan organik pada tanah sawah dievaluasi dari peningkatan produksi padi sawah. Tolok ukur keberhasilan pelatihan dievaluasi dari peningkatan hasil evaluasi akhir jika dibandingkan dengan hasil evaluasi awal.

Untuk mengevaluasi keberhasilan kegiatan pelatihan rehabilitasi lahan kritis dan pemantapan kelembagaan dilakukan evaluasi awal (*pre-test*) dan evaluasi akhir (*post-test*) dengan memberikan daftar pertanyaan (questioner) yang sama. Daftar pertanyaan meliputi pengetahuan tentang pemantapan kelembagaan, konservasi tanah dan air, dan rehabilitasi lahan tercemar Hg. Untuk mengetahui

peningkatan pengetahuan peserta tentang pemantapan kelembagaan, konservasi tanah dan air, dan rehabilitasi lahan tercemar Hg, maka dilakukan evaluasi dengan melihat perubahan nilai hasil evaluasi awal dan evaluasi akhir. Selanjutnya untuk mengetahui tingkat pengetahuan petani tentang materi penyuluhan, maka hasil evaluasi perubahan nilai awal dan akhir dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu: rendah (<50), sedang (50 – 70), dan tinggi (>70). Selain itu, juga dilakukan evaluasi proses untuk mengetahui respon peserta terhadap pelaksanaan kegiatan ceramah, maka dilakukan diskusi interaktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Demplot Penanaman Tanaman Penutup Tanah Sebagai Sumber Bahan Organik Lokal

Kandungan C-organik dan N-total tanah sebelum digunakan untuk demplot penanaman tanaman penutup tanah disajikan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan C-organik tanah dari semua blok rendah (< 2%) dan N-total juga rendah (< 0,2%). Hasil bahan organik dari demplot penanaman tanaman penutup tanah (*Centrocema pubescens (Cp)*) pada umur tanaman 3,5 bulan disajikan pada Tabel 4. i

Tabel 3. Kandungan C-organik dan N-total tanah sebelum digunakan untuk demplot penanaman tanaman penutup tanah.

Lokasi	C-Org (%)	N-Total (%)
Blok I	1,28	0,13
Blok II	1,44	0,15
Blok IIIA	1,52	0,16
IIIB	1,36	0,14

Tabel 4. Produktivitas bahan organik dari tanaman penutup tanah (*Centrocema pubescens (Cp)*) pada umur 3,5 bulan.

Blok	Luas (m ²)	Produksi (kg)	Produktivitas (kg/m ²)	Produktivitas (kg/ha)	Produktivitas (ton/ha)
I	26	34,5	1,33	13269,23	13,27
II	10	14,5	1,45	14500,00	14,50
IIIA	4	5,7	1,43	14250,00	14,25
IIIB	10	19,8	1,98	19800,00	19,80

Tabel 4 menunjukkan bahwa produktivitas terendah pada blok I dan tertinggi pada blok IIIB. Terendahnya produktivitas bahan organik dari blok I disebabkan oleh letak blok pada lereng paling atas (datar) dengan kandungan C-organik dan Nitrogen total tanah terendah dibandingkan dengan blok lainnya. Disamping itu, tanah pada lereng paling atas pada umumnya kesuburan tanah rendah dan banyak mendapatkan cahaya matahari sehingga kandungan air tanah rendah. Kondisi tersebut menyebabkan pertumbuhan (*Centrocema pubescens (Cp)*) lambat sehingga produksi bahan organiknya rendah. Tertingginya produktivitas bahan organik pada blok IIIB karena blok ini terletak pada lereng lurus dan terdapat naungan walaupun kandungan C-organik dan N-total tanah lebih rendah dibandingkan dengan blok III A yang juga terletak pada lereng lurus tetapi tidak ada naungan. Produktivitas bahan organik dari (*Centrocema pubescens (Cp)*) pada blok IIIA dan IIIB menunjukkan bahwa (*Centrocema pubescens (Cp)*) tumbuh lebih cepat dan baik pada lokasi yang ada naungan. Sedangkan pada lokasi yang langsung kena cahaya matahari (*Centrocema pubescens (Cp)*) masih dapat tumbuh dengan baik walaupun pertumbuhannya tidak secepat pada lokasi yang ada naungannya.

Berdasarkan produktivitas bahan organik dari (*Centrocema pubescens (Cp)*) pada keempat blok, maka petani dapat menyediakan bahan organik sebagai pupuk hijau dari lahan berlereng yang dimiliknya untuk kebutuhan tanaman padi. Hal ini karena pemilik sawah pada umumnya juga memiliki lahan berlereng yang cukup luas yang ditanami tanaman pohon, tetapi permukaan tanahnya dibiarkan terbuka sehingga berpotensi tererosi.

Demplot Pemberian Bahan Organik pada Tanah Sawah

Hasil analisis tanah kandungan Hg dan C-organik tanah sebelum demplot dibuat disajikan padan Tabel 5. Dari Tabel 5 menunjukkan bahwa kandungan Hg tanah sebelum pembuatan demplot menurun jika dibandingkan dengan kandungan Hg pada Tahun 2005 (0,0693 ppm) yang dilakukan oleh Pusat Penelitian Tanah.

Tabel 5. Kandungan Hg dan C-organik tanah sawah sebelum demplot dibuat dan air irigasi.

Lokasi	Kandungan Hg (ppb)		C-Org (%)
	Tanah	Air	
Sawah 1	38,9	0,14	1,84
Sawah 2	58,9	0,00	2,15

Menurunnya kandungan Hg pada tanah sawah yang terletak di desa Kalongiud ini disebabkan oleh: (1) adanya bendung Cinaki yang merupakan sumber irigasi yang mengairi hamparan di Desa Hambaro sejak tahun 2005, (2) penambang illegal berkurang. Kandungan Hg di dalam air sawah lebih kecil jika dibandingkan dengan kandungan Hg pada tanah sawah. Lebih besarnya kandungan Hg pada tanah sawah disebabkan oleh adanya akumulasi Hg yang dibawa oleh air irigasi, walaupun hasil analisis kandungan Hg air irigasi 0 ppb. Hal ini karena kandungan Hg pada air irigasi tidak selalu 0, tergantung dari pembuangan limbah dari pengolahan emas illegal.

Rataan jumlah anakan padi pada umur 3 minggu, 5 minggu, dan 8 minggu hari sesudah tanaman disajikan Tabel 6 dan hasil analisis Uji Fisher's pada Tabel 7.

Tabel 6. Rataan jumlah anakan padi pada umur 3 minggu, 5 minggu, dan 8 minggu.

Perlakuan	Rataan Jumlah Anakan (batang)		
	3 minggu Hst	5 minggu Hst	8 minggu Hst
BO0	10,8	9,8	16,0
BO1	11,4	18,0	27,0
BO2	11,7	13,5	22,0

Keterangan: Hst = hari sesudah tanam

*) ulangan 2

Tabel 6 menunjukkan bahwa penambahan bahan organik 8 ton terhadap jumlah anakan pada umur 3 minggu dan 8 minggu tertinggi dibandingkan dengan jumlah anakan pada kontrol dan penambahan bahan organik 20 ton. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan unsur hara pada tanah yang diberi bahan organik 8 ton/ha berimbang sehingga menunjang pertumbuhan tanaman dengan baik. Hal ini diperkuat dengan hasil analisis Uji Fiser's pada Tabel 7 yang menunjukkan

bahwa p-value 0,025 untuk jumlah anakan umur 3 minggu dan p-value 0,036 untuk jumlah anakan umur 5 minggu.

Tabel 7. Hasil uji fisher's untuk menilai pengaruh pemberian bahan organik pada jumlah anakan.

Perlakuan	Perlakuan	p-value	
		3mg Hst	5 mg Hst
BO1	BO2	0,195	0,339
BO1	Kontrol	0,025	0,036
BO2	Kontrol	0,210	0,113

Rataan berat biomassa padi pada umur 3 minggu dan 5 minggu disajikan Tabel 8 dan hasil analisis Uji Fisher's pada Tabel 9.

Tabel 8. Rataan berat biomassa padi pada umur 3 minggu dan 5 minggu.

Perlakuan	Rataan Berat Kering Biomassa (g)	
	3 minggu Hst	5 minggu Hst
BO0	3,63	24,57
BO1	6,88	64,98
BO2	4,42	31,20

Keterangan: Hst = hari sesudah tanam

Tabel 8 menunjukkan bahwa penambahan bahan organik 8 ton/ha menghasilkan berat biomassa padi pada umur 3 minggu dan 5 minggu tertinggi. Hal ini juga ditunjukkan oleh hasil uji Fisher's dengan p- value 0,003 untuk tanaman berumur 3 minggu dan p-value 0,047 untuk tanaman berumur 5 minggu (Tabel 9).

Tabel 9. Hasil uji fisher's untuk menilai pengaruh pemberian bahan organik pada berat biomassa.

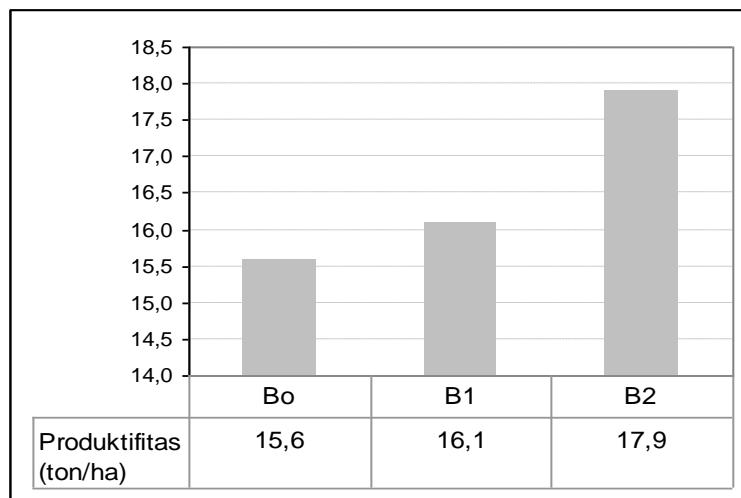
Perlakuan	Perlakuan	p-value	
		3mg Hst	5 mg Hst
BO1	BO2	0,016	0,117
BO1	Kontrol	0,003	0,047
BO2	Kontrol	0,244	0,686

Produktivitas padi pada kegiatan IbM dan sebelum kegiatan IbM disajikan pada Tabel 10. Tabel 10 menunjukkan bahwa produktivitas padi pada kegiatan

IbM jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan produktivitas sebelum IbM. Perbedaan tingkat produktivitas padi dalam kegiatan IbM dengan penambahan bahan organik 0 ton/ha; 8 ton/ha, dan 12 ton/ha disajikan pada Gambar 1.

Tabel 10. Produktivitas padi pada kegiatan IbM dan sebelum kegiatan IbM

Perlakuan (IbM)	Luas (m ²)	Produksi (kg)	Produktivitas (kg/m ²)	Produktivitas (kg/ha)	Produktivitas (ton/ha)
BO0	116,5	187,0	1,6	15.648,5	15,6
BO1	114,5	192,0	1,7	16.066,9	16,1
BO2	99,0	214,0	2,2	17.907,9	17,9
Sebelum IbM	2.000,0	800,0	0,4	4.000,0	4,0



Gambar 1. Produktivitas padi dalam kegiatan IbM.

Hasil analisis kandungan Hg pada beras yang dihasilkan dari demplot yang hanya ditambah pupuk dasar phonska 300kg/ha dan urea 200kg/ha dan dari demplot yang ditambah 8 ton bahan organik + pupuk dasar phonska 300kg/ha dan urea 200kg/ha sebesar < 0,005 ppm.

Pelatihan Rehabilitasi Lahan Kritis dan Pemantapan Kelembagaan

Peserta pelatihan rehabilitasi lahan kritis dan pemantapan kelembagaan 35 orang. Dalam pelatihan ini dilakukan pretes dan postes mengenai materi (1) konservasi tanah dan air dan (2) rehabilitasi lahan pertanian tercemar dan kesuburan tanah. Dari 35 peserta yang mengisi soal pretes 22 orang dan postes 18 orang. Hal ini karena sebagian besar peserta pendidikannya tidak lulus SD,

sehingga tidak semua peserta bisa membaca dengan lancar. Rataan nilai pretes dan postes dari kedua materi disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rataan nilai pre tes dan pos tes kegiatan pelatihan tahun 2011.

No.	Materi	Evaluasi awal	Evaluasi akhir	Peningkatan Nilai
1.	Konservasi tanah dan air	49,55	55,00	5,45
2.	Kesuburan tanah dan rehabilitasi tanah sawah	48,79	56,14	7,35

Tabel 11 menunjukkan bahwa rataan nilai evaluasi awal baik konservasi tanah dan air maupun rehabilitasi lahan pertanian tercemar dan kesuburan tanah tergolong rendah. Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya pengetahuan peserta pelatihan tentang konservasi tanah dan air, kesuburan tanah, dan rehabilitasi tanah sawah tercemar Hg. Sedangkan rataan nilai evaluasi akhir meningkat dari golongan rendah menjadi sedang, dengan peningkatan nilai 5,45 poin untuk konservasi tanah dan air , 7,35 untuk kesuburan tanah dan rehabilitasi lahan. Nilai peningkatan rataan nilai evaluasi akhir ini menunjukkan adanya respon positif dari peserta pelatihan dan bertambahnya pengetahuan mereka. Peningkatan ini sangat kecil jika dibandingkan dengan peningkatan rataan nilai evaluasi akhir yang dilakukan pada pelatihan pada tahun 2010 dengan materi yang sama dan peserta hampir sama. Hal ini disebabkan oleh pengetahuan peserta pelatihan pada tahun 2011 sudah meningkat dibandingkan dengan pengetahuan peserta pelatihan pada tahun 2010 (Tabel 12). Selain itu, respon positif peserta ditunjukkan oleh antusias peserta pada saat diskusi interaktif dengan pemberi materi.

Tabel 12. Rataan nilai pretes dan postes kegiatan pelatihan tahun 2010.

No	Materi	Evaluasi awal	Evaluasi akhir	Peningkatan Nilai
1	Konservasi tanah dan air	33,30	56,00	22,70
2	Kesuburan tanah dan rehabilitasi tanah sawah	33,11	53,73	20,62

Sumber: Asdar Iswati *et al.* (2010)

KESIMPULAN

Penanaman tanaman penutup tanah dalam waktu 3,5 bulan memberikan produktivitas bahan organik sumberdaya lokal 13,27 – 19,8 ton/ha, sehingga petani dapat menyediakan bahan organik untuk kebutuhan tanaman padi dari lahan berlereng yang dimiliknya.

Pemberian bahan organik dan peningkatan dosis pupuk dasar pada tanah sawah meningkatkan produktivitas padi sawah jika dibandingkan dengan produktivitas padi sawah pada periode sebelum Program IbM . Produktivitas padi hasil kegiatan IbM 15,6 ton/ha hanya dengan pupuk dasar Phonska 300kg/ha dan Urea 200kg/ha, 16,1 ton/ha dengan penambahan bahan organik 8 ton/ha + pupuk dasar, dan 17,9 ton/ ha dengan penambahan bahan organik 12 ton/ha + pupuk dasar. Sedangkan produktivitas sebelum kegiatan IbM 4 ton/ha

Kegiatan pelatihan meningkatkan pengetahuan petani dari rendah ke sedang tentang konservasi tanah, rehabilitasi lahan, dan kesuburan tanah. Nilai evaluasi pengetahuan konservasi tanah meningkat dari 49,55 menjadi 55. Nilai evaluasi pengetahuan tentang rehabilitasi lahan dan kesuburan tanah meningkat dari 48,79 menjadi 56,14.

Untuk mencukupi kebutuhan pupuk organik petani dapat menyediakan sendiri dengan menanam tanaman penutup tanah *Centrocema pubescens* (*Cp*) pada lahan-lahan yang berlereng. Dengan demikian akan mengurangi ongkos angkut, mencegah terjadinya erosi pada lahan-lahan berlereng, dan penyediaannya cepat

Dalam penanaman padi sawah di wilayah sekitar tambang emas gunung Pongkor selain menggunakan pupuk kimia hendaknya menambahkan pupuk organik sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan mencegah tanaman menyerap Hg .

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada: (1) DP2M yang telah mendanai kegiatan ini melalui DIPA-IPB, (2) Bapak Andi Rianto sebagai ketua POKTAN

Cempaka 1 Desa Hambaro dan Bapak Naman sebagai ketua POKTAN Sukamaju Desa Kalongliud yang telah menjadi Mitra dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian pada masyarakat Program IbM, (3) Bapak Kepala Desa Hambaro yang telah menyediakan ruangan untuk pelaksanaan kegiatan pelatihan penanaman tanaman penutup tanah untuk rehabilitasi lahan kritis dan pemantapan kelembagaan, dan (4) Bapak Kepala Desa Kalongliud yang telah mengijin untuk menggunakan tanah Kas Desa untuk pembuatan demplot penambahan bahan organik pada tanah sawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdar Iswati dkk. 2010. Rehabilitasi lahan kritis di sekitar tambang emas di gunung Pongkor melalui kemitraan dengan masyarakat di Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor. Laporan IbM. IPB. Bogor.
- Boyd dan Sommer. 1990. Humic and fulvic acid fractions from sewage sludge and alude amended soils. Dalam P. Mac Carthy, C.E. Clapp, R.L. Malcolm, dan P.R. Bloom (eds). Humic substances in soil and Crop Sciences Selected Reading. America Society of Agronomy, Inc and Soil Science Society of America, Inc. Madison. H.203-202.
- Moore D.S. and McCabe G.P. 1989. Introduction to the practice of statistics. W.H. Freeman and Company, New York.
- Mulyadi, Pramono A., dan Ansori A. 2007. Pencemaran Merkuri pada Tanah dan Air Sawah Akibat Penambangan Emas di gunung Pongkor Bogor. Pros. Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian. Balitbang Sumberdaya Pertanian. Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2000. Pengkajian Baku Mutu Tanah pada Lahan Pertanian. Laporan Akhir Kerjasama Antara Proyek Pengembangan Penataan Lingkungan Hidup – Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Jakarta dan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat – Badan Litbang Pertanian. Bogor.

POTENSI SERAPAN KARBON OLEH TANAMAN JARAK PAGAR DI INDONESIA

(*Jatropha curcas L.* Potential as Carbon Sink in Indonesia)

**Herdhata Agusta¹⁾, Muhammad Syakir²⁾, Endang Warsiki³⁾,
Fifin Nashirotun Nisya³⁾**

¹⁾Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB,

²⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Kementerian Pertanian,

³⁾Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, LPPM IPB

ABSTRAK

Selain sebagai bahan baku bioenergi, Jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) juga memiliki potensi untuk menyerap emisi karbon untuk digunakan dalam fotosintesisnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan jarak pagar sebagai penyerap karbon dari berbagai metode pemupukan yang diberikan. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2010 - November 2011. Penelitian ini dilakukan di kebun percobaan jarak pagar milik PT Indocemen, Tbk, Citeureup. Tanaman berasal dari Dompu, NTB. Perlakuan pupuk yang diberikan adalah: 2 kg bungkil jarak/pohon, 80 g urea/pohon, dan urea yang slow release 80 g/pohon dengan dosis pemberian sebanyak 100% dan 50%. Aplikasi pemupukan dilakukan dalam dua cara, yaitu menyebar ke seluruh tanaman dan pola pembenaman sedalam 5 -10 cm dari permukaan luar dari tanah. Pengamatan dilakukan selama 5 bulan setelah dipangkas. Analisis dilakukan pada kandungan tanah C dan N organik, penyerapan CO₂ dan stok karbon dari pohon dan jarak pagar. Hasil penelitian menunjukkan pemupukan berpengaruh secara nyata terhadap kapasitas penyerapan CO₂ tanaman jarak pagar. Penyerapan CO₂ tertinggi pada umur tanaman 5 bulan terdapat pada perlakuan Bungkil Benam 100% yang mencapai 0.118 ton CO₂/ha/hari atau 32.75 ton CO₂/ha/tahun, namun kandungan karbon tertinggi dihasilkan oleh perlakuan pemupukan urea tebar 100%, yaitu 93.07 kg per tanaman.

Kata kunci: Jarak pagar, pemupukan, serapan karbon, karbon stok.

ABSTRACT

Besides as a bioenergy feedstock, *Jatropha* (*Jatropha curcas L.*) also has the potential to absorb carbon emissions for it photosynthesis. This study aims to analyze the ability of *jatropha* as carbon sink from the various methods of given fertilizer. The experiment was conducted in November 2010 - November 2011. The research was conducted at the experimental farm of *Jatropha* belonging to PT Indocemen, Tbk, Citeureup. The plant comes from Dompu, NTB. Dose of fertilizer are 100% and 50% in each treatment consist of: *jatropha* cake 2 kg / tree, 80 g urea / tree, and the slow release urea 80 g / tree given in two ways, namely spread around the plants and surrounding plants buried as deep as 5 - 10 cm from the outer surface of the ground. The results showed fertilizing significantly effect the capacity of CO₂ absorption of *jatropha*. The highest CO₂ absorption was on the plant which gave 100% embedded cake that was 0,118 tons CO₂/ha/day or 32.75 tons CO₂/ha/tahun, but the highest carbon stock generated by 100% spread urea treatment, ie 93.07 kg/plant.

Keywords: *Jatropha curcas L.*, carbon sink, fertilization.

PENDAHULUAN

Jarak pagar merupakan salah satu tanaman penghasil bahan bakar nabati (BBN) yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif. Produksi jarak pagar dapat mencapai 0,3-10 ton biji per hektar per tahun. Kandungan minyak dari biji jarak pagar rata-rata dapat mencapai 38% (SBRC, 2009). Minyak jarak pagar termasuk tipe *non edible oil*.

Jarak pagar juga berpotensi dalam penyerapan emisi karbon. Hal ini telah dianalisis dan diprediksikan oleh June *et al.* (2008) yang menunjukkan potensi serap karbon pada jarak pagar pada umur 7 tahun dapat mencapai 158 – 191 ton CO₂/ha/th. Kandungan stok karbon tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pertanaman monokultur tebu, kopi, dan kakao pada luasan yang sama. Faktor emisi CO₂ dari biodiesel juga lebih rendah dibandingkan solar yaitu 70.800 kg/TJ, sedangkan solar mencapai 74.100 kg/TJ. Ndong *et. al.* (2009) also doing research on LCA of Jatropha biodiesel production in Africa, the production of Jatropha biodiesel under their conditions allows a 72% reduction in GHG emissions compared with conventional diesel fuel.

Pengembangan budidaya berwawasan lingkungan sangat diperlukan dalam rangka mendukung potensi jarak dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Budidaya berwawasan lingkungan termasuk didalamnya pengaturan dalam pemupukan. Pengembangan budidaya jarak pagar yang tepat dan efisien diharapkan dapat meningkatkan potensi serap karbon dan mereduksi emisi GRK. Pengembangan budidaya tanaman untuk mereduksi pupuk dapat dilakukan antara lain dengan penggunaan tanaman sela maupun penggunaan bahan organik. Acuan rekomendasi pemupukan tanaman jarak seperti yang dikemukakan oleh Hambali *et al* (2006) yang menyatakan bahwa pada tahun pertama pupuk yang diberikan berupa adalah urea, SP-36, dan KC1 40 g/pohon, diberikan dua kali masing-masing setengah takaran. Begitu juga dengan Mahmud *et al.* (2006) yang mengemukakan jika tanah tidak subur, tanaman dipupuk dengan pupuk kandang sebanyak 2 kg/lubang. Kebutuhan pupuk pada tahun kedua dan seterusnya adalah 2,5 sampai 5 t pupuk kandang/ha (1-2 kg/tanaman) ditambah 50 kg urea, 150 kg SP-36 dan 30 kg KCl/ha.

Acuan rekomendasi pemupukan pada tanaman jarak pagar telah diketahui. Namun, sejauh mana kemampuannya dalam penyerapan CO₂ di udara dan kemampuannya menyimpan karbon belum diketahui. Pengaturan pemupukan yang baik meliputi jenis, dosis dan cara aplikasi diharapkan dapat meningkatkan kemampuan jarak pagar dalam menyerap kebon di udara.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2010 – April 2011. Lokasi penelitian dilakukan di kebun percobaan jarak pagar milik PT Indo cement Tunggal Prakarsa, Tbk yang telah berumur 2 tahun. Tanaman jarak pagar yang digunakan berasal dari genotipe lokal Dompu, NTT, Indonesia. Penelitian ini menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) satu faktor. Perlakuan yang digunakan terdiri dari 13 taraf dengan tiga ulangan. Dosis pupuk 100% dan 50% pada masing-masing perlakuan terdiri dari : kompos 2 kg/pohon, urea 80 g/pohon, dan *urea slow release* 80 g/pohon yang diberikan dengan dua cara yaitu ditebar disekitar tanaman dan dibenamkan disekitar tanaman sedalam 5-10 cm dari luar permukaan tanah. Penggunaan dosis urea tersebut berdasarkan penelitian Romli *et al.* (2006), sedangkan pemakaian dosis kompos didasarkan pada dosis penggunaan pupuk kandang berdasarkan budidaya jarak pagar PT Indo cement.

Sebelum dilakukan pemupukan, lahan dibersihkan terlebih dahulu. Kemudian dibuat petak perlakuan. Jarak pagar yang digunakan berumur 2 tahun yang telah ditanam di kebun Indo cement dengan jarak tanam 2 x 2.5 m. Pemilihan pohon jarak pagar berdasarkan keseragaman dilihat dari pertumbuhan vegetatif. Caranya dengan memangkas pohon jarak pagar pada ketinggian yang sama yaitu 50 cm dan menyisahkan cabang dengan jumlah yang sama.

Analisis yang dilakukan adalah analisis kandungan hara C dan N tanah serta pengukuran daya serap CO₂ tanaman jarak pagar dan karbon stock di sekitar tanaman jarak pagar. Analisis hara C dan N dilakukan di laboratorium kesuburan tanah, IPB. Analisis C dilakukan dengan metode Walkley and Black (Greweling and Peech 1960). Analisis N dilakukan dengan metode Kjeldahl (Bremner 1960).

Analisis kadar N dan C dilakukan pada akhir periode perlakuan (5 bulan) pada 6 kedalaman (0-10 hingga 50-60 cm) pada tiga perlakuan yaitu KO (kontrol), SB1 (*Slow release* benam 100%), BB1 (bungkil benam 100%) dan UB1 (Urea benam 100%).

Pengukuran kapasitas penyerapan CO₂ dihitung dari laju fotosintesis tanaman persatuan luas persatuan waktu yang dikalikan dengan waktu dan luas daun tanaman jarak sesuai dengan periode pertumbuhannya. Laju fotosintesis tanaman jarak dihitung berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Raden (2009) yang dilakukan selama 14 minggu umur daun. Pengukuran waktu fotosintesis dilakukan selama 12 jam atau 43.200 detik/hari.

Pengukuran karbon stok dilakukan dengan mengukur C organik tanaman. C organik diukur dengan metode pengabuan kering (Allison *et al.*, 1965). Pengukuran daya serap karbon dilakukan pada seluruh bagian tanaman (akar, tangkai, daun dan batang). Kemudian pengukuran kandungan karbon untuk tiap organ pohon dapat dihitung dengan persamaan:

$$Y = W * 0.5 \text{ (Brown and Gaston, 1996).}$$

Keterangan:

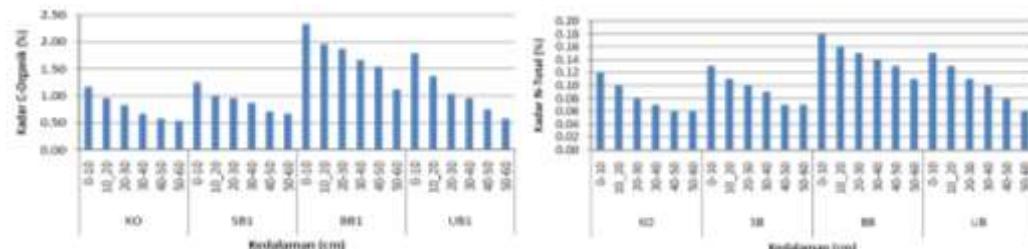
Y : Kandungan karbon diatas permukaan tanah (ton/ha)

W : Total biomassa per hektar (ton/ha)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Karbon dan Nitrogen Total Tanah

Kadar karbon dan nitrogen tanah sebelum diberikan perlakuan pemupukan menunjukkan nilai C organik sebesar 0.92% dan N total sebesar 0.08%. Lima bulan setelah aplikasi pemupukan menunjukkan nilai C organik meningkat menjadi 2,33% pada pemupukan menggunakan bungkil jarak, begitu pula nilai N total tanah terjadi peningkatan menjadi 0.18% pada pemupukan dengan bungkil jarak pagar. Hasil ini menunjukkan pemupukan menggunakan bungkil jarak lebih baik dari pada pupuk urea (C organik 1.79% dan N organic 0.15%) dan slow release urea (C organic 1.25% dan N organic 0.13%) dalam hal perbaikan struktur tanah.



Gambar 1. A) Kadar karbon organik pada perlakuan pemupukan B) Kadar nitrogen total pada perlakuan pemupukan (KO = Kontrol, SB1 = Slow Release 100%, BB1= Bungkil Benam100%, dan UB = Urea Benam 100%).

Produksi Tanaman

Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil jumlah buah terbanyak dihasilkan dari perlakuan pupuk urea tebar dosis penuh (UT1) sebanyak 28.56 buah. Bila pada populasi 2500 per ha, hasil ini lebih tinggi dari penelitian yang dilakukan Romli *et al.* (2006) yang pada dosis yang sama yang hanya menghasilkan jumlah buah 22.95 buah.

Peubah bobot buah, jumlah biji, bobot biji basah dan bobot biji kering dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan. Bobot biji kering tertinggi selama 5 bulan yang dapat dihasilkan pada luasan 1 hektar, dihasilkan oleh perlakuan urea tebar dosis penuh (UT1) sebanyak 70.64 kg.

Tabel 1. Jumlah buah, bobot buah, jumlah biji dan bobot biji basah pada berbagai perlakuan pupuk selama 5 bulan.

Perlakuan	Jumlah buah**	Bobot buah* (g)	Jumlah biji* Per tanaman	Bobot biji Basah (g)	Bobot biji kering per ha (populasi 2500) (kg)
UT0.5	2.33 e	10.60 c	6.67 d	5.17 d	6.46 d
UT1	28.56 a	147.01 a	75.00 a	56.51 a	70.64 a
UB0.5	6.00 b-e	14.57 c	19.86 b-d	11.90 b-d	14.88 b-d
UB1	17.43 a-c	70.00 a-c	34.14 a-d	38.16 ab	47.70 ab
BT0.5	3.83 de	29.98 bc	9.42 cd	8.13 d	10.16 d
BT1	18.76 ab	88.99 ab	47.39 ab	33.40 ab	41.75 ab
BB0.5	9.18 a-e	53.67 a-c	24.52 b-d	19.07 abc	23.84 a-c
BB1	15.30 a-d	67.78 a-c	40.07 a-c	28.93 a-c	36.16 a-c
ST0.5	15.06 a-e	84.27 ab	39.61 a-d	31.13 a-c	38.91 a-c
ST1	13.33 a-e	54.59 a-c	33.33 a-d	23.80 a-c	29.75 a-c
SB0.5	3.50 c-e	20.80 bc	11.29 b-d	9.50 cd	11.88 cd
SB1	7.83 b-e	41.83 bc	20.00 b-d	16.72 b-d	20.90 b-d
KO	4.17 c-e	29.97 bc	11.00 b-d	11.07 b-d	13.84 b-d

Ket.: UT:Urea Tebar

BB:Bungkil Benam

KO:Kontrol

UB:Urea Benam

ST:Slow Release Urea Tebar

1/0.5: Dosis pupuk penuh/setengah dosis

BT:Bungkil Tebar

SB:Slow Release Urea Benam

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, berbeda nyata pada uji DMRT 5 %

Kapasitas Penyerapan CO₂

Kapasitas penyerapan CO₂ dapat dihitung dari laju fotosintesis tanaman persatuan luas persatuan waktu yang dikalikan dengan waktu dan luas daun tanaman jarak sesuai dengan periode pertumbuhannya. Laju fotosintesis tanaman jarak dihitung berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Raden (2009) yang dilakukan selama 14 minggu umur daun dengan nilai rataan laju fotosintesis sebesar 5.39145 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$.

Pemupukan berpengaruh secara nyata terhadap kapasitas penyerapan CO₂ tanaman jarak pagar pada umur 7 dan 9 MST sesuai dengan perkembangan jumlah daun. Kapasitas penyerapan CO₂ tertinggi pada umur 7 MST tercapai pada perlakuan Urea Tebar 50% yang mencapai 0.04 ton CO₂/ha/hari. Perlakuan Urea Tebar 50% juga memberikan hasil terbaik pada umur 9 MST yang mencapai 0.049 ton CO₂/ha/hari. Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan CO₂ tertinggi pada umur tanaman 5 bulan terdapat pada perlakuan Bungkil Benam 100% yang mencapai 0.118 ton CO₂/ha/hari.

Tanaman memiliki kemampuan dalam mengambil CO₂ dari udara. Hal ini dapat diamati dari kapasitas fotosintesinya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemupukan berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan jumlah daun tanaman jarak. Hal ini kemungkinan dikarenakan peningkatan kemampuan tanaman dalam mempertahankan kondisi yang optimum untuk menjalankan fotosintesis. Pupuk N merupakan salah satu unsur yang mempengaruhi klorofil daun yang berperan besar pada proses fotosintesis. Laju fotosintesis tanaman jarak termasuk rendah bila dibandingkan tanaman kedelai. Laju fotosintesis tanaman jarak yang diukur oleh Raden (2009) sebesar 5.39145 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ lebih rendah dibandingkan dengan tanaman kedelai yang memiliki laju fotosintesis sebesar 20.67 – 25.36 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ (Muhuria 2007).

Kemampuan serapan CO₂ pada tanaman jarak tergolong tinggi bila dibandingkan dengan tanaman tahunan lainnya. Tanaman jarak pagar yang digunakan pada penelitian ini ditanam di lahan kapur yang tergolong lahan-lahan marginal. Walupun ditanam di lahan marjinal, kemampuan serapan CO₂ dapat mencapai 32.75 ton CO₂/ha/tahun. Tanaman hutan seperti *Agathis dammara*

memiliki kapasitas serapan CO₂ sebesar 6.944 ton/ha/tahun, *Tectona grandis* (tanaman jati) sebesar 57.5 ton/ha/tahun, *Acacia mangium* sebesar 251.388 ton/ha/tahun dan *Acacia auriculiformis* sebesar 20.686 ton CO₂/ha/tahun (Ardiansyah 2009). Tanaman *E.grandis* memiliki kapasitas serapan sebesar 31.948 ton CO₂/ha/tahun (Retnowati 1998), tanaman meranti (*Shorea* sp.) sebesar 18.640 ton CO₂/ha/tahun (Heriansyah dan Mindawati 2005).

Tabel 2. Kemampuan tanaman jarak pagar menyerap CO₂ pada berbagai jenis pemupukan berdasarkan perhitungan laju fotosintesis.

Perlakuan	Kemampuan menyerap CO ₂ (ton/ha/hari)			
	7 MSP	9 MSP	20 MSP	
Slow release tebar 50%	0.032	^{bc}	0.037 ^{b-d}	0.110
Slow release benam 50%	0.017	^e	0.021 ^f	0.079
Urea tebar 50%	0.040	^a	0.049 ^a	0.101
Urea benam 50%	0.025	^d	0.030 ^{de}	0.069
Bungkil tebar 50%	0.024	^d	0.029 ^{ef}	0.078
Bungkil benam 50%	0.034	^b	0.042 ^{a-c}	0.097
Kontrol	0.036	^{ab}	0.043 ^{a-c}	0.083
Slow release tebar 100%	0.027	^{cd}	0.031 ^{de}	0.099
Slow release benam 100%	0.029	^{cd}	0.036 ^{c-e}	0.065
Urea tebar 100%	0.036	^{ab}	0.045 ^{ab}	0.104
Urea benam 100%	0.029	^{cd}	0.036 ^{c-e}	0.086
Bungkil tebar 100%	0.032	^{bc}	0.038 ^{b-d}	0.079
Bungkil benam 100%	0.026	^d	0.031 ^{de}	0.118
Rata-rata	0.030		0.036	0.090

Ket: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, berbeda nyata pada uji DMRT %

Simpanan Karbon

Simpanan Karbon dari Tanaman

Tanaman memiliki kemampuan dalam menyerap karbon di udara (*carbon sequestration*) dalam proses fotosintesisnya. Kemampuan tanaman dalam mengakumulasi karbon ditentukan oleh jenis tanaman. Hasil analisis karbon pada tanaman jarak pagar menunjukkan bahwa kadar karbon organik (*C-organic*) tanaman pada berbagai bagian tanaman menunjukkan kandungan karbon tanaman tertinggi terdapat pada biji kering jarak pagar (55.32%), sedangkan kadar karbon terendah terdapat pada kulit buah jarak pagar (44.86%). Kadar karbon pada batang jarak pagar juga hampir sama dengan biji jarak (54.2%).

Tabel 3. Kadar karbon organik pada tanaman pada jarak pagar menurut bagian tanaman.

Bagian tanaman	Kadar karbon organik (%)
Batang primer	55.01
Batang sekunder	54.38
Batang tersier	53.20
Daun	50.35
Tangkai daun	49.95
Akar primer	51.56
Akar sekunder	52.53
Akar tersier	50.86
Kulit buah	44.86
Biji	55.32

Hasil perhitungan biomasa tanaman jarak pagar menunjukkan bahwa, selama 5 bulan setelah dipangkas, tanaman jarak pagar rata-rata menghasilkan biomasa sebesar 71.31 kg. perlakuan pemupukan mampu memberikan peningkatan biomasa tanaman daripada kontrol. Perlakuan urea tebar 100% mampu menghasilkan biomasa terbesar, yaitu 175.93%, yang diikuti oleh bungkil tebar 100% sebesar 112.73 kg, sedangkan pupuk urea slow release hanya menghasilkan biomasa tertinggi sebesar 97.37 kg. Apabila penggunaan pupuk urea tebar 100 % ini diaplikasikan pada populasi 1 hektar (2,500 tanaman/ha), dengan asumsi peningkatan biomasa yang konstan dalam rentang waku yang sama, maka akumulasi biomasa mencapai 1.055,6 ton.

Dari hasil konversi biomasa kedalam kandungan karbon yang terbentuk, menunjukkan bahwa pemupukan mampu meningkatkan kandungan karbon tanaman. Pemupukan urea tebar 100% mampu menghasilkan kandungan karbon sebesar 93.07 kg per tanaman selama 5 bulan setelah dipangkas, sedangkan pupuk bungkil tebar 1005 menghasilkan kandungan karbon sebesar 59,64 kg C. sedangkan urea tebar 50% hanya menghasilkan simpanan akarbon sebesar 11,37 kg C. Apabila penggunaan pupuk urea tebar 100 % ini diaplikasikan pada populasi 1 hektar (2500 tanaman/ha), dengan asumsi peningkatan biomasa yang konstan dalam rentang waku yang sama, maka akumulasi biomasa mencapai 558.42 ton C/ha/tahun.

Tabel 4. Pengaruh Pemupukan Terhadap Biomasa Tanaman yang Terbentuk Selama 5 Bulan

Perlakuan	Batang (g)	Daun (g)	Tangkai daun (g)	Akar (g)	Bobot biji kering per tanaman (g)	Bobot kulit buah tanaman (g)	Total biomasa per tanaman (kg)	Total biomasa per ha (1 tahun, kg)	Total biomasa per ha (1 tahun,
									kg)
Urea tebar 50%	4128.29	902.68 ab	274.12 a-d	1,016.60	11,672.50	3,501.75	21.50	51.59	128,975.68
Urea tebar 100%	3174.34	929.79 ab	282.33 a-c	921.83	131,250.00	39,375.00	175.93	422.24	1,055,599.78
Urea benam 50%	4650.38	612.71 bc	186.04 cd	904.79	34,755.00	10,426.50	51.54	123.68	309,212.49
Urea benam 100%	6051.69	766.93 a-c	232.88 a-d	1,159.34	59,745.00	17,923.50	85.88	206.11	515,276.09
Bungkil tebar 50%	4367.48	691.51 a-c	209.96 b-d	918.78	16,485.00	4,945.50	27.62	66.28	165,709.38
Bungkil tebar 100%	3203.48	706.55 a-c	214.56 a-d	792.45	82,932.50	24,879.75	112.73	270.55	676,375.77
Bungkil benam 50%	3475.56	860.63 ab	261.36 a-d	915.73	42,910.00	12,873.00	61.30	147.11	367,777.69
Bungkil benam 100%	6148.97	1048.91 a	318.52 a	1,338.34	70,122.50	21,036.75	100.01	240.03	600,083.87
Slow release tebar 50%	4828.01	982.18 ab	298.25 ab	1,145.16	69,317.50	20,795.25	97.37	233.68	584,198.04
Slow release tebar 100%	4234.49	890.37 ab	267.27 a-d	993.90	58,327.50	17,498.25	82.21	197.31	493,270.66
Slow release benam 50%	3112.31	703.97 a-c	213.76 a-d	780.30	19,757.50	5,927.25	30.50	73.19	182,970.59
Slow release benam 100%	3083.18	575.87 bc	174.88 d	700.77	35,000.00	10,500.00	50.03	120.08	300,208.17
Kontrol	3855.26	425.47 c	193.04 b-d	973.52	19,250.00	5,775.00	30.47	73.13	182,833.81
Rata-rata	4177.96	776.74	240.54	966.27	50,117.31	15,035.19	71.31	171.15	427,884.00

Ket: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, berbeda nyata pada uji DMRT 1%

Tabel 5. Pengaruh Jenis Pupuk Terhadap Simpanan Karbon Tanaman

Perlakuan	Batang (g)	Daun (g)	Tangkai daun (g)	Akar (g)	Biji (g)	Kulit buah (g)	Total per tanaman 5 bulan (kg)	Total Per tanaman 1 tahun (kg)	Total per ha 1 tahun (kg)
Urea tebar 50%	2,229.28	454.50	136.92	525.07	6,457.23	1,570.89	11.37	27.30	68,243.33
Urea tebar 100%	1,714.14	468.15	141.02	476.13	72,607.50	17,663.63	93.07	223.37	558,423.42
Urea benam 50%	2,511.20	308.50	92.92	467.33	19,226.47	4,677.33	27.28	65.48	163,702.48
Urea benam 100%	3,267.91	386.15	116.33	598.80	33,050.93	8,040.48	45.46	109.11	272,763.63
Bungkil tebar 50%	2,358.44	348.17	104.88	474.55	9,119.50	2,218.55	14.62	35.10	87,744.56
Bungkil tebar 100%	1,729.88	355.75	107.18	409.30	45,878.26	11,161.06	59.64	143.14	357,848.50
Bungkil benam 50%	1,876.80	433.33	130.55	472.98	23,737.81	5,774.83	32.43	77.82	194,557.77
Bungkil benam 100%	3,320.44	528.13	159.10	691.25	38,791.77	9,437.09	52.93	127.03	317,566.62
Slow release tebar 50%	2,607.12	494.53	148.97	591.48	38,346.44	9,328.75	51.52	123.64	309,103.73
Slow release tebar 100%	2,286.63	448.30	133.50	513.35	32,266.77	7,849.71	43.50	104.40	260,989.58
Slow release benam 50%	1,680.65	354.45	106.78	403.02	10,929.85	2,658.96	16.13	38.72	96,802.27
Slow release benam 100%	1,664.92	289.95	87.35	361.95	19,362.00	4,710.30	26.48	63.54	158,858.79
Kontrol	2,081.84	214.23	96.42	502.83	10,649.10	2,590.67	16.14	38.72	96,810.49
Rata-rata	2,256.10	391.09	120.15	499.08	27,724.89	6,744.79	37.74	90.57	226,416.55

Simpanan Karbon dari Serasah

Simpanan karbon di lahan juga ditentukan oleh karbon yang tersimpan pada serasah di atas permukaan tanah. Hasil analisis kadar C-organik serasah menunjukkan bahwa kadar bahan organik serasah di permukaan tanah adalah 55.96% dengan kadar N sebesar 0.87 %. Berdasarkan data C-organik ini, dapat diketahui bahwa serapan C dari serasah per hektar mencapai 872.98 kg/ha/5 bulan atau 2.095 ton/ha/tahun.



Gambar 2. Kondisi serasah di bawah tegakan jarak pagar di lahan percobaan.

KESIMPULAN

Penggunaan pupuk dalam budidaya jarak pagar mampu menghasilkan pertumbuhan dan produksi tanaman lebih baik serta memperbaiki unsur hara tanah dari pada tanpa pupuk. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa:

1. Pemupukan menggunakan bungkil jarak lebih baik (C organic 2.33% dan N Organik 0.18%) dari pada pupuk urea (C organik 1.79% dan N organic 0.15%) dan slow release urea (C organic 1.25% dan N organic 0.13%) dalam hal perbaikan struktur tanah.
2. Pupuk berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman. perlakuan urea benam 100 % (80 g/pohon) menghasilkan produksi buah tertinggi dari pada pola pemupukan yang lain
3. Pemupukan berpengaruh secara nyata terhadap kapasitas penyerapan CO₂ tanaman jarak pagar. Penyerapan CO₂ tertinggi pada umur tanaman 5 bulan terdapat pada perlakuan Bungkil Benam 100% yang mencapai 0.118 ton CO₂/ha/hari atau 32.75 ton CO₂/ha/tahun.

4. Hasil analisis karbon pada tanaman jarak pagar menunjukkan bahwa kadar karbon organik (*C-organic*) tanaman pada berbagai bagian tanaman menunjukkan kandungan karbon tanaman tertinggi terdapat pada biji kering jarak pagar (55.32%), sedangkan kadar karbon terendah terdapat pada kulit buah jarak pagar (44.86%). Kadar karbon pada batang jarak pagar juga hampir sama dengan biji jarak (54.2%).
5. Selama 5 bulan setelah dipangkas, tanaman jarak pagar rata-rata menghasilkan biomasa sebesar 71.31 Kg. perlakuan pemupukan mampu memberikan peningkatan biomassa tanaman daripada kontrol. Perlakuan Urea tebar 100% akan mampu menghasilkan biomassa tanaman sebesar 1.055, 6 ton.
6. Pemupukan urea tebar 100% mampu menghasilkan kandungan karbon sebesar 93.07 kg per tanaman selama 5 bulan setelah dipangkas dan akan mencapai 558.42 ton C/ha/tahun.
7. Serapan C dari serasah di bawah pohon jarak pagar per hektar mencapai 2.095 ton/ha/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Indocemen Tunggal Prakarsa Tbk sebagai penyedia lokasi penelitian. Penelitian ini dibiayai oleh CRIEPI Japan, dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Indonesia melalui hibah Penelitian Kerjasama Luar Negeri dan Publikasi Internasional tahun 2010-2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah. 2009. Daya Rosot Karbondioksida Oleh Beberapa Jenis Tanaman Hutan Kota di Kampus IPB Darmaga. *skripsi*. Bogor:Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Bremner JM, Keeney DR. 1965. Stream distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chim. Ata* 32: 485-495.
- Brown S, Gaston G. 1996. Estimates of biomass density for tropical forests. *World Resources Rev.* 4 (3): 366-383.
- Greweling T, Peech M. 1960. Chemical soil test. *Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Bull* no. 960.

- Heriansyah I, Muhuria N. 2005. Potensi Hutan Tanaman Marga *Shorea* dalam Menjerap CO₂ Melalui Pendugaan Biomassa di Hutan Penelitian Haurbentes. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 2 (2): 105-111. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Muhuria L. 2007. Mekanisme fisiologi dan pewarisan sifat toleransi kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap intensitas cahaya rendah. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor. 163 hal.
- Raden I. 2009. Hubungan arsitektur tajuk dengan fotosintesis, produksi dan kandungan minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Retnowati, E. 1998. Kontribusi Hutan Tanaman *Eucalyptus grandis* Maiden Sebagai Rosot Karbon di Tapanuli Utara. *Buletin Penelitian Hutan* 611:1- 9. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.

PENGEMBANGAN FOTOBIOREAKTOR ISACS UNTUK KULTIVASI MIKROALGA DENGAN MENGGUNAKAN GAS CO₂ MURNI DAN PEMISKINAN NUTRIEN

(ISACS Photobioreactor Development for Microalgae Cultivation
Using Pure CO₂ Gas and Nutrient Deppreviation)

Mujizat Kawroe¹⁾, Ayi Rachmat²⁾, Abdul Haris³⁾

¹⁾Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, LPPM IPB

²⁾Dep. Ilmu Kelautan dan Teknologi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

³⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi,Lemigas

ABSTRAK

Mikroalga laut, merupakan salah satu alternatif sumber energi baru yang sangat potensial. Sebagai produsen primer, mikroalga laut hidup dalam air yang aksesnya terhadap H₂O, CO₂, dan nutrien lebih efektif sehingga mampu menghasilkan minyak 30 kali lebih banyak dibandingkan tumbuhan darat penghasil biofuel. Penelitian ini bertujuan mengkaji peningkatan produktivitas mikroalga spesies tertentu dengan pemanfaatan fotobioreaktor untuk kultivasi skala semi missal di luar ruangan dengan optimasi kadar nutrien, CO₂, dan pencahayaan. Dari hasil percobaan, mikroalga yang dikultur dengan perlakuan nutrien tanpa komponen N dan P sekaligus memiliki kepadatan sel yang paling rendah diantara perlakuan pemiskinan nutrien yang lain. Untuk perlakuan beda laju alir gas CO₂, mikroalga yang dikultur pada laju alir gas CO₂ 1,5 cc/menit memiliki angka kepadatan sel lebih tinggi dibandingkan pada laju alir gas CO₂ 1 cc/menit. Hasil analisis kandungan asam lemak pada mikroalga setelah dikultur menggunakan gas CO₂ memiliki persentase yang lebih tinggi dibandingkan dengan kultur mikroalga biasa. Namun tidak demikian dengan kandungan protein dan karbohidrat mikroalga setelah dikultur dengan menggunakan gas CO₂. Hal ini diduga disebabkan oleh kurangnya masukan gas CO₂ yang belum diserap secara maksimal oleh mikroalga.

Kata kunci: Mikroalga laut, biofuel, fotobioreaktor, karbondioksida.

ABSTRACT

Marine microalgae, is one of the new alternative energy source with huge potential. As primary producers, marine microalgae living in water which has access to H₂O, CO₂ and nutrients more effectively so as to produce 30 times more oil than land plants producing biofuels. This study aims to assess the increase in productivity of certain species of microalgae using semi-scale photobioreactor for mass outdoors cultivation with optimization levels of nutrients, CO₂, and lighting. From the experimental results, microalgae are cultured with nutrient treatment without N and P components as well as having the lowest density of cells among the other treatment of nutrient deppreviation. For different treatment flow rate of CO₂ gas, microalgae in CO₂ gas flow rate 1.5 cc / min had higher rates of cell density compared to the CO₂ gas flow rate of 1 cc / min. The results of the analysis of fatty acid content in the cultivated microalgae using CO₂ gas has a higher percentage than usual microalgae cultivation. But not for the content of protein and carbohydrate in microalgae cultivated using CO₂ gas. This is thought to be caused by a lack of input of CO₂ gas that has not been absorbed maximally by microalgae.

Keywords: Marine microalgae, biofuels, photobioreactor, carbon dioxide.

PENDAHULUAN

Kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi belakangan ini telah memberikan dampak yang sangat luas di berbagai sektor kehidupan. Sektor yang paling cepat terkena dampaknya adalah sektor transportasi. Fluktuasi suplai dan harga minyak bumi seharusnya membuat kita sadar bahwa jumlah cadangan minyak yang ada di bumi semakin menipis. Karena minyak bumi adalah bahan bakar yang tidak bisa diperbarui maka kita harus mulai memikirkan bahan penggantinya. Sebenarnya di Indonesia terdapat berbagai sumber energi terbarukan yang melimpah, seperti biodiesel dari tanaman jarak pagar, kelapa sawit maupun kedelai. Kemudian efek gas rumah kaca yang ditimbulkan oleh gas CO₂ hasil pembakaran minyak bumi. Seperti kita ketahui pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna akan menghasilkan gas CO₂, yang lama kelamaan akan menumpuk di atmosfer.

Bahan baku yang dilakukan riset dan pengembangan dalam penelitian ini adalah mikroalga. Mikroalga sebagai salah satu organisme laut yang berukuran sangat kecil memiliki potensi sebagai bahan baku penghasil bahan bakar nabati. Kegiatan penelitian ini termasuk dalam mengembangkan hasil riset dalam bidang bahan bakar alternatif terutama bahan bakar nabati (BBN) serta mendukung program pemerintah dalam meningkatkan produksi bahan bakar nabati. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi produksi biofuel berbahan baku mikroalga dengan membuat rancang bangun fotobioreaktor ISACS (*Integrated System for Algae Cultivations*) dalam penggandaan skala kultivasi spesies mikroalga potensial dengan optimasi kadar nutrien, CO₂, dan pencahayaan.

METODE PENELITIAN

Desain dan Rancang Bangun Fotobioreaktor

Rancang bangun fotobioreaktor ISACS dijabarkan ke dalam beberapa langkah di bawah ini:

- Pembuatan pertama adalah menggabungkan antara akrilik tabung dengan flang ukuran 4" menggunakan resin. Total akrilik yang digunakan adalah 4 buah dan

flang 16 buah. 8 flang digunakan untuk akrilik dan 8 yang lain digunakan untuk knee.

- Setelah akrilik tabung dan flang menjadi satu kemudian penggabungan antara knee 4" dengan flang 4" menggunakan lem paralon. Pelekatan antara akrilik flang dengan knee flang yang lain menggunakan mur dan baut anti karat yang diantara flang tersebut dikasih oring (karet) supaya tidak bocor.
- Perakitan knee, paralon, valve dan box (digunakan utk tempat pompa) dengan menggunakan lem paralon. Box yang akan digunakan dibolongin dahulu supaya paralon dapat masuk ke dalam box. Perekatan antara box dengan paralon menggunakan resin dan serat fiber supaya daya rekatnya lebih kuat dan tahan bocor. Pompa yang ada di dalam box direkatkan sekuat mungkin agar tidak goyang dan jatuh. Membuat saluran keluar dan masuk dari bak penampungan air/torn ke fotobioreaktor ataupun sebaliknya.
- Bak penampungan/torn yang digunakan mempunyai daya tamping 250 ltr.
- Pembuatan dudukan untuk fotobioreaktor dengan model seperti ranjang.
- Setelah perekatan selesai kemudian dirakit dan di uji coba.

Kultivasi mikroalga skala luar ruangan dengan menggunakan fotobioreaktor ISACS

Kultivasi yang dilakukan di fotobioreaktor ISACS dengan memasukkan bibit *Scenedesmus* sp. sebanyak 1/3 bagian. Kultivasi berlangsung selama 7 hari dan dilakukan pengukuran kepadatan setiap hari. Media yang digunakan adalah media *Guillard* dan *Conway*. Kultivasi pada reaktor ISACS merupakan kultivasi mikroalga skala 200 liter yang dilakukan pada ruang tertutup dengan kondisi yang terkontrol. Selama dilakukan kultivasi, kepadatan mikroalga diukur setiap hari untuk dilihat laju pertumbuhannya dengan menggunakan mikroskop dan *Haemacytometer*. Sejalan dengan pengukuran kepadatan dilakukan juga pengukuran kualitas air untuk parameter suhu, pH dan cahaya.

Kultivasi mikroalga dengan perlakuan pemiskinan nutrien

Kultivasi dilakukan selama 8 hari dengan perlakuan pada media nutrient diantaranya kontrol, tanpa komponen N, tanpa komponen P, tanpa komponen N dan P (hanya trace elements). Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan. Media

yang digunakan untuk percobaan ini adalah media Guillard. Komponen media Guillard bisa dilihat pada lampiran 3. Selama dilakukan kultivasi, kepadatan mikroalga diukur setiap hari untuk dilihat laju pertumbuhannya dengan menggunakan mikroskop dan Haemacytometer.

Kultivasi mikroalga dengan perlakuan perbedaan laju alir gas CO₂

Kultivasi dilakukan selama 7 hari menggunakan mixing chamber dengan perlakuan perbedaan laju alir gas karbondioksida yakni 1 cc/menit dan 1,5 cc/menit. Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan. Setiap harinya diukur beberapa parameter seperti suhu, salinitas dan pH. Pengukuran pH dilakukan 1 kali dalam satu hari yaitu sesudah karbondioksida dimasukkan, untuk pengukuran suhu dapat dilihat pada pH meter ketika mengukur pH. Pengukuran pH menggunakan pH meter dan parameter suhu diukur dengan menggunakan termometer. Gas CO₂ yang masuk diukur dengan menggunakan flowmeter. Banyaknya masukan gas CO₂ sebanyak 1 cc/menit dan 1,5 cc/menit selama 5 jam setiap hari. Selama dilakukan kultivasi, kepadatan mikroalga diukur setiap hari untuk dilihat laju pertumbuhannya dengan menggunakan mikroskop dan Haemacytometer.

Analisis kepadatan sel mikroalga

Penghitungan kepadatan sel mikroalga dengan menggunakan haemacytometer. Sebelum digunakan, Haemacytometer dibersihkan dengan menggunakan alkohol 70% dan keringkan dengan tisu. Jumlah sel mikroalga diamati setiap hari dengan 3 kali ulangan menggunakan Haemocytometer pada mikroskop dengan perbesaran 100 atau 400 kali di 5 lapang pandang pada kotak sedang dan dihitung densitasnya dengan rumus (Schoen, 1988):

$$N = (n/4) \times 10^6$$

Keterangan: N = Kepadatan mikroalga (ind/mL)
n = Jumlah mikroalga yang diamati

Analisis laju pertumbuhan spesifik mikroalga

Laju pertumbuhan spesifik mikroalga (μ) dihitung dengan rumus Krichnavaruk *et al.*, (2004):

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_o}{T_t - T_o}$$

Keterangan:

N_{b_{tB}} = Kepadatan mikroalga pada waktu t

N_{B_{0B}} = Kepadatan mikroalga awal

T₀ = Waktu awal

T_t = Waktu pengamatan

Pemanenan mikroalga

Pemanenan dilakukan dengan cara flokulasi menggunakan tawas dengan konsentrasi 120 ppm. Setelah terjadi pengendapan dilakukan proses filtrasi atau penyaringan menggunakan kain satin selama beberapa jam. Setelah semuanya tertampung dalam kain satin, hasil panen dapat dikeringkan menggunakan sinar matahari atau oven jika cuaca tidak cukup panas. Hasilnya yang berupa bubuk, selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut meliputi penimbangan biomassa mikroalga.

Ekstraksi mikroalga

Ekstraksi yang akan menghasilkan minyak dari mikroalga dilakukan dengan menggunakan larutan kimia *heksan* (Bligh and Dyer, 1959). Larutan *heksan* dapat digunakan langsung untuk mengekstraksi minyak atau dikombinasikan dengan alat pengepres. Cara kerjanya adalah: bubuk kering mikroalga hasil panen dimasukkan ke dalam kertas saring yang telah dibentuk seperti tabung soklet dengan kapas diletakkan di bagian atas dan bawah. Lalu kertas saring berisi bubuk kering mikroalga dimasukkan ke dalam tabung soklet dan dilarutkan dengan pelarut heksan sampai warna asli mikroalga memudar. Setelah itu heksan diuapkan sampai yang tersisa hanya *crude oil* mikroalga. Proses ini dijalankan selama minimal 5-6 jam untuk memperoleh hasil yang maksimal dari mikroalga. Ekstraksi ini dilakukan untuk memperoleh minyak mikroalga dan dianalisa untuk mengetahui kandungan senyawa kimia hidrokarbon dan lipid dalam mikroalga yang telah dikultur. Kandungan minyak mikroalga tersebut diidentifikasi dengan cara diinjeksikan ke dalam alat Kromatografi Gas dengan detektor Spektrofotometer Massa. Hasilnya berupa kromatogram yang dapat dianalisa kadar per senyawa yang dideteksi.

Uji kandungan asam lemak mikroalga dengan GC

Ekstrak hidrokarbon dipurifikasi dengan menggunakan kolom kromatografi di dalam silica gel. Contoh hidrokarbon dianalisis terhadap kolom SPB-1 (30m x 0.32 mm ID x 0.25 µm ketebalan film) dengan menggunakan peralatan GC dengan FID dan diidentifikasi dengan membandingkan pola fragmentasinya dengan standar (Sigma) dan juga dengan perpustakaan NIST (Dayananda *et al.*, 2005)

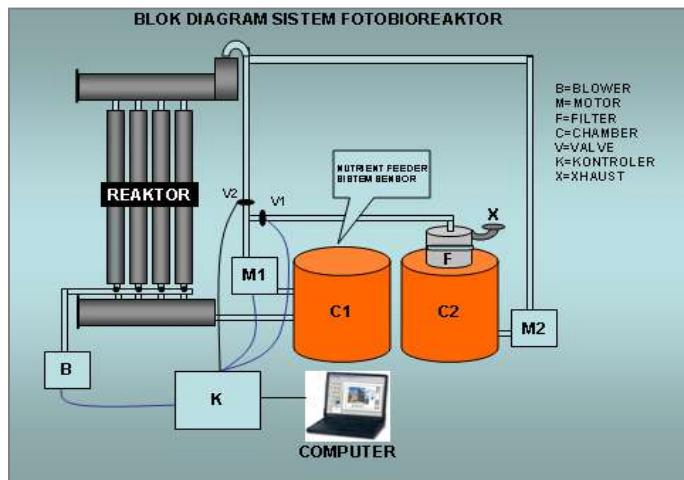
Lemak (Lipid) diekstraksi dengan menggunakan chloroform-metanol (2:1), chloroform dan 1% cairan NaCl ditambahkan untuk menyesuaikan perbandingan antara methanol, chloroform dan air menjadi 2:2:1 dan dikuantifikasi secara gravimetri. Semua lapisan chloroform yang telah diambil sebanyak 3 kali dievaporasi, dikeringkan di dalam desikator, dan ditimbang beratnya sebagai lipid total. FAME dianalisis dengan peralatan GC-MS (PerkinElmer, Turbomass Gold, Mass spectrometer) dengan FID dan menggunakan kolom kapilaritas SPB-1 (poly(dimethylsiloxane)) (30 m x 0.32 mm ID x 0.25 µm ketebalan film) dengan temperatur yang telah diprogram pada 130⁰C sampai 280⁰C pada rata-rata 2⁰C/min. FAME diidentifikasi dengan membandingkan pola fragmentasi mikroalga dengan standar (Sigma) dan juga perpustakaan NIST (Dayananda *et al.* 2006). Proses ini cukup dilakukan hanya dengan bahan kimia metanol dan alat pendekripsi kandungan lemak yaitu Kromatografi Gas dengan detektor Ionisasi Flame (GC-FID).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain dan rancang bangun prototipe fotobioreaktor ISACS

Desain fotobioreaktor ISACS ini telah dikembangkan oleh tim peneliti SBRC IPB sejak tahun 2008. Pengembangan yang dilakukan pada tahun 2008 masih memiliki banyak kelemahan antara lain keberadaan area tertutup yang menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam sistem fotobioreaktor. Pada kegiatan penelitian tahun ke 2 ini dilakukan pengembangan fotobioreaktor ISACS (*Integrated System for Algae Cultivations*) yang lebih baik dibandingkan penelitian yang dilakukan pada tahun 2008 tersebut. Fotobioreaktor ISACS ini dikembangkan untuk bisa menerima cahaya matahari lebih banyak sehingga

diharapkan proses fotosintesis dapat berlangsung di seluruh bagian fotobioreaktor. Dan tujuan akhirnya adalah peningkatan laju pertumbuhan mikroalga. Desain fotobioreaktor dapat dilihat pada Gambar 1 dan prototipe fotobioreaktor yang dikembangkan pada tahun 2008 ditunjukkan pada Gambar 2. Prototipe fotobioreaktor ISACS ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Desain fotobioreaktor ISACS.



Gambar 2. Prototipe fotobioreaktor I.



Gambar 3. Prototipe fotobioreaktor ISACS.

Pengembangan kultivasi mikroalga melalui pemanfaatan nutrien, suhu, cahaya dan CO₂ dengan menggunakan fotobioreaktor ISACS

Pengembangan ini dilakukan dengan menggunakan system terintegrasi dengan komputer. Pada sistem ini telah terdapat sensor cahaya dan suhu dimana sensor-sensor ini berguna untuk memantau kedua parameter tersebut selama dilakukan kultivasi. Pengontrolan dilakukan secara terus menerus dengan menggunakan komputer. Untuk memudahkan interaksi antara sistem dengan *user* atau operator maka dibuat program komputer sebagai GUI (*Graphical User Interface*), seperti pada Gambar 4. Gambar 5 menampilkan fotobioreaktor ISACS lengkap dengan sensor dan aliran gas CO₂.



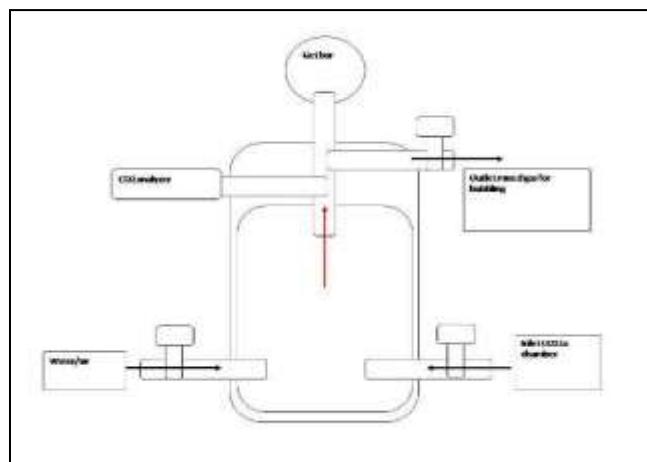
Gambar 4. GUI (Graphical User Interface).



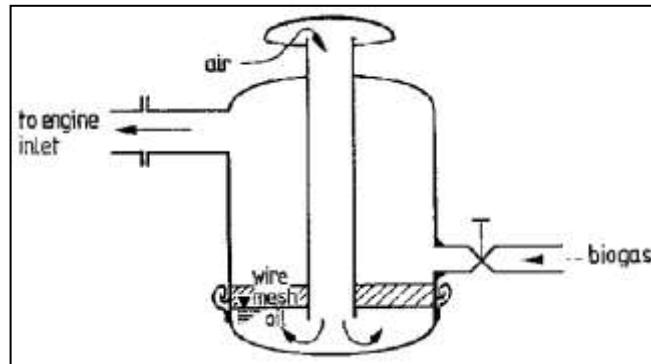
Gambar 5. Rancang bangun fotobioreaktor ISACS dilengkapi sensor dan aliran gas CO₂.

Rancang bangun *mixing chamber* untuk pemanfaatan CO₂

Mixing chamber ini dirancang untuk mendukung efektivitas injeksi gas CO₂ secara teratur untuk kultivasi mikroalga skala laboratorium. *Mixing chamber* digunakan bersamaan dengan blower udara atau aerasi sehingga proses percampuran antara oksigen dengan karbondioksida bisa terjadi dengan baik. *Mixing chamber* dapat diisi dengan gas CO₂ yang bertekanan hingga mencapai 8 bar. *Mixing chamber* ini terdiri dari 8 pasang input dan output untuk aliran masuk dan keluar campuran antara gas CO₂ dan udara bebas. *Mixing chamber* juga dilengkapi dengan kompressor sebagai alat untuk memasukkan udara bebas ke dalamnya. Desainnya dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Sedangkan hasil rancang bangun prototype *mixing chamber* ditampilkan pada gambar 8 dan 9.



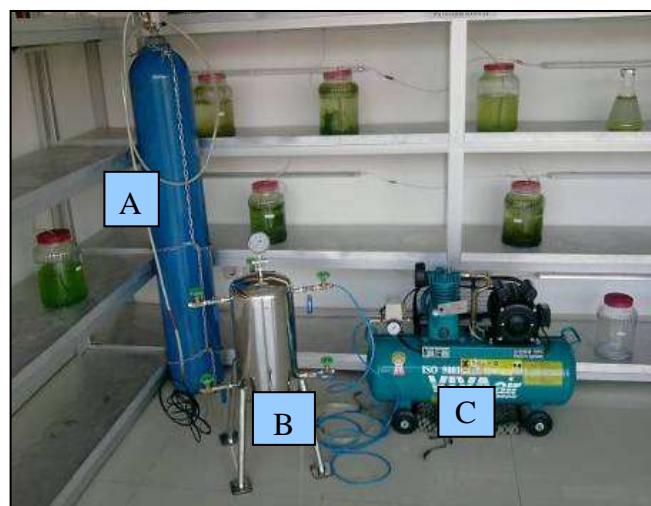
Gambar 6. Skema rancang bangun *mixing chamber* bagian luar.



Gambar 7. Skema rancang bangun *mixing chamber* bagian dalam.



Gambar 8. Rancang bangun *mixing chamber*.



Gambar 9. *Mixing chamber* beserta perlengkapannya (A: Tabung CO₂ murni; B: *Mixing chamber*; C : kompressor).

Kultivasi mikroalga *Scenedesmus vacuolatus* dengan perlakuan pemiskinan nutrien

Hasil pengamatan kultivasi mikroalga *Scenedesmus vacuolatus* dengan perlakuan pemiskinan nutrien dapat dilihat pada Tabel 1.

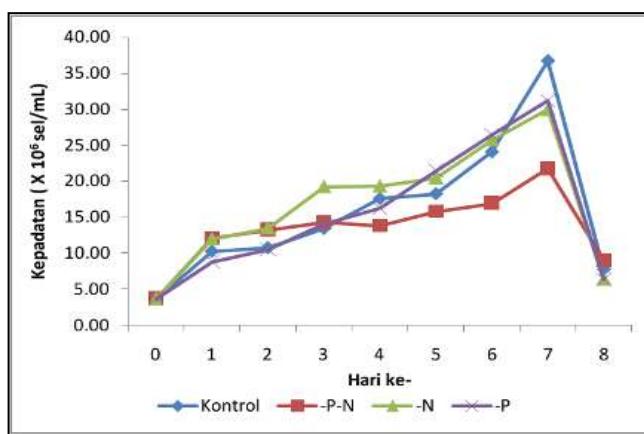
Tabel 1. Kepadatan sel *Scenedesmus vacuolatus* pada perlakuan pemiskinan nutrien.

Hari	Kontrol		-N		-P		-P-N	
	Kepadatan (x10 ⁶ sel/mL)	μ (/hari)						
0	3.67		3.67		3.67		3.67	
1	10.25	1.0280	12.00	1.1856	8.83	0.8792	12.08	1.1925
2	10.75	0.0476	13.50	0.1178	10.50	0.1728	13.25	0.0922
3	13.42	0.2216	19.25	0.3548	14.08	0.2936	14.25	0.0728
4	17.58	0.2705	19.33	0.0043	16.25	0.1431	13.83	-0.0297
5	18.25	0.0372	20.50	0.0586	21.50	0.2800	15.75	0.1298
6	24.08	0.2774	25.75	0.2280	26.50	0.2091	16.92	0.0715
7	36.75	0.4226	30.00	0.1528	31.25	0.1649	21.75	0.2513
8	7.75	-1.5564	6.42	-1.5423	6.33	-1.5962	9.00	-0.8824
Rata -rata		0,3293		0,3003		0,3061		0,2543

Dari tabel diatas secara umum dapat dilihat bahwa pertumbuhan *Scenedesmus vacuolatus* setelah diberi perlakuan pemiskinan nutrien, terjadi peningkatan kepadatan sel dimulai dari hari ke 1 sampai hari ke 7 dan menurun saat mencapai hari ke 8. Hal ini terjadi pada setiap perlakuan baik tanpa komponen N, komponen P serta komponen N dan P. Pada kultivasi kontrol, kepadatan sel mikroalga meningkat dimulai dari hari ke 1 sampai hari ke 7. Pada perlakuan tanpa komponen N dan P, terlihat bahwa pada hari ke 4 terjadi penurunan kepadatan sel yang diikuti peningkatan kembali di hari ke 5 sampai hari ke 7. Gambar 10 menunjukkan grafik hasil kultivasi *Scenedesmus vacuolatus* dengan perlakuan pemiskinan nutrien.

Jika dilihat pada Gambar 10, maka grafik yang paling stabil dan terus meningkat adalah kultivasi *Scenedesmus vacuolatus* sebagai kontrol. Untuk perlakuan nutrien, diantara tiga perlakuan yang paling stabil adalah tanpa komponen P (fosfat). Pada grafik juga terlihat bahwa kultivasi *Scenedesmus vacuolatus* tanpa pemberian nutrien komponen N dan P memiliki kepadatan sel yang paling rendah diantara 3 perlakuan yang ada. Hal ini bisa dijadikan indikator

bahwa media *Scenedesmus vacuolatus* yang kekurangan komponen N dan P dapat menurunkan produktivitas *spesies tersebut* dalam pertumbuhan sel secara maksimal sehingga kepadatannya menjadi lebih sedikit dibandingkan media *Scenedesmus vacuolatus* yang hanya kekurangan komponen N atau komponen P. dari hasil penelitian ini bisa dikatakan bahwa mikroalga membutuhkan asupan nutrien penting untuk pertumbuhan sel-selnya, dalam hal ini adalah senyawa Nitrogen dan Fosfat. Keduanya dapat dikatakan sebagai komponen mayor atau utama untuk pertumbuhan mikroalga.



Gambar 10. Kepadatan *Scenedesmus vacuolatus* pada perlakuan pemiskinan nutrien.

Dari grafik tersebut juga bisa dilihat bahwa pertumbuhan *Scenedesmus vacuolatus* tanpa komponen N lebih tinggi kepadatan selnya dibandingkan dengan pertumbuhan *Scenedesmus vacuolatus* tanpa komponen P. namun pada hari ke 5 sampai hari ke 7, kepadatan sel *Scenedesmus vacuolatus* tanpa komponen P menjadi lebih tinggi dibandingkan tanpa komponen N. hal ini menunjukkan bahwa kedua komponen N dan P sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga, dalam hal ini komponen N dibutuhkan terlebih dulu pada awal-awal pertumbuhannya, lalu komponen P dibutuhkan pada akhir-akhir pertumbuhannya.

Kultivasi mikroalga *Scenedesmus vacuolatus* dengan perlakuan perbedaan laju alir gas CO₂

Hasil pengamatan kultivasi mikroalga *Scenedesmus vacuolatus* dengan perlakuan perbedaan laju alir gas CO₂ dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 3 menunjukkan kisaran pH dan salinitas selama dilakukan kultivasi mikroalga.

Tabel 2. Kepadatan sel *Scenedesmus vacuolatus* pada perlakuan perbedaan laju alir gas CO₂

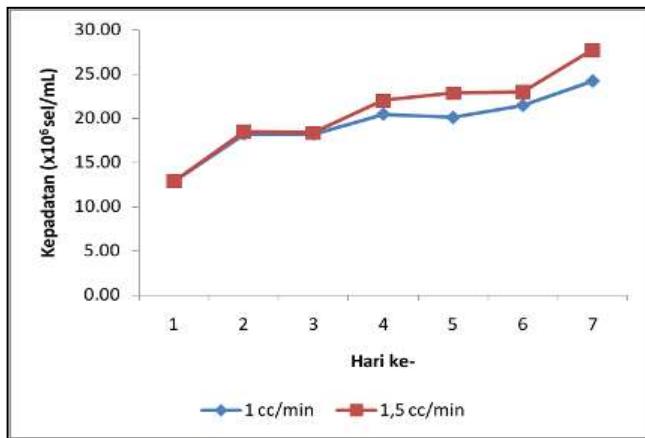
Hari ke-	1 cc/min		1,5 cc/min	
	Kepadatan (x 10 ⁶ cell/mL)	μ (/h)	Kepadatan (x 10 ⁶ cell/mL)	μ (/h)
1	12.88	-	12.88	-
2	18.25	0.3489	18.50	0.3625
3	18.25	0.0000	18.38	-0.0068
4	20.50	0.1163	22.00	0.1801
5	20.13	-0.0185	22.88	0.0390
6	21.50	0.0661	23.00	0.0054
7	24.25	0.1204	27.75	0.1877
Rata-rata		0,1055		0,1280

Tabel 3. Kisaran pH dan salinitas pada kultivasi mikroalga dengan perlakuan beda laju alir gas CO₂

Hari ke-	1 cc/min		1,5 cc/min	
	pH	Salinitas	pH	Salinitas
1	5.3	28	5.2	28
2	5.3	32	5.2	30
3	4.9	32	5	32
4	5	32	4.9	32
5	5	32	4.9	32
6	5.3	35	5.4	35
7	5.4	35	5.4	35

Dari tabel 2 secara umum dapat dilihat bahwa pertumbuhan *Scenedesmus vacuolatus* setelah diberi perlakuan perbedaan laju alir gas CO₂, terjadi peningkatan kepadatan sel dimulai dari hari ke 1 sampai hari ke 7. Hal ini terjadi pada setiap perlakuan baik laju alir gas 1 cc/menit dan 1,5 cc/menit. Kepadatan sel *Scenedesmus vacuolatus* yang dikultivasi dengan laju alir gas CO₂ sebanyak 1 cc/menit lebih rendah nilainya dibandingkan dengan kepadatan sel mikroalga yang dikultivasi dengan laju alir gas CO₂ sebanyak 1,5 cc/menit.

Dari tabel 3, dapat dilihat kisaran pH dan salinitas selama kultivasi dilakukan masih termasuk normal yakni berkisar antara 4,9-5,4 untuk pH sedangkan 28-32 % untuk salinitas. Pada kedua perlakuan tersebut kisaran pH dan salinitas tidak terlalu banyak berbeda. Gambar 11 menunjukkan grafik hasil kultivasi *Scenedesmus vacuolatus* dengan perlakuan perbedaan laju alir gas CO₂.



Gambar 11. Kepadatan *Scenedesmus vacuolatus* pada perlakuan perbedaan laju alir gas CO₂.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa terjadi kepadatan yang mirip dimulai hari ke-1 hingga hari ke-3 pada kedua laju alir gas CO₂. Namun setelah menginjak hari ke-4 hingga hari ke-7, kepadatan sel *Scenedesmus vacuolatus* pada laju alir 1,5cc/menit mulai lebih tinggi dibandingkan dengan laju alir gas CO₂ 1 cc/menit. Hal ini menunjukkan semakin tinggi masukan gas CO₂ ke media tumbuh mikroalga, semakin tinggi juga kemungkinan mikroalga untuk bertumbuh lebih cepat. Perlakuan beda laju alir ini juga menunjukkan bahwa mikroalga mampu menyerap dan memanfaatkan gas CO₂ yang semakin cepat masuk ke dalam media tumbuhnya. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa mikroalga merupakan salah satu pengguna gas CO₂ yang bisa dipertimbangkan dapat mengurangi kadar CO₂ yang ada di permukaan atmosfer Bumi.

Pada penelitian ini didapatkan rata-rata laju pertumbuhan spesifik dari kedua perlakuan sebesar 0,1055/hari (1cc/menit) dan 0,1280/hari (1,5cc/menit). Angka laju pertumbuhan spesifik ini didukung oleh pernyataan dari hasil penelitian yang dilakukan Widjaja (2009) dengan beberapa perbedaan laju alir gas CO₂ yang mendapatkan bahwa pertambahan laju alir gas CO₂ sampai 50 mL/menit mampu meningkatkan pertumbuhan mikroalga dengan cepat.

Karakterisasi kandungan asam lemak/lipid mikroalga hasil uji coba kultivasi dengan injeksi gas CO₂

Dari hasil analisis injeksi Kromatografi Gas yang telah dilakukan, diketahui bahwa kandungan senyawa asam lemak *Scenedesmus vacuolatus* berkisar antara

0,10 – 37,67% setelah dilakukan uji coba injeksi gas CO₂ selama 7 hari kultivasi. Pada hasil penelitian tahun ke-1 (uji coba kultivasi tanpa perlakuan) dalam spesies *Scenedesmus vacuolatus* terkandung senyawa asam lemak dalam kisaran senyawa asam lemak antara 0,07-35,52% dengan konsentrasi tertinggi dimiliki oleh vinil laurat. Kedua hasil tersebut jika dibandingkan satu sama lain dapat mengungkapkan bahwa mikroalga yang dikultivasi dengan memanfaatkan injeksi gas CO₂ murni secara langsung dapat mempengaruhi kadar atau konsentrasi senyawa asam lemak yang diproduksi oleh spesies mikroalga *Scenedesmus vacuolatus*. Dari hasil tersebut terlihat bahwa *Scenedesmus vacuolatus* sesudah dikultivasi dengan asupan gas CO₂ memiliki konsentrasi asam lemak lebih tinggi dibandingkan *Scenedesmus vacuolatus* yang dikultivasi tanpa menggunakan gas CO₂. CO₂ berperan penting dalam proses fotosintesis mikroalga untuk melakukan perbanyak sel tubuhnya. Oleh karena itu, semakin besar kadar CO₂ yang ada di media mikroalga, maka akan semakin mudah proses fotosintesis terbentuk dan semakin mudah mikroalga tersebut memperbanyak selnya.

Karakterisasi kandungan protein mikroalga hasil uji coba kultivasi dengan injeksi gas CO₂

Setelah dilakukan kultivasi dengan menggunakan gas CO₂ pada *Scenedesmus vacuolatus* dan dianalisis, sel tubuh mikroalga tersebut mengandung kadar protein sebesar 2,03%. Jika dibandingkan dengan hasil analisis yang didapat pada penelitian yang dilakukan sebelumnya (tahun ke-1), *Scenedesmus vacuolatus* mengandung protein yang cukup tinggi yakni sebesar 35,48%. Angka yang diperoleh mengalami penurunan yang cukup drastis. Hal ini diduga berkaitan dengan masukan gas CO₂ selama kultivasi. Menurut hasil penelitian Chinnasamy et al. (2009), didapat bahwa terjadi peningkatan kadar protein dari 39,8% menjadi 40,8% setelah dilakukan uji coba kultivasi mikroalga jenis *Chlorella vulgaris* dengan menggunakan gas CO₂ pada tekanan standart dan berelevasi. Dari hasil analisis ini, dapat dikatakan bahwa gas CO₂ yang diinjeksikan ke media kultivasi *Scenedesmus vacuolatus* belum terbukti bisa meningkatkan kandungan protein dalam sel mikroalga.

Karakterisasi kandungan karbohidrat mikroalga hasil uji coba kultivasi dengan injeksi gas CO₂

Pada hasil penelitian ini didapatkan hasil analisis kandungan karbohidrat sebesar <0,05% dimana angka tersebut bisa dikatakan tidak terdeteksi. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian tahun sebelumnya (tahun ke-1), angka tersebut lebih rendah dimana konsentrasi karbohidrat sebesar 0,34%. Menurut hasil penelitian yang dilakukan Chinnasamy *et al.* (2009), kadar karbohidrat yang dikandung oleh mikroalga *Chlorella vulgaris* mengalami peningkatan dari 33% menjadi 37,8% setelah dilakukan kultivasi dengan memberikan injeksi gas CO₂ pada tekanan standard dan terelevasi. Dari hasil analisis ini, dapat dikatakan bahwa gas CO₂ yang diinjeksikan ke media kultivasi *Scenedesmus vacuolatus* belum terbukti bisa meningkatkan kandungan karbohidrat dalam sel mikroalga.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan perlakuan pemiskinan nutrien mikroalga, dapat disimpulkan bahwa mikroalga yang dikultur dengan perlakuan nutrien tanpa komponen N dan P sekaligus memiliki kepadatan sel yang paling rendah diantara perlakuan pemiskinan nutrien yang lain. Untuk hasil percobaan perlakuan beda laju alir gas CO₂, dapat disimpulkan bahwa mikroalga yang dikultur pada laju alir gas CO₂ 1,5 cc/menit memiliki angka kepadatan sel lebih tinggi dibandingkan dengan mikroalga pada laju alir gas CO₂ 1 cc/menit. Kedua percobaan tersebut bisa membuktikan bahwa mikroalga membutuhkan komponen nutrien utama juga masukan gas CO₂ yang dicampur dengan udara bebas dalam *mixing chamber* dengan laju alir yang terkontrol untuk memaksimalkan pertumbuhan selnya. Hasil analisis kandungan asam lemak pada mikroalga setelah dikultur menggunakan gas CO₂ memiliki persentase yang lebih tinggi dibandingkan dengan kultur mikroalga biasa. Namun tidak demikian dengan kandungan protein dan karbohidrat mikroalga setelah dikultur dengan menggunakan gas CO₂. Konsentrasi kedua senyawa tersebut ditemukan lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil analisis yang telah dilakukan pada tahun pertama pada mikroalga yang dikultur tanpa masukan gas CO₂. Hal ini diduga disebabkan oleh kurangnya masukan gas CO₂ yang belum diserap secara maksimal oleh mikroalga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini bisa dilakukan atas bantuan dana dari Program Insentif Dalam Peningkatan Kapasitas Sistem Produksi dan IPTEK dari Kementerian Riset dan Teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bligh,E.G. and Dyer,W.J. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can.J.Biochem.Physiol.* 37:911-917
- Chinnasamy S., B. Ramakrishnan, A. Bhatnagar and K. C. Das. 2009. Biomass Production Potential of a Wastewater Alga *Chlorella vulgaris* ARC 1 under Elevated Levels of CO₂ and Temperature. *Int. J. Mol. Sci.* 10: 518-532.
- Dayananda, C.; Sarada, R.; Bhattacharya, S. And Ravishankar, G.A. 2005. Effect of media and culture condition on growth and hydrocarbon production by *Botryococcus braunii*. *Process Biochem.* 40(9): 3125-3131.
- Krichnavaruk, S., Worapanne, L., Sorawit, P. dan Prasert, P. 2004. Optimal Growth Condition and The Cultivation of *Chaetoderos calcitrans* in Airlift Photobioreactor. *Chemical Engineering.* 105: 91-98.
- Widjaja, A. 2009. Lipid Production From Microalgae As A Promising Candidate For Biodiesel Production. *Makara, Teknologi.* 13(1): 47-51.

PERENCANAAN KEBUN WISATA PERTANIAN GUNUNG LEUTIK CIAMPEA BOGOR

(Planning of Agrotourism Park in Gunung Leutik Ciampela Bogor)

Nizar Nasrullah¹⁾, Afra D.N. Makalew¹⁾, Dewi Sukma²⁾, Tati Budiarti¹⁾

¹⁾Dep. Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, IPB

²⁾Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB

ABSTRAK

Lahan di sekitar Gunung Leutik dengan luas 41.4 ha direncanakan menjadi Kebun Wisata Pertanian yang disebut Kebun Wisata Gunung Leutik (KWG). Tapak ini merupakan lahan Pesantren Pertanian Darul Fallah dan lahan masyarakat Gunung Leutik, Desa Benteng Kecamatan Ciampela Bogor. Unit-unit usaha tani yang telah ada dalam tapak dijadikan objek wisata. Pada lahan pesantren terdapat unit usaha yang terdiri atas pembibitan tanaman; peternakan sapi perah, sapi potong dan kambing perah PE.; budiaya ikan air tawar, pengolahan yoghur, dan pabrik pupuk kandang granular; sedang pada Kampung Gunung Leutik terdapat persawahan untuk padi dan tanaman palawija; dan tegalan untuk kebun sayur dan buah. Pada lahan yang masih belum diusahakan pada lahan pesantren direncanakan objek wisata baru yang terdiri atas blok tanaman buah Rambutan, Jambu Biji Merah, Jambu Kristal, Jambu Bol, dan Pepaya. Selain itu dalam tapak direncanakan dua area untuk taman yang di peruntukkan untuk kegiatan wisata non pertanian seperti untuk piknik dan kegiatan kelompok bagi pengunjung. Kebun direncanakan dilengkapi fasilitas pelayanan wisata seperti tempat parkir, plaza, shelter, toko, kios souvenir, kantin, mosholla dan toilet. Antar tiap ruang dalam tapak dihubungkan dengan jalur sirkulasi untuk pemeliharaan dan tour dalam kebun. Paket wisata di dalam kebun direncanakan berupa tour kebun untuk interpretasi unit-unit usaha pertanian, paket panen dan menikmati hasil kebun, dan paket pelatihan pertanian.

Kata kunci: Rekreasi, agrowisata, objek wisata, fasilitas pelayanan, paket wisata.

ABSTRACT

Site in Gunung Leutik and their surrounding (41.4 ha) were planned as agro tourism park that named as Gunung Leutik Agrotourism Park. Site owned by Darul Fallah Agricultural Boarding School and the farmer community in Gunung Leutik village, Ciampela Bogor. Existing farms in the site will be used as tourism attractions. In the boarding shchool campus various farm units running commercially including plant nursery, dairy cow, cattle, and PE dairy lamb farm, fresh water fishery, yoghurt processing, and granules organic fertilizer plant. Rice field for paddy and after paddy crops, and mixed fruits and vegetable farm dominated land in Gunung Leutik Village. Land suitability analysis showed that unutilized/bare land in boarding shcool area is suitable for perennial fruits plants. Therefore in that bare land will be planted with Rambutan, Red Guava, Seedless Guava, Jambu Bol and Papaya. In the park, two common parks will be provided for picnic and visitor gathering area. Park will be planned to provide good service facilities such as parking lots, plaza, shelter, shouvenir shop, cafeteria, musholla and toilets. Each block in the park will be connected with circulation path for park touring, and park maintenance. It is planned to provide recreation programmes that visitor can appreciate all farm unit, and promote agricultural training programme.

Keywords: Recreation, agrotourism, tourism object, service facilities, tourism package.

PENDAHULUAN

Rutinitas hidup sehari-hari memberi tekanan terhadap fisik dan mental. Untuk mengembalikan kondisi fisik dan mental, maka rekreasi diperlukan manusia. Melalui rekreasi ditemukan kesenangan dan kegembiraan (Kraus, 1977).

Rekreasi dapat dilakukan pada area publik terdekat seperti taman kota di sekitar permukiman atau ketempat yang lebih jauh. Rekreasi yang disertai perjalanan dikenal sebagai kegiatan wisata (Weaver 2001). Wisata pertanian merupakan salah satu alternatif wisata bagi masyarakat kota. Wisata ini menjadikan lahan usaha pertanian menjadi objek yang dinikmati (Tirtawinata dan Fachruddin (1996). Usaha pertanian mencakup ragam yang luas, sehingga objek wisata pertanian juga beragam, mencakup pertanian tanaman pangan, perkebunan, peternakan, perikanan, dan pengolahan hasil pertanian.

Untuk pengembangan wisata, penyiapan tempat tujuan (destination environment) sangat menentukan (Mason 2003). Dalam hal ini pada tempat tujuan wisata tersedia (1) pelayanan dan fasilitasnya, dan (2) atraksi atau sesuatu yang akan dilihat pengunjung seperti kekayaan budaya, bangunan, dan tampilan alam.

Dalam perancangan taman publik (park) terdapat 3 prinsip perancangan yang perlu diterapkan (Dahl and Molnar, 2003), yaitu (1) semua elemen lanskap harus mempunyai maksud, (2) perancangan ditujukan untuk manusia sebagai pengguna, dan (3) terpenuhi persyaratan baik untuk fungsi maupun keindahan. Oleh karena itu objek wisata pertanian akan menarik, selain ditunjukkan oleh usaha pertanian *on farm* atau *off farm*, penataan lanskap lahan pertanian perlu dilakukan agar dihasilkan lanskap yang memberikan kenyamanan, keindahan dan fungsional menyediakan ruang dan fasilitas untuk pelayanan rekreasi.

Pada lahan di sekitar Gunung Leutik Desa Benteng Kecamatan Ciampaea Kabupaten Bogor terdapat beragam usaha pertanian yang dikelola oleh Pesantren Pertanian Darul Fallah, dan masyarakat Kampung Gunung Leutik. Dengan akses yang mudah ke lokasi, maka area di sekitar Gunung Leutik tersebut dapat dikatakan berpotensi dikembangkan menjadi tujuan wisata pertanian. Mengingat Gunung Leutik sebagai *landmark*, maka area yang dikembangkan dinamakan Kebun Wisata Pertanian Gunung Leutik (KWG).

Penelitian bertujuan untuk menyusun rencana pengembangan Kebun Wisata Gunung Leutik yang dikelola sendiri oleh petani dengan memanfaatkan beragam usaha pertanian yang telah berjalan, dan usaha pertanian baru yang sesuai dengan potensi lokasi sebagai objek wisata, dilengkapi dengan fasilitas pelayanan wisata dalam suasana landskap pertanian dan pedesaan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Gunung Leutik dan lahan sekitarnya dengan luas 41.4 ha. Lahan ini mencakup lahan Pesantren Pertanian Darul Fallah (PPDF) yang selanjutnya disebut pesantren, dan lahan pertanian di sekitar pesantren pada Kampung Gunung Leutik Desa Benteng Kecamatan Ciampea Kabupaten Bogor (Gambar 1).

Pelaksanaan Penelitian

Perencanaan lanskap ini dilaksanakan mengikuti tahapan perencanaan tapak menurut Simond (1983) yang terdiri atas 4 tahap, yaitu tahap (1) Persiapan, (2) Research (inventarisasi), (3) Analisis tapak, (4) Sintesis (Perencanaan).

Pada tahap persiapan dilakukan pengumpulan data dan peta yang dimiliki pemilik lahan dan pada sumber lainnya. Pada tahap research dilakukan pemetaan topografi, struktur terbangun, dan vegetasi. Evaluasi kesesuaian lahan dilakukan menurut metode FAO 1976. Untuk itu diambil sample tanah 4 titik pada lahan pesantren, dan 2 titik pada lahan pertanian Kampung Gunung Leutik. Pengambilan jumlah sampel berdasarkan kedalaman perakaran tanaman pertanian yaitu 0-30 cm sampai pada kedalaman 60 cm.

Untuk melihat kualitas air diambil sample air pada 1 titik sumber air dalam area pesantren. Untuk mengetahui usaha tani yang telah terbangun dalam tapak, dilakukan wawancara, dan FGD dengan pengelola pesantren dan kelompok tani yang terdapat pada Kampung Leutik.

Pada tahap analisis dilakukan analisis untuk mengetahui potensi dan kendala untuk pengembangan tapak sebagai tempat rekreasi. Dalam hal ini dilakukan

analisis kesesuaian lahan untuk tanaman yang dapat dikembangkan. Pada tahap sintesis/perencanaan dibuat siteplan pemanfaatan seluruh lahan yang mencakup unit usaha pertanian sebagai objek wisata, jalur sirkulasi, fasilitas dan utilitas yang diperlukan untuk kegiatan unit-unit usaha dan pelayanan wisata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi dan analisis Tapak

Lokasi Perencanaan dan Aksessibilitas

Peta lokasi tapak disajikan pada Gambar 1. Tapak perencanaan Kebun Wisata Gunung Leutik (KWG) adalah lahan pada Gunung Leutik dan lahan di sekitarnya. Tapak terletak di Desa Benteng, Kecamatan Ciampea Bogor yang terletak pada 2 RW yaitu di RW04 dan RW05. Tapak dengan luas 41.4 ha dibagi dalam 3 unit. Unit I dengan luas 11.8 ha merupakan area pendidikan dan pemukiman pesantren. Unit II dengan luas 15.1 ha merupakan lahan usaha pesantren, dan Unit III merupakan lahan pertanian dan perumahan di Kampung Gunung Leutik. Unit II, dan III menjadi area pengembangan objek wisata, sedang unit I digunakan sebagai pendukung kegiatan wisata seperti digunakan untuk parkir kendaraan. Tapak dapat dicapai dari Jalan Raya Bogor – Ciampea KM 12. Dari jalan raya ke lokasi hanya berjarak 500 m.

Topografi dan Kemiringan Lahan

Peta Topografi disajikan pada Gambar 2 dan klasifikasi kemiringan lahan pada Tabel 1. Tapak memiliki bentukan lahan yang beragam dari datar, bergelombang sampai berbukit, dengan ketinggian antara 156–188 m dpl. Titik tertinggi pada puncak Gunung Leutik dan terendah pada Sungai Ciampea yang mengalir di tengah tapak.

Lahan datar dan landai terutama terdapat pada lahan pada Unit I dan pada Unit III sedang lahan bergelombang dan curam banyak terdapat pada unit II. Keragaman bentukan lahan seperti bukit, sungai, dan area pertanian memberi keragaman view objek wisata. Sebaliknya konservasi lahan dan perhatian terhadap keselamatan pengunjung menjadi penting dalam pengembangan lahan menjadi tempat wisata.

Tabel 1. Luas dan persentase kemiringan lahan tiap unit dalam lokasi perencanaan.

Persentasi Kemiringan	Jenis kemiringan	Unit 1 (m ²)	Unit 2 (m ²)	Unit 3 (m ²)	Total (m ²)	%
0-3	Datar	63,050	3,018	27,485	93,553	22.6
3-8	Landai	5,065	12,329	72,404	89,798	21.66
8-15	Bergelombang	12,251	65,904	25,049	103,204	24.89
15-25	Agak Curam	11,425	35,418	19,479	66,349	16.00
25-35	Curam	9,263	29,286	889	39,438	9.51
> 35	Sangat Curam	17.173	4,946	43	22,162	5.34
Total		118,254	150,901	145,349	414,504	100



Gambar 1. Peta lokasi tapak.

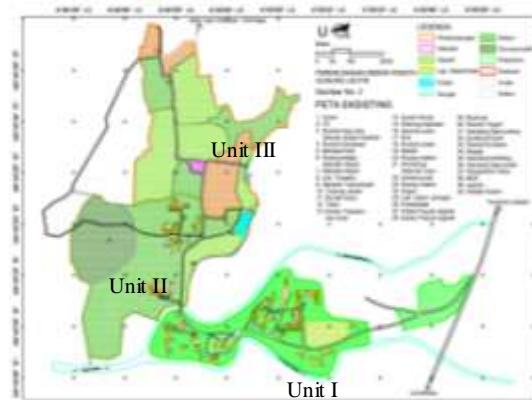


Gambar 2. Peta topografi tapak.

Penggunaan Lahan dan Vegetasi

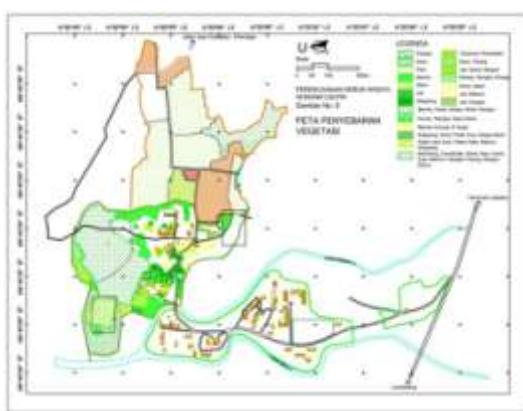
Penggunaan lahan existing disajikan pada Gambar 3. Pada unit I terdapat fasilitas pendidikan dan pemukiman pesantren. Pada unit I terdapat aula, gedung training center dan lapangan bola yang sewaktu-waktu dapat digunakan untuk

kegiatan pelayanan wisata. Pada unit II digunakan untuk unit usaha pesantren yang akan dijadikan objek wisata, meliputi pembibitan tanaman yang dilengkapi dengan laboratorium kultur jaringan, peternakan sapi perah, kambing perah dan sapi potong, kolam budidaya ikan, dan kebun rumput pakan.



Gambar 3. Peta penggunaan lahan eksisting.

Penyebaran vegetasi disajikan pada Gambar 4. Bambu menyebar sepanjang lereng tebing sungai. Pada unit I pohon Kelapa Sawit, kayu putih, Krey Payung, Mlinjo, Akasia, Glodogan Tiang dan Pinus banyak ditemukan pada tanaman tepi jalan. Pada unit II, sengon merupakan tanaman utama yang ditanam pada Gunung Leutik, selebihnya masih ditumbuhi semak belukar, sedang pada bagian timur terdapat rawa yang ditumbuhi tanaman kirai. Unit III digunakan sebagai pesawahan, tegalan dan pemukiman.



Gambar 4. Peta penyebaran vegetasi eksisting.

Iklim

Berdasar data BMG Darmaga Bogor, data kurun waktu 5 tahun 2005-2009 (Tabel 2), data rata-rata bulanan di kawasan menunjukkan curah hujan 226-332 mm, curah hujan harian 7.5-11.0 mm, suhu udara maksimum mencapai 31.7 °C, suhu minimum 22.3°C, kelembaban relatif udara mencapai 83%, kecepatan angin 2.4 knot, penguapan 4.0 mm. Menurut Laurie (1990) zona nyaman berada pada suhu 15-27 °C dan RH 40-75%. Dengan demikian suhu maksimum dan kelembaban relatif udara pada tapak berada pada zona tidak nyaman. Penambahan populasi pohon dalam kawasan dapat menurunkan suhu, namun meningkatkan kelembaban udara (Ugit, Nasrullah, dan Sulistyantara, 2010).

Tabel 2. Rata-rata unsur iklim di kawasan perencanaan dari 2005 sampai 2009.

Unsur Iklim (rata-rata)	2005	2006	2007	2008	2009	Rata2
Suhu Maks (°C)	31,5	32,1	31,5	31,3	32,0	31.7
Suhu Min (°C)	22,7	22,3	22,3	21,9	22,5	22.3
Kelembaban Relatif (%)	84,8	81,2	83,6	84,2	81,1	83.0
Kecepatan Angin (Knot)	1,9	2,5	2,5	2,5	2,5	2.4
Penguapan (mm)	4,0	4,1	3,9	3,8	4,0	4.0
Curah Hujan bulanan (mm)	267	252	332	304	226	276

Sumber: Diolah dari data : BMKG Darmaga Bogor (2005-2009).

Hidrologi dan Kualitas Air

Dalam tapak terdapat Sungai Cinangneng yang mengalir di tengah pesantren dan Sungai Ciampea pada batas barat tapak. Pada batas timur lahan Unit II terdapat anak sungai yang bermuara ke Sungai Cinangneng. Data hasil analisis contoh air yang berasal dari aliran sungai Cinangneng disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah anion dan kation (mg/L air bebas lumpur) contoh air sungai cinangneng.

Kation	NH4 0.02	K 0.01	Ca 0.30	Mg 0.14	Na 0.34	Fe 0.00	Al 0.02	Mn 0.00	Jumlah 0.84
Anion	NO3 0.11	PO4 0.13	SO4 0.00	Cl 0.34	HCO3 0.29	CO3 0.00			Jumlah 0.87
Logam	Cu	Zn	B	Cd	Pb	Sn			
Berat	0.01	Td	0.03	-	-	-			
pH	6.2								
DHL	0.071	dsm							

Td = tidak terdeteksi

Jumlah kation dan anion dalam air yang dianalisis dalam keadaan bebas lumpur, menunjukkan kualitas fisik air masih baik secara visual masih sangat jernih. Kandungan lumpur 215 mg/l menunjukkan tingkat kekeruhan yang rendah. Konsentrasi Fe dan Mg tidak melebihi batas ambang untuk Fe 0.3 ppm dan untuk Mg 0.05 ppm, artinya masih aman digunakan sebagai air minum demikian juga untuk aktivitas pertanian, peternakan, maupun perikanan. Keasaman (pH) air contoh 6.2 bersifat agak masam. Daya hantar listrik (DHL) air 0.071 dsm, menunjukkan menunjukkan kondisi aman untuk pertumbuhan tanaman, aktivitas organisme lain.

Untuk peternakan, air diangkat dari anak sungai Cinangneng menggunakan pompa hidram. Air bersih dalam kawasan bersumber dari Water Treatment Plant (WTP) yang menggunakan air baku dari Sungai.

Geologi dan Tanah

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Bogor, maka tanah pada lokasi penelitian berasal dari aluvium gunung berapi berumur kuarter atau sedimentasi batuan beku atas yang tergolong masih muda (Qva). Berdasarkan Peta Tanah Semi Detail daerah Parung-Depok-Bogor-Ciawi (1979), jenis tanah yang terbentuk di lokasi adalah Latosol Coklat dan Latosol Coklat Kemerahan atau sepadan dengan ordo tanah Inceptisol. Latosol Coklat dijumpai pada tempat-tempat yang masih tertutup vegetasi pohon, sedangkan Latosol Coklat Kemerahan dijumpai pada lereng-lereng yang sudah terbuka maupun pada yang intensif digunakan untuk pertanaman lahan kering.

Analisis Kesesuaian lahan untuk pertanian

Berdasarkan variasi topografi dan kemiringan lereng lokasi, maka telah dianalisis 4 contoh sampel yang mewakili lereng atas (DF-I), lereng tengah (DF-II), dan lereng bawah (DF-III), serta pewakil dari pertanaman rumput ternak (DF-IV). Untuk contoh pewakil dari lahan kampung Gunung Leutik, variasi diperoleh berdasarkan lahan basah/sawah (GL-I) dan lahan kering/ladang (GL-II) di kampung Gunung Leutik. Data hasil analisis sampel tanah pada Laboratorium Tanah dapat ditentukan kesesuaian lahan untuk beberapa komoditi pertanian.

Pilihan Tanaman Pertanian yang Sesuai

Berdasarkan hasil analisis tanah ditambah dengan faktor iklim dan lingkungan lainnya maka analisis atau evaluasi lahan dapat dilaksanakan sesuai dengan tujuan penggunaan. Pada penelitian ini penggunaan lahan untuk pertanian yang akan dikembangkan dalam perencanaan wisata pertanian adalah untuk tanaman lahan basah (padi), lahan kering (palawija dan sayuran), serta untuk perkebunan hortikultura. Hasil evaluasi kesesuaian lahan disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 5 dan 6.

Tabel 4. Kesesuaian lahan aktual untuk tanaman padi sawah.

Parameter/Kualitas	Titik Sampling					
	DF I	DF II	DF III	DF IV	GL I	GL II
Media Perakaran:						
Kedalaman efektif	S3	S2	S1	S1	S1	S1
Kelas Besar Butir	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Batuan Permukaan	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Reaksi Tanah	S3	S3	S3	S3	S1	S1
Toksisitas	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Lereng	N	N	N	N	S1	S1
Ketinggian tempat	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Iklim	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Drainase,	S3	S3	S3	S2	S1	S2
Banjir dan genangan musiman	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Salinitas	S1	S1	S1	S1	S1	S1

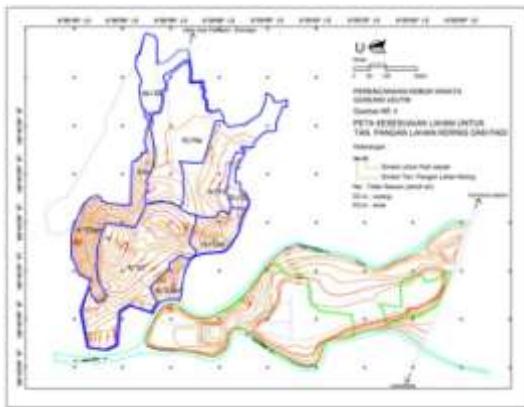
Keterangan: N : Tidak sesuai, S1 : Sangat Sesuai, S2: kesesuaian sedang, S3: sesuai marjinal.

Tabel 5. Kesuaian lahan untuk tanaman pangan lahan kering/palawija/sayuran

Parameter/Kualitas	Titik Sampling					
	DF I	DF 2	DF III	DF IV	GL I	GL II
Media Perakaran:						
Kedalaman efektif	S3	S2	S1	S1	S1	S1
Kelas Besar Butir	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Batuan Permukaan	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Reaksi Tanah	S3	S3	S3	S3	S2	S2
Toksisitas	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Lereng	N	N	S3	S1	S1	S1
Ketinggian tempat	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Erodibilitas	N	N	S2	S1	S1	S1
Iklim	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Drainase	S3	S3	S3	S2	S2	S2
Banjir dan genangan musiman	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Salinitas	S1	S1	S1	S1	S1	S1

Keterangan, N : Tidak sesuai, S1: Sangat Sesuai, S2: kesesuaian sedang, S3: sesuai marjinal

Lokasi kampung Gunung Leutik yang didominasi daerah datar sangat cocok untuk pengembangan tanaman padi terutama yang terletak mendekati aliran sungai sebagai sumber air. Kelas kesesuaian sedang (S2) untuk padi dijumpai di lokasi tertentu di dalam lokasi pesantren yakni GL II dan GL III. Daerah tersebut yakni di bagian bawah lereng yang kemiringannya 0 – 3%.



Gambar 5. Peta kesesuaian lahan untuk tanaman pangan lahan kering dan padi.



Gambar 6. Peta kesesuaian lahan untuk tanaman perkebunan dan kehutanan.

Secara aktual lokasi yang dapat dikembangkan untuk pertanian lahan kering dengan komoditas tanaman pangan, palawija, dan sayuran dapat dikembangkan di hampir semua lokasi baik di pesantren maupun dikampung Gunung Leutik, kecuali pada tempat-tempat yang berlereng >15% perlu dipertimbangkan. Namun potensi tetap ada apabila bisa dimodifikasi melalui pembuatan teras.

Tabel 6. Kesesuaian lahan untuk tanaman perkebunan/kehutanan.

No	Parameter/Kualitas	Titik Sampling					
		GL I	GL II	GL III	GL IV	GL V	GL VI
Media Perakaran:							
1	Kedalaman efektif	S3	S2	S2	S1	S1	S1
2	Kelas Besar Butir	S1	S1	S1	S1	S1	S1
3	Batuan Permukaan	S1	S1	S1	S1	S1	S1
4	Reaksi Tanah	S3	S3	S3	S3	S2	S2
5	Toksitas	S1	S1	S1	S1	S1	S1
6	Lereng	N	N	N	N	S1	S1
7	Ketinggian tempat	S1	S1	S1	S1	S1	S1
8	Erodibilitas	S3	S3	S1	S1	S1	S1
9	Iklim	S1	S1	S1	S1	S1	S1
10	Drainase	S1	S1	S2	S2	S2	S2
11	Banjir dan genangan musiman	S1	S1	S1	S1	S1	S1
12	Salinitas	S1	S1	S1	S1	S1	S1

Keterangan: N : Tidak sesuai, S1 : Sangat Sesuai, S2: kesesuaian sedang, S3: sesuai marginal

Untuk pengembangan tanaman perkebunan/kehutanan, kedalaman efektif dan kemiringan lereng merupakan kendala utama. Namun dengan manipulasi secara setempat dapat dilakukan melalui pembuatan lubang individu dengan penambahan bahan organik/kompos untuk memperbaiki drainase, serta pembuatan teras.

Aspek Sosial Ekonomi

Unit II terdapat unit-unit usaha pertanian yang dikelola pesantren. Pada Kampung Gunung Leutik terdapat Kelompok Tani Asih. Kelompok tani ini mengelola lahan persawahan untuk tanaman padi dan palawija, tegalan untuk sayuran dan tanaman buah, dan memproduksi berbagai bibit tanaman kehutanan. Selain itu terdapat kelompok tani Toga "Bina Sehat Lestari" yang memproduksi tanaman obat, dan produk herbal. Dalam FGD yang dilakukan kelompok tani ini merespon positif penggunaan lahannya untuk objek wisata pertanian.

View

Dalam tapak view alami yang menarik meliputi View Sungai Cinangneng dan sungai Ciampea, Gunung leutik dan hamparan persawahan (Gambar 7), sedang diluar tapak dapat dilihat Gunung Salak ke arah tenggara (Gambar 8),

Gunung Kapur Ciampea ke arah barat dan Kampung Gunung Leutik ke arah timur.



Gambar 7. View persawahan dikampung Gunung Leutik



Gambar 8. View Gunung Salak di lihat dari persawahan Kampung Gunung Leutik.

Rencana Pengembangan Kebun Sebagai Tempat Wisata Konsep Dasar Kebun

Berdasarkan potensi tapak, maka tapak akan dikembangkan menjadi kebun wisata pertanian dengan objek wisata mencakup unit-unit usaha pertanian tanaman, perikanan, peternakan, pengolahan hasil pertanian, dan kehutanan, dilengkapi dengan fasilitas pelayanan wisata dalam suasana lanskap pertanian dan pedesaan. Bentuk aktivitas wisata yang ditawarkan berfokus pada tour menikmati suasana pertanian, edukasi pertanian, menikmati produk pertanian, dan wisata umum.

Kebun direncanakan dilengkapi dengan fasilitas pelayanan wisata yang terdiri atas fasilitas parkir dan jalur sirkulasi untuk interpretasi dalam kebun, fasilitas istirahat, makan-minum, dan belanja produk dan souvenir. Secara lengkap rencana tapak (site plan) kebun wisata disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 9.

Tabel 7. Rencana penggunaan lahan untuk objek/fasilitas pelayanan wisata dan kegiatan wisata.

No	Lokasi	Nama Ruang	Nama Objek/ Fasilitas	Luas (m ²)	Kegiatan wisata
1	Unit I	Objek alami	Sungai		Wisata petualangan
		Welcome area	Lapangan bola		Tempat parkir bus
2	Unit II	Welcome area	Parkir, plaza, pendopo, kios souvenir, toko, toilet	8,864	Parkir, berkumpul, mendapatkan informasi, belanja bekal, belanja souvenir
		Pertanian tanaman	Lab. Kultur jaringan pembibitan	790	Mengamati, penanaman planlet
			Kebun buah (rencana)	1,522	Melihat keragaman bibit, pelatihan pembibitan
			Jambu bol	1,876	Melihat, memanen, memakan buah-buahan
			Jambu biji merah	4,680	Pelatihan pengelolaan kebun buah
			Jambu kristal	9,440	
			Rambutan	8,290	
			Pepaya	18,269	
		Peternakan	Ternak sapi perah	200	Melihat ternak sapi perah
			Sapi potong	768	Memberi pakan
3	Perikanan		Kambing perah	75	Main dengan anak sapi, kambing PE
			Unit pasteurisasi	257	Melihat proses pasteurisasi dan minum susu
			Instalasi biogas	28	Melihat instalasi, menggunakan biogas
			Pabrik pakan	80	Melihat pabrik pakan
			Pabrik pupuk organik granular	220	Melihat pabrik pupuk organik
			Kebun rumput	20,000	Menyaksikan, memanen rumput
			Pengolahan yogurt	168	Minum yogurt, pelatihan membuat yogurt
			Kolam pancing	780	Memancing ikan
			Kolam budidaya	2,600	Memberi makan ikan
		Konservasi/kehutanan	Hutan sengon	34,350	Keliling hutan, mendaki bukit
4	Wisata umum		Taman I, toilet, shelter	3,200	Piknik, bermain, interaktif grup

Tabel 7. Rencana penggunaan lahan untuk objek/fasilitas pelayan wisata dan kegiatan wisata (*lanjutan*)

No	Lokasi	Nama Ruang	Nama Objek/ Fasilitas	Luas (m ²)	Kegiatan wisata
3	Unit III/ Pertanian Kp Gn Leutik		Taman II, parkir, toilet, kantin, mushola, playground	6,150	Piknik, bermain, interaksi grup
			Sawah	67,020	Menyaksikan, memelihara dan memanen padi, palawija, bersantap di area persawahan
			Tegalan	20,960	Menanam, memelihara dan memanen tanaman sayuran dan buah
			Nursery tanaman obat		Menyaksikan dan membeli tanaman obat dan produk herbal

Rencana Penggunaan Ruang

Kebun dengan luas 41.5 ha dibagi kedalam kelompok ruang sesuai dengan fungsinya. Ruang dalam kebun dibagi atas ruang welcome area, ruang objek wisata pertanian, ruang wisata umum, dan ruang konservasi.



Gambar 9. Site plan kebun wisata Gunung Leutik.

Rencana Objek Wisata

Peternakan

Pada Tabel 7 ditunjukkan Rencana objek dan Kegiatan Wisata. Objek wisata peternakan pada Unit II terdiri atas peternakan sapi perah, sapi potong dan kambing perah, unit biogas, pabrik pupuk kandang granular, dan pengolahan

yogurt. Kandang sapi perah berkapasitas 20 ekor, Kandang sapi potong berkapasitas 400 ekor, sedang kandang kambing perah berkapasitas 40 ekor.

Aktivitas wisata dapat dilakukan pada unit peternakan seperti menyaksikan ternak dalam kandang, memberi pakan rumput/konsentrat atau memberi susu pada bayi sapi/kambing, memerah susu, main dengan bayi ternak, dan menyaksikan pembuatan pakan konsentrat pada pabrik pakan, dan proses pembuatan pupuk kandang granular. Kegiatan wisata lainnya adalah melihat instalasi dan penggunaan biogas, dan mencoba produk susu segar dan yogurt.

Pertanian Tanaman Pangan

Sesuai dengan analisis kesesuaian lahan, pada Unit II, direncanakan penanaman tanaman buah. Jenis tanaman buah yang dipilih adalah dari jenis yang dapat memberi hasil panen sepanjang tahun sehingga direncanakan blok tanaman buah Jambu Bol (0.18 ha), Jambu biji merah (0.46 ha), Jambu Kristal (0.94 ha), dan pepaya jenis Hawai dan California (1.8 ha), rambutan 0.83 ha. Dengan mengacu pada diskripsi tanaman buah (Verheij dan Coronel, 1992) tanaman buah yang dipilih secara ekologis beradaptasi dengan kondisi klimat pada tapak. Selain itu pada tepi-tepi jalan direncanakan penanaman beragam tanaman buah seperti nangka, cempedak, sawo, sirsak, srikaya, kersen, dan matoa.

Pada lahan masyarakat Kampung Gunung Leutik pola tanam dan jenis tanaman yang ditanam dipertahankan, sehingga pada persawahan akan diterapkan pola tanam padi-padi-palawija, atau padi-palawija-padi. Pada tegalan kebiasaan kelompok tani menanam pepaya, dan tanaman tumpang sari seperti jagung manis akan dipertahankan.

Pembibitan Tanaman

Pada unit pembibitan pesantren, bagian dari pembibitan yang dapat dijadikan objek wisata meliputi laboratorium kultur jaringan dan bedeng pemeliharaan dan pembesaran bibit. Bagian laboratorium yang dapat diperlihatkan adalah ruang penyiapan media, ruang penanaman, dan ruang kultur plantlet. Sedang pada bedeng pemeliharaan dapat diperlihatkan bedeng aklimatisasi tanaman, dan bedeng pembesaran bibit.

Budidaya Ikan Air Tawar

Pada Unit II direncanakan Kolam budidaya ikan dengan luas 550 m², dan area pemancingan dengan luas 300 m² dengan kedalaman kolam 100 cm. Pemancingan dilengkapi dengan lapak pemancingan yang diberi atap berkapasitas 50 orang pemancing, dan dilengkapi dengan kantin. Kegiatan wisata yang ditawarkan adalah memberi pakan pada kolam budidaya, dan pemancingan grup pada kolam pancing.

Kehutanan

Gunung Leutik yang terdapat pada Unit II, sesuai dengan analisis kesesuaian lahan sesuai untuk tanaman perkebunan dan kehutanan, sehingga tanaman sengon dan jabon yang telah memenuhi area dengan luas 3.4 ha tersebut tetap dipertahankan. Pada gunung ini direncanakan jalur jalan setapak untuk mencapai puncak bukit.

Wisata Umum

Dalam tapak direncanakan 2 taman. Taman I dengan luas 0.32 ha direncanakan terletak antara area Kandang Kambing Perah dan area Pembibitan pesantren. Taman terdiri atas hamparan rumput agar dapat digunakan secara fleksibel untuk beragam kegiatan pengunjung, dilengkapi dengan shelter dan toilet. Taman II dengan luas 0.83 ha direncanakan terletak di sebelah barat Gunung Leutik dikelilingi oleh kebun pepaya. Taman II terdiri atas hamparan rumput dan tanaman penaung, dilengkapi dengan tempat parkir kendaraan roda empat, children playground, kantin, musholla dan toilet.

Rencana Fasilitas dan Utilitas untuk Pelayanan

Jalan dan Tempat Parkir

Dalam kebun direncanakan jalur sirkulasi yang menghubungkan seluruh-ruang-ruang untuk interpretasi objek wisata, pemeliharaan kebun dan untuk supply barang. Jalan aspal direncanakan lebar 3 m diperpanjang ke area Taman II. Selebihnya direncanakan jalan setapak dari tanah dengan lebar 120 cm. Tempat parkir pengunjung direncanakan pada 2 tempat. Parkir bus menggunakan area lapangan bola pada area unit I, sedang pakir kendaraan roda empat dan motor direncanakan pada welcome area pada lahan Unit II dengan luas 0.89 ha m².

Rencana Fasilitas Pelayanan dan Utilitas

Pada unit II direncanakan welcome area terdiri atas plaza, kios kebutuhan beriwisata, kios souvenir, shelter dan toilet. Katin, musholla, dan shelter disediakan pada Taman II, sedang pada Taman I disediakan shelter dan toilet. Pada Pemancingan disediakan lapak pemancingan, dan katin. Pada lahan persawahan kampung Gunung Leutik direncanakan penyediaan 4 saung tempat istirahat dan menikmati suasana persawahan dan pedesaan.

Penyediaan air bersih untuk katin direncanakan diperoleh dari WTP pesantren, sedang air untuk sanitari direncanakan diperoleh dari sumur bor. Air pertanian untuk kandang diperoleh dari anak sungai pada batas selatan lahan unit II. Direncanakan pengoperasian 2 pompa hidram yang berkapasitas 10 m^3 per 24 jam.

Rencana Paket Wisata

Direncanakan paket wisata yang diarahkan oleh pemandu baik untuk pengunjung perorangan atau grup, dan paket tanpa pemandu. Kebun akan memasarkan paket wisata dengan target wisata edukasi bagi pelajar, disamping kalangan umum. Paket dasar adalah tour dalam kebun pada unit II dan III. Paket khusus ditawarkan bagi pengunjung yang berminat dalam memancing, memanen produk kebun, atau mengikuti pelatihan dalam pembibitan, penanaman, perikanan dan peternakan.

KESIMPULAN

Lahan di sekitar Gunung Leutik memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi Kebun Wisata. Letak yang strategis, dan objek wisata pertanian yang tersedia dari unit-unit pertanian yang dikelola Pesantren Pertanian Darul Fallah dan masyarakat Kampung Gunung Leutik, merupakan unsur kuat pembukaan lokasi sebagai tempat wisata. Kebun Wisata yang direncana akan menyajikan objek wisata pembibitan tanaman, kebun buah, peternakan, perikanan air tawar, pengolahan yogurt, hamparan padi, palawija dan tanaman sayuran. Selain itu dalam kebun direncanakan taman pada 2 lokasi untuk digunakan sebagai piknik dan aktivitas kelompok dari pengunjung. Untuk pelayanan

pengunjung, kebun akan dilengkapi dengan fasilitas pelayanan untuk istirahat, makan-minum, belanja souvenir produk pertanian, dan fasilitas sanitary. Kebun direncanakan akan menawarkan paket wisata tour dalam kebun, dan paket khusus seperti wisata panen kebun, dan pelatihan penanaman, pembibitan, peternakan, dan perikanan

Dalam pengembangan objek wisata kebun buah dalam kebun, disarankan untuk dilakukan penyiapan lahan berteras mengingat blok yang akan dikembangkan memiliki kontur bergelombang. Selain itu disarankan penyiapan reservoar air dan jaringan distribusi air irigasi untuk penyiraman.

Agar kebun diminati pengunjung disarankan inovasi paket wisata tour kebun yang manarik dengan memanfaatkan kunjungan ke objek-objek wisata, dengan melibatkan kelompok tani dalam pemanduan dan penyediaan souvenir kebun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada DP2M yang telah memberi dukungan penelitian ini melalui skema hibah kompetensi. Demikian pula terima kasih disampaikan kepada LPPM IPB yang mengarahkan penelitian ini. Kepada Pengurus Yayasan Pesantren Pertanian Darul Fallah, serta Kelompok Tani Asih dan Kelompok Tani Bina Sehat Lestari Desa Benteng Kecamatan Ciampea Kabupaten Bogor disampaikan terima kasih atas kerjasamanya dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahl, B. and D.J. Molnar. 2003. Anatomy of a Park, Essentials of Recreation Area Planning and Design, Waveland Press, Long Grove Illinois.
- F.A.O. 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bull. No.32. Rome. 72 pp. And ILRI Publication No.22 Wageningen.
- Kraus, G.R. 1977. Recreation Today, Program Planning and Leadership. Godyear Publishing Company, Inc. Santa Monica, California.
- Laurie, M. 1990. Pengantar Kepada Arsitektur Pertanian (Terjemahan). Penerbit Intermatra, Bandung.

- Mason, P. 2003. Tourism Impacts, Planning and Management. Elsevier-Butterworth Heineman, Oxford.
- Mulgiati, U., N. Nasrullah, dan B. Sulistyantara, 2010. Pengaruh Penutupan Vegetasi terhadap Kenyamanan Kota. Proseding Simposium Ilmiah Nasional Ikatan Arsitek Lansekap Indonesia, 10 November 2010, hal 180-188.
- Verheij, E.W.M., and R.E. Coronel (Ed), 1992. Plant Resources of South-East Asia. No.2 Edible Fruits and Nuts. Prosea Foundation, Bogor, Indonesia
- Weaver, D. 2001. Ecotourism. John Willey & Son Australia, Ltd.
- Simonds, J.O. 1983. Landscape Architecture. A Manual for Landscape planning and Design. Mc. Grow Hill Pub. Company. NY.
- Tirtawinata, M.R., dan L. Fachruddin, 1996. Daya Tarik dan Pengelolaan Agrowisata. Penebar Swadaya, Jakarta.

POLA RAPD, AKTIVITAS TRYPSIN INHIBITOR DAN α -AMYLASE INHIBITOR PADA POHON SENGON (*Paraserianthes falcataria*) YANG TAHAN TERHADAP SERANGAN HAMA BOKTOR (*Xystrocera festiva*)
(RAPD Pattern, Trypsin and α -Amylase Inhibitor Activities of Sengon Tree (*Paraserianthes falcataria*) Resistant to Stem Borer (*Xystrocera festiva*))

Noor Farikhah Haneda, Ulfah Juniarti Siregar
Dep. Silvikultur, Fakultas Kehutanan, IPB

ABSTRAK

Tanaman yang banyak dikembangkan pada program pembangunan hutan, baik hutan tanaman maupun hutan rakyat di Indonesia saat ini salah satunya adalah sengon (*Paraserianthes falcataria*). Hambatan dalam pengusahaan sengon adalah adanya serangan hama penggerek batang Boktor (*Xystrocera festiva*). Oleh karena itu penelitian bertujuan mempelajari: a) ukuran dan jumlah populasi larva boktor per pohon, serta pertumbuhan larva pada *artificial diet*, b) keragaman genetik sengon berdasarkan analisa RAPD, c) kandungan dan aktivitas inhibitor enzim trypsin dan α -amylase pada kulit dan batang sengon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva pada kulit pohon memiliki ukuran panjang dan berat larva yang lebih kecil dibandingkan larva pada batang. Larva boktor dapat hidup pada *artificial diet* tetapi tidak optimum pertumbuhannya. Kondisi dan bagian pohon menunjukkan adanya pengaruh terhadap kandungan dan aktivitas inhibitor enzim sedangkan provenan tidak berpengaruh terhadap aktivitas inhibitor enzim. Analisis penanda RAPD belum dapat memilah atau membedakan asesi Sengon yang resisten terhadap hama boktor dengan asesi yang rentan, sedangkan analisis penanda mikrosatelite dapat menunjukkan asesi sengon yang resisten mengelompok secara terpisah dengan asesi yang rentan. Hal ini mengindikasikan bahwa secara genetis asesi sengon yang resisten berbeda dengan asesi sengon yang rentan. Dengan demikian penanda mikrosatelite yang dicobakan telah mampu menjadi fingerprint yang membedakan kedua macam asesi tersebut.

Kata kunci: Sengon, trypsin, α -amylase, inhibitor, RAPD-microsatellite.

ABSTRACT

One of most widely developed and utilized tree species for forestry development program in Indonesia, either plantation or community forest is sengon (*Paraserianthes falcataria*). Main problem faced in the monoculture plantation is stem borer or boktor attack (*Xystrocera festiva*). This research aimed at studying: a) the size and number of boktor larvae in an invested tree, also larvae growth on an artificial diet, b) genetic diversity of sengon trees based on RAPD analysis, c) activities of trypsin and α -amylase inhibitor in the bark and stem of sengon trees. Research results showed that larvae population in the bark had smaller length and weight compared to those found in the stem. Boktor larvae could survive on the artificial diet, however their growth were limited. Different tree condition and tissue had significantly showed different activities of enzyme inhibitors, while provenance didn't give significant effect on the inhibitor activities. Molecular analysis using RAPD had not been able to differentiate resistant Sengon accession from susceptible one. Meanwhile analysis using microsatellite markers showed that resistant sengon accession clustered together and differed from susceptible one. The findings indicated that resistant sengon accession is genetically different from susceptible one. This result showed that microsatellite markers used could be used as fingerprint to differentiate two different accession of sengon tree.

Keywords: Sengon, trypsin, α -amylase, inhibitor, RAPD- microsatellite.

PENDAHULUAN

Tanaman yang banyak dikembangkan pada program pembangunan hutan, baik hutan tanaman maupun hutan rakyat di Indonesia saat ini salah satunya adalah sengon dengan nama ilmiah *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen). Salah satu kelebihan pohon sengon adalah pertumbuhannya cepat dan kegunaan kayunya yang beragam. Hambatan dalam pengusahaan sengon adalah adanya serangan hama boktor (*Xystrocera festiva* Pascoe). Hama ini menyerang batang sengon sejak pohon berumur 3 tahun. Hama ini berkembangbiak sangat cepat karena adanya peningkatan jumlah pohon sengon yang merupakan makanannya. Usaha pengendalian sudah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai macam teknik tetapi masih belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Hal ini disebabkan perilaku hidup hama boktor yang tinggal di bawah kulit dan di dalam batang sengon sehingga sulit dijangkau oleh agen pengendali (agen biologi dan pestisida) dan secara mekanis dengan penyesetan kulit juga memerlukan biaya tinggi dan waktu yang lama. Oleh karena itu pendekatan secara genetik (pemuliaan pohon) diharapkan dapat membantu usaha pengendalian hama boktor ini.

Di dalam pencernaan hama boktor terdapat aktivitas enzim *trypsin* dan α -*amylase* yang mempunyai pola aktivitas enzim yang linear (Prasetya 2007). Pada pohon sengon diketahui terdapat senyawa yang dapat bersifat sebagai inhibitor bagi kerja enzim *trypsin* yang terdapat pada pencernaan boktor (Winarni 2003). Inhibitor tersebut memiliki aktivitas yang berbeda pada setiap bagian pohon sengon. Adanya fenomena ini menjadi dasar untuk penyusunan strategi pengendalian hama yang efektif, juga untuk mendapatkan provenan yang tahan terhadap serangan boktor, dimana aktivitas tripsin dan α -amilase inhibitor sebagai salah satu indikator pemilihan provenan resisten.

Strategi pengembangan sengon dengan karakter resisten terhadap hama boktor memerlukan penelitian tentang aktivitas inhibitor. Penelitian inhibitor enzim ini dapat digunakan untuk menyeleksi provenan yang tahan ataupun toleran terhadap hama boktor. Informasi tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan bibit sengon yang unggul, yaitu memiliki kandungan aktivitas *trypsin* inhibitor

dan α -amylase inhibitor yang besar sehingga dapat menghambat kerja enzim trypsin dan α -amilase yang ada di pencernaan boktor. Informasi yang diperoleh hasil penelitian ini sangat berguna dalam kegiatan pemuliaan pohon sengon yang resisten terhadap serangan hama boktor.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari kandungan dan aktivitas tripsin dan α -amilase inhibitor pada berbagai bagian pohon sengon, yaitu batang, kulit batang dan berbagai kondisi pohon sengon, yaitu sehat dan sakit, serta keragaman genetik sengon berdasarkan analisa RAPD.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari 4 kegiatan utama, yaitu: a) pengamatan pendahuluan tentang distribusi larva per pohon sengon, b) pengamatan pertumbuhan larva boktor pada *artificial diet*, c) analisa keberadaan tripsin dan α amilase inhibitor pada pohon sengon dan d). Analisa keragaman genetik menggunakan metode RAPD dan mikrosatellit.

Pengamatan distribusi larva dilakukan dengan menghitung larva kecil sampai larva berukuran besar pada sengon yang terserang boktor. Kajian pertumbuhan larva boktor dengan *artificial diet* menggunakan bahan utama serbuk kulit dan sebuk kayu sakit dan sengon sehat serta larva uji dengan dua ukuran yaitu kecil (1-1.5 cm) dan besar (1.5-3 cm). Analisa inhibitor dilakukan terhadap 3 bagian pohon yaitu a) daun b) kulit kayu, tempat menetasnya telur dan tempat makannya larva yang baru menetas, b) batang kayu, tempat larva stadium lanjut makan dan berpupa, pada sampel pohon yang sehat dan terserang (sakit). Di dalam mempelajari mekanisme resistensi pohon sengon terhadap hama boktor dikaji dengan menggunakan 2 cara, yaitu: a) mereaksikan ekstrak bagian pohon yang mengandung *trypsin inhibitor* dan α -*amilase inhibitor* dengan enzim trypsin dan α -amilase yang berasal dari ekstrak perut boktor, b) bio-assay ekstrak bagian pohon yang mengandung *trypsin inhibitor* dan α -*amilase inhibitor* menggunakan enzim sintetis. Selanjutnya untuk mengetahui adanya keragaman genetik pohon sengon dilakukan analisis RAPD dengan menggunakan daun sebagai sampel. Sampel pohon yang digunakan sama dengan sampel untuk analisis aktivitas

inhibitor. Teknik analisis genetik dengan penanda RAPD terbagi dalam berbagai tahap pekerjaan, yaitu tahapan ekstraksi DNA, uji kualitas dan kuantitas DNA. Pengujian kuantitas DNA dilakukan dengan proses PCR-RAPD. Selain menggunakan analisis RAPD, juga dilakukan analisis menggunakan penanda mikrosatelite. Provenan sengon yang digunakan dari Subang., Kediri dan Solomon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kisaran Panjang dan Berat Badan Larva Boktor pada Kulit dan Kayu

Sengon. Tahap awal pertumbuhan larva boktor hanya dapat ditemukan pada bagian kulit saja, karena telur boktor biasanya diletakkan oleh induknya pada kulit pohon secara berkelompok. Larva yang keluar dari telurnya secara bersama-sama menggerek kulit bagian dalam kayu mudanya, kemudian larva mengebor ke dalam batang pohon yang lebih dalam dan gerakannya kearah atas dan akhirnya berpupa didalam kayu (Suratmo 1974). Berdasarkan Table 1 dapat dilihat bahwa ukuran panjang boktor yang terdapat pada bagian kambium kulit memiliki rata-rata lebih rendah dibandingkan ukuran panjang boktor yang ditemukan pada bagian kayu. Hal ini membuktikan bahwa pada tahap awal perkembangan larva ada di bagian kulit.

Tabel 1. Nilai rata-rata panjang larva boktor dan berat badan boktor pada kulit dan kayu provenan Kediri dan Subang.

Provenan	Bagian Pohon	Jumlah Larva	Panjang Larva (cm)	Berat Larva (g)
Kediri	Kayu	68	$3,60 \pm 0,34$	$0,88 \pm 0,27$
Subang	Kayu	94	$3,40 \pm 0,48$	$0,79 \pm 0,22$
	Kulit	15	$2,20 \pm 0,50$	$0,38 \pm 0,14$

Perkembangan Larva Boktor pada Artificial Diet. Berdasarkan hasil kajian pertumbuhan larva pada *artifial diet* belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Larva yang dipelihara menunjukkan aktivitas makan pada *artifial diet* tetapi sering terjadi kegagalan mencapai pupa atau dewasa. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan data yang tidak konsisten diantara provenan, kondisi dan bagian pohon sengon. Menurut Pasaribu (2008) pada bagian kulit sengon terdapat banyak kandungan tripsin inhibitor. Hasil dari penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian sebelumnya, seharusnya larva lebih menyukai kondisi yang sakit karena

lebih rendah kandungan tripsin inhibornya. Menurut Pasaribu (2008), hal tersebut bisa saja terjadi, karena pada pencernaan larva boktor terutama larva kecil terdapat banyak enzim dalam tubuhnya, sehingga inhibitor bekerja menghambat kerja enzim lainnya yang menyebabkan aktivitas trypsin inhibitor menjadi kecil.

Tabel 2. Ringkasan pertambahan tiap parameter pengamatan dalam *artificial diet*

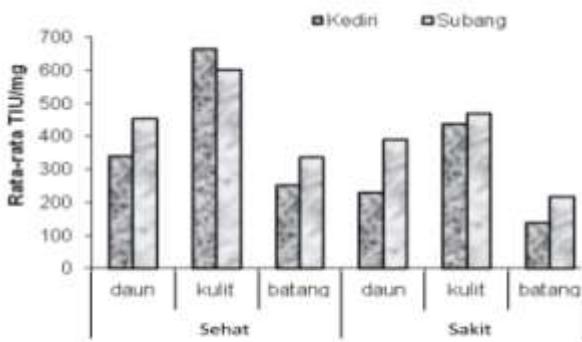
Jenis Serbuk	Parameter pengamatan			
	Panjang larva	Berat larva	Diameter kepala larva	Berat konsumsi makanan
Serbuk batang				
Tertinggi	BSH	BSH	BSK	BSH
Terendah	BKH	BKK	BKK	BKH
Serbuk kulit				
Tertinggi	KSH	KKH	KSK	KSH
Terendah	JKS	JKK	JKH	JKH

Ket.: BSH=Batang Solomon Sehat, BSK=Batang Solomon Sakit, KSH=Kulit Solomon Sehat, KSK=Kulit Solomon Sakit, BKH=Batang Kediri Sehat, BKK=Batang Kediri Sakit, KKH=Kulit Kediri Sehat, JKJ=Kulit Kediri Sakit

Aktivitas Trypsin inhibitor. *Trypsin* inhibitor adalah senyawa yang mempunyai kemampuan untuk menghambat aktivitas proteolitik enzim *trypsin*. Senyawa tersebut telah ditemukan pada beberapa bahan pangan nabati, terutama jenis kacang-kacangan yang termasuk kedalam famili Leguminoceae. Senyawa aktifnya merupakan suatu protein. Gambar 1 menunjukkan bahwa aktivitas *trypsin* inhibitor pada bagian daun, kulit, dan kayu pohon sehat lebih tinggi dibandingkan pohon sakit. Hal ini sejalan dengan Prasetya (2007) yang menyatakan bahwa nilai TIU (*Trypsin Inhibitor Unit*) pada pohon sengon berbagai provenan yang tidak terserang dan yang terserang boktor terlihat berbeda nyata.

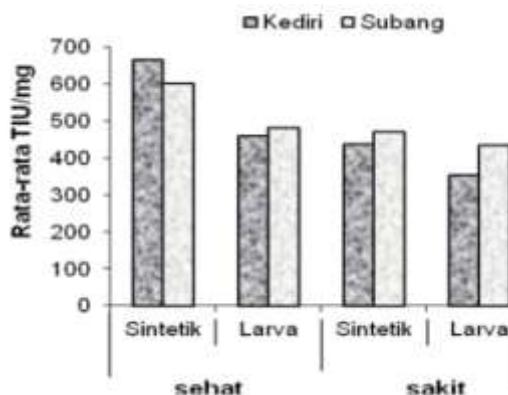
Provenan Subang memiliki nilai aktivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan provenan Kediri pada bagian kulit. Hal ini juga terbukti pada hasil penelitian Prasetya (2007) bahwa nilai TIU/mg tertinggi terdapat pada provenan Kediri. Berdasarkan ketiga bagian pohon yang diuji, maka kulit merupakan bagian pohon yang paling tinggi aktivitas *trypsin* inhibornya baik di pohon yang sehat maupun pada pohon yang terserang boktor dan yang terendah adalah pada bagian batang. Hasil ini sesuai dengan Pasaribu (2008) yang juga meneliti aktivitas

trypsin inhibitor pada pohon sengon provenan Cianjur, dimana aktivitas *trypsin* inhibitor pada bagian batang lebih rendah daripada bagian kulit. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan pohon sengon terhadap boktor berada pada bagian kulit.



Gambar 1. Histogram aktivitas *trypsin* inhibitor pohon sehat dan pohon sakit provenan Kediri dan provenan Subang.

Perbandingan Aktivitas Trypsin Inhibitor Menggunakan Enzim Sintetik dan Enzim Alami dari Pencernaan Larva Boktor. Penggunaan enzim dari ekstrak pencernaan boktor untuk menguji aktivitas *trypsin* inhibitor disebabkan karena diketahui terdapat enzim *trypsin* di dalam saluran pencernaan tersebut. Menurut Prasetya (2007), enzim *trypsin* mempunyai pola aktivitas enzim yang linier negatif, yaitu pada ukuran larva yang terkecil mempunyai aktivitas enzim *trypsin* terbesar kemudian cenderung menurun dengan semakin bertambahnya panjang larva. Pada ekstrak pencernaan larva boktor ini, ukuran larva yang digunakan adalah 1,5 cm dan yang diuji *trypsin* inhibitory hanya bagian kulit pohon, karena bagian kulit memiliki nilai aktivitas *trypsin* inhibitor terbesar dibandingkan dengan bagian daun dan batang. Pada ukuran tersebut, larva boktor banyak mencerna protein, sehingga aktivitas enzim *trypsin* yang dihasilkan akan tinggi. Namun, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa aktivitas *trypsin* inhibitor menggunakan enzim dari larva boktor lebih rendah dibandingkan dengan enzim sintetik. Hal ini berlaku pada masing-masing provenan dan pada pohon sehat dan pohon sakit (Gambar 2).



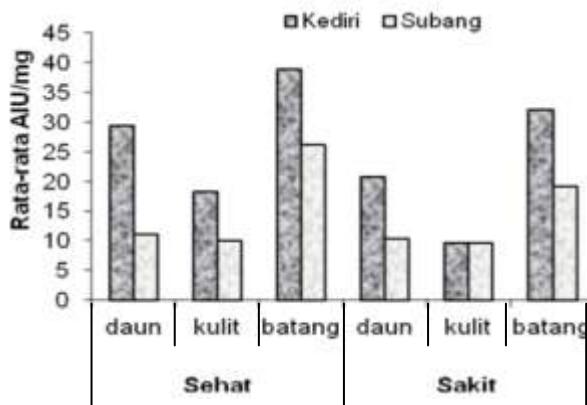
Gambar 2. Histogram perbandingan aktivitas *trypsin* inhibitor dengan menggunakan enzim sintetik dan enzim dari pencernaan larva boktor pada provenan Kediri dan Subang.

Tingginya aktivitas *trypsin* inhibitor yang ditemukan ketika menggunakan enzim sintetik dibandingkan dengan menggunakan enzim yang berasal dari pencernaan larva boktor, disebabkan karena enzim dari pencernaan larva boktor belum mengalami pemurnian. Hal ini diduga karena pada pencernaan larva boktor terdapat banyak enzim, sehingga inhibitor bekerja menghambat kerja enzim yang lainnya yang menyebabkan nilai TIA (*Trypsin Inhibitor Activity*) menjadi kecil.

Studi Aktivitas α -amylase Inhibitor. Senyawa α -*amylase Inhibitor* aktif dalam menghambat enzim α -*amylase* yang terdapat pada pencernaan mamalia, serangga, serta "avian amylase", tetapi tidak aktif menghambat enzim *amylase* tanaman lainnya dan juga *amylase* yang berasal dari fungi serta bakteri (Tucker 1995).

Pada studi aktivitas α -*amylase* inhibitor ini, provenan Subang memiliki aktivitas α -*amylase* inhibitor lebih rendah dibandingkan dengan provenan Kediri. Pada provenan Kediri maupun Subang, bagian batang merupakan bagian yang memiliki AIA yang paling tinggi, sedangkan bagian pohon yang memiliki AIA (*Alfa-amylase inhibitor Activity*) terendah adalah kulit (Gambar 3). Hal ini disebabkan karena pada lapisan kulit pohon sengon bagian luar mengandung pati dalam jumlah yang sedikit (Dietrich *et al.* 1978 dalam Prasetya 2007). Bagian batang cenderung mengandung banyak karbohidrat, sehingga boktor mensintesa enzim α -*amylase* untuk mencerna karbohidrat tersebut. *Alfa-amylase inhibitor*

paling tinggi ditemukan pada pohon sehat, karena fungsi fisiologis tanaman masih normal, sehingga tanaman memiliki kemampuan untuk bertahan.

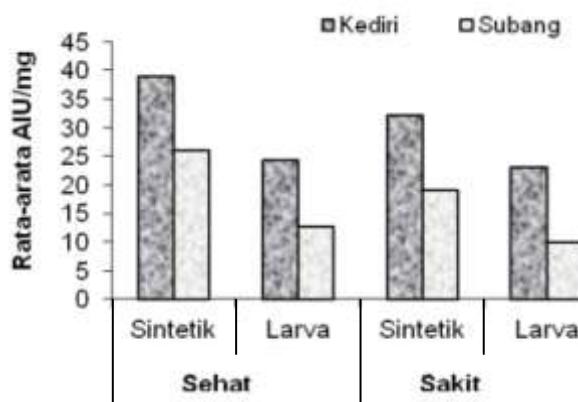


Gambar 3. Histogram aktivitas α -amylase inhibitor pohon sehat dan pohon sakit provenan Kediri dan Subang.

Perbandingan Aktivitas α -amylase Inhibitor Menggunakan Enzim Sintetik dan Enzim Alami dari Pencernaan Larva Boktor (*Xystrocera festiva*). Mekanisme kerja α -amylase terdiri dari dua tahap yaitu tahap pertama berupa degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Tahap kedua terjadi pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan terjadi dengan tidak acak. Pada pencernaan larva boktor terjadi suatu proses yaitu pemecahan molekul nutrien kompleks menjadi molekul-molekul cukup kecil, sehingga mudah untuk diabsorbsi. Dalam pencernaan larva boktor juga terjadi likuifikasi yaitu suatu proses pencairan gel pati dengan menggunakan enzim α -amylase yang menghidrolisa pati menjadi molekul-molekul yang lebih kecil (Muchtadi 1993).

Dalam analisa ini, larva yang digunakan adalah ukuran 3,5 cm, karena aktivitas enzim α -amylasenya paling tinggi. Menurut Prasetya (2007) aktivitas enzim α -amylase mempunyai peningkatan yang berarti pada panjang larva 1,5 cm sampai 3,5 cm, dan mengalami penurunan pada panjang larva 4 cm sampai 5 cm. sampel yang diuji adalah hanya pada bagian kayu saja, karena nilai AIA tertinggi terdapat pada bagian kayu. Aktivitas α -amylase inhibitor sintetik dan enzim ekstrak pencernaan larva boktor pada provenan Subang menunjukkan nilai lebih kecil dibandingkan provenan Kediri. Pohon sakit memiliki aktivitas enzim α -

amylase inhibitor lebih kecil dari keadaan sehat, baik dengan menggunakan enzim sintetik dan enzim larva boktor. Rendahnya AIA pada pohon sakit menyebabkan mudahnya hama boktor menyerang pohon sengon, sehingga diharapkan agar pohon tidak diserang hama, maka harus memiliki AIA yang lebih rendah dari AIA yang terserang (Gambar 4).



Gambar 4. Histogram perbandingan aktivitas α -*amylase* inhibitor menggunakan enzim sintetik dan enzim ekstrak pencernaan larva boktor pada provenan Kediri dan provenan Subang.

Di dalam proses pengamatan aktivitas inhibitor pada setiap bagian pohon dengan metode pemanfaatan enzim dari pencernaan boktor, ada kemungkinan nilai yang dihasilkan lebih tinggi maupun lebih rendah dibandingkan dengan unit inhibitor yang dihasilkan melalui pengamatan dengan enzim sintesis. Menurut Bergmeyer (1974) hal ini disebabkan ada 3 macam proses penghambatan yang mungkin terjadi, yaitu:

1. Aktivitas dari proenzymes dalam serum, sekresi dan ekstrak dari pankreas
2. *Progressive inhibition ("slow-reacting inhibitors)* dan pe-non aktifan enzim karena senyawa protein maupun autolysis.
3. *Temporary inhibition*, penghambatan kerja enzim karena inhibitor atau karena "protease" lain

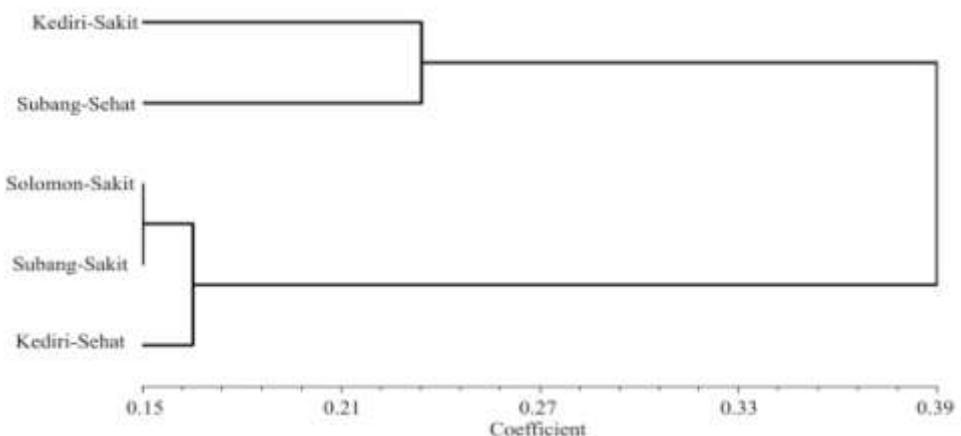
Analisa RAPD. Pada penelitian Tahun I, metoda molekuler untuk mendapatkan penanda RAPD pada Sengon telah didapatkan. Proses isolasi DNA tanaman Sengon yang cukup sulit dilakukan, karena jaringan tanaman banyak mengandung polisakarida, yang menggaggu proses pemurnian DNA, telah dapat diatasi. Walaupun pengujian kualitas DNA menunjukkan bahwa DNA

mempunyai konsentrasi yang agak rendah, namun penggunaannya sebagai template pada proses PCR telah menghasilkan fragment hasil amplifikasi. Sebanyak 17 primer dari 23 primer yang dicobakan, berhasil memberikan produk PCR. Dipilih 5 primer dari 17 primer tersebut, yang terbaik, dan kemudian dipakai untuk menganalisa sampel tanaman yang ada. Primer yang dipakai pada Tahun I adalah primer OPA-07, OPO-10, OPY-13, OPY-16, dan OPY-18, yang menghasilkan 39 lokus RAPD.

Sampel tanaman yang dianalisa pada Tahun I terdiri dari dua kategori, yaitu pohon Sengon yang rentan terhadap hama boktor, yang ditunjukkan dari beratnya serangan yang dialami, dan pohon yang resisten terhadap hama yang sama, yang ditunjukkan dengan tidak ada serangan yang terdeteksi pada individu pohon tersebut, meskipun individu tersebut tumbuh berdekatan dengan pohon yang rentan. Sampel diambil dari 3 provenan, yaitu Kediri, Solomon dan Subang, dengan jumlah individu yang terbatas untuk masing-masing provenan, yaitu berkisar antara 2 hingga 3 individu per provenan, per kategori.

Hasil akhir analisa RAPD pada Tahun I, yaitu berupa dendrogram jarak genetic antar asesi yang dianalisa, menunjukkan bahwa asesi pohon yang sakit tidak terpisah secara jelas dengan asesi pohon yang sakit (Gambar 5). Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan penanda RAPD belum dapat membedakan dan memilah antara asesi pohon Sengon yang rentan dengan pohon yang resisten terhadap hama. Selain itu juga terlihat bahwa asesi dari provenan yang sama ternyata tidak mengelompok bersama, yang mengindikasikan bahwa penanda RAPD juga belum dapat membedakan asesi dari provenan yang berbeda.

Pada Tahun ke II strategi sampling diubah untuk mengklarifikasi hasil analisa pada Tahun I, dimana lebih banyak jumlah sampel pohon diambil dari satu populasi yang sama, yaitu Kediri. Hal ini untuk menghindari adanya kemungkinan perbedaan provenan mempengaruhi analisa untuk memilah asesi yang rentan dengan yang resisten. Sebanyak 10 pohon yang rentan dan 10 pohon resisten dari satu plot per tanaman yang sama telah diambil sebagai contoh.



Gambar 5. Dendrogram jarak genetik antar famili Sengon menggunakan analisa RAPD.

Keempat primer yang dipakai dalam analisa menghasilkan 27 lokus, dengan ukuran fragmen berkisar antara 250 bp – 1400 bp. Jumlah lokus yang dihasilkan dengan primer OPB-10 adalah 11 lokus, pada primer OPA-3 adalah 8 lokus, primer OPB-4 adalah 4 lokus, dan OPA-5 adalah 4 lokus.

Keragaman Genetik Populasi Kediri. Hasil perhitungan parameter keragaman genetik populasi Kediri yang diteliti, berdasarkan penanda RAPD dapat dilihat pada Tabel 3. Walaupun dibandingkan dengan hasil analisa keragaman genetik pada Tahun I terlihat adanya penurunan pada nilai Heterozigositas harapan (H_e) dari 0.2990 menjadi maksimum 0.1739 (pada populasi pohon sehat) namun keragaman genetik yang didapat masih cukup baik, karena masih diatas 10%. Hal ini dapat dimengerti, karena pada Tahun ke II sampel tanaman hanya diambil dari satu populasi saja, sehingga banyak kemungkinan populasi tersebut lebih homogen dibandingkan populasi Tahun I.

Tabel 3. Hasil estimasi parameter keragaman genetik berdasarkan RAPD sengon Kediri

No	Populasi	Jumlah sample	PLP	Na	Ne	He
1	Kediri sehat	13	83.33%	1.8333	1.2619	0.1739
2	Kediri terserang	12	69.70%	1.6970	1.1576	0.1156

Keterangan:

na : Jumlah alel yang diamati, Ne : Jumlah alel yang efektif,

He : Heterozigitas harapan = keragaman gen, PLP : Persentase Lokus Polimorfik

Analisa data keragaman secara lebih jauh menggunakan AMOVA dapat dilihat pada Tabel 4. Karena populasi yang dianalisa hanya satu, terlihat bahwa seluruh sumber keragaman yang didapatkan berasal dari dalam populasi (100%). Kebanyakan tanaman hutan tropis mempunyai keragaman yang tinggi di dalam populasi, dibandingkan antar populasi.

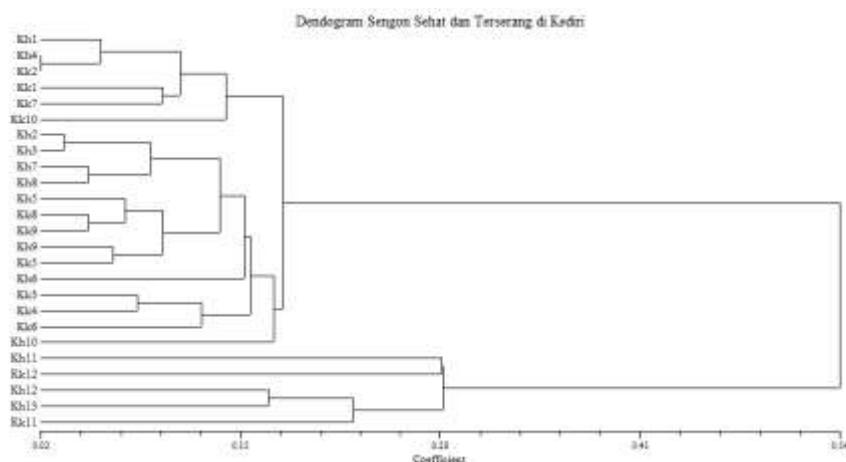
Tabel 4. Hasil AMOVA dari RAPD tanaman sengon dari Kediri yang resisten dan rentan terhadap hama boktor.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Est.Var.	%
Antar Populasi	1	7,165	7,165	0,000	0%
Dalam Populasi	23	169,955	7,389	7,389	100%
Total	24	177,120		7,389	100%

Jarak Genetik antar Asesi. Penghitungan jarak genetik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemiripan/perbedaan satu asesi atau satu populasi, dengan asesi atau populasi lain yang dibandingkan secara genetis. Dari hasil penghitungan tersebut, kemudian dibuat sebuah dendrogram, yang mengelompokkan melalui penghitungan aritmetik, asesi-asesi atau populasi-populasi yang dianalisa menurut kemiripannya. Hasil pengelompokan dendrogram lebih memperjelas keterkaitan antar asesi secara genetis ini. Walaupun beberapa asesi dengan kategori yang sama cukup dekat mengelompok, namun didapatkan juga perbedaan yang cukup jauh atau dengan kata lain, didapatkan asesi yang mempunyai kategori yang berbeda, namun mengelompok bersama dengan cukup dekat (Gambar 6). Hal ini menggaris bawahi hasil temuan pada Tahun I, dimana penanda RAPD ternyata belum dapat memilah atau membedakan asesi Sengon yang resisten terhadap hama boktor dengan asesi yang rentan. Hal ini merupakan salah satu kelemahan penanda RAPD, yang menurut Weising (2005) mempunyai konsistensi kurang memadai.

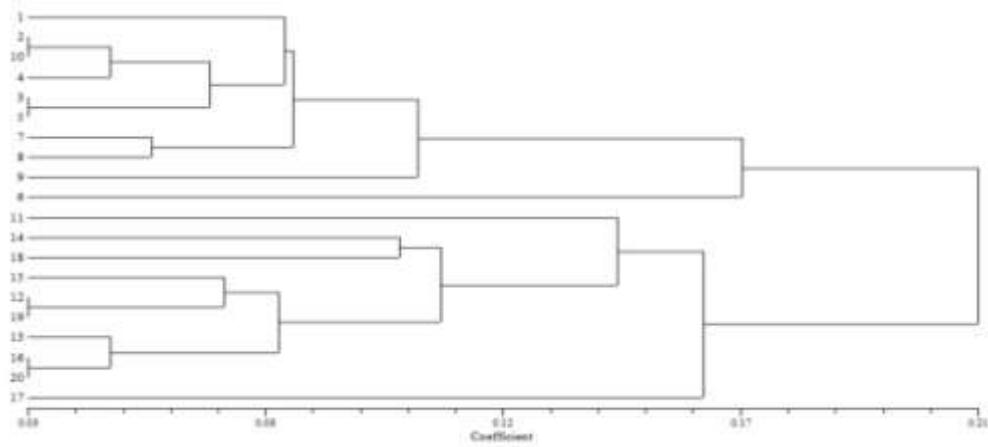
Walaupun penanda RAPD pernah berhasil dipakai sebagai fingerprint untuk membedakan tanaman *Pinus merkusii* yang resisten terhadap hama kutu lilin, dari yang rentan (Siregar 2007), tetapi pada tanaman sengon hasil yang didapatkan berbeda. Sehingga diperlukan pengembangan penanda lain yang lebih sensitive dan lebih konsisten dibandingkan RAPD, seperti penanda AFLP dan mikrosatelit.

Menurut Weising (2005) penanda AFLP memiliki kelebihan dalam hal konsistensi, karena adanya tahapan pemotongan produk PCR menggunakan enzim restriksi. Sedangkan mikrosatelite memiliki kelebihan dalam hal sensitivitas, karena lokus mikrosatelite yang merupakan sekuen repetitive tersebar merata pada genom tanaman, baik pada daerah gen maupun antar gen. Dengan demikian kemampuannya untuk menandai seluruh genom tanaman dapat lebih diandalkan, dan kemungkinan menemukan letak perbedaan antar asesi akan semakin besar.



Gambar 6. Dendrogram jarak genetik antar asesi sengon dari Kediri, yang resisten dan rentan terhadap hama boktor, berdasarkan penghitungan jarak genetik.

Analisa Data Penanda Mikrosatelite. Berdasarkan hasil PCR dilakukan skoring lokus mikrosatelite dan data ini kemudian dianalisa menggunakan software POPGENE ver. 3.2 untuk menghasilkan sebuah dendrogram yang menunjukkan perbedaan dan/atau persamaan secara genetik dari asesi-asesi sengon yang diteliti, yang dalam hal ini adalah pohon yang rentan terhadap hama boktor, serta tanaman-tanaman yang resisten. Gambar 7 menunjukkan bahwa asesi sengon yang resisten terhadap hama boktor mengelompok secara terpisah dengan asesi yang rentan. Hal ini mengindikasikan bahwa secara genetis asesi sengon yang resisten berbeda dengan asesi sengon yang rentan. Dengan demikian penanda mikrosatelite yang dicobakan telah mampu menjadi fingerprint yang membedakan kedua macam asesi tersebut.



Keterangan:

No. 1-10: Asesi sengon resisten hama Boktor , No. 11-20: Asesi sengon rentan hama boktor

Gambar 7. Dendrogram pengelompokan asesi-asesi sengon berdasarkan jarak genetik (Nei, 1987) menggunakan metode UPGMA.

Sementara itu percobaan molekuler yang menggunakan primer-primer yang didisain dari gen-gen proteinase inhibitor belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Optimasi masih terus dilakukan, dengan mengubah konsentrasi komponen reaksi PCR, kondisi reaksi PCR, mencoba disain primer baru, serta penggunaan degeneratif primer.

KESIMPULAN

Faktor bagian dan kondisi pohon sehat dan sakit berpengaruh terhadap kandungan trypsin inhibitor dan α -amylase inhibitor. Aktivitas trypsin inhibitor tertinggi pada bagian kulit sedangkan aktivitas α -amylase inhibitor pada bagian kayu. Pada kondisi pohon sakit kandungan dan aktivitas enzim inhibitor lebih rendah dibandingkan dengan kondisi pohon sehat.

Famili dari populasi yang sama tidak selalu mempunyai jarak genetik yang berdekatan. Penanda RAPD ternyata belum dapat memilah atau membedakan asesi Sengon yang resisten terhadap hama boktor dengan asesi yang rentan. Dengan penanda mikrosatelit mengindikasikan bahwa secara genetis asesi sengon yang resisten berbeda dengan asesi sengon yang rentan. Dengan demikian

penanda mikrosatelit yang dicobakan telah mampu menjadi fingerprint yang membedakan kedua macam asesi tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan yang telah memberikan dana melalui program penelitian Hibah Fundamental 2011, Perum Perhutani yang telah menyediakan hutan sengon sebagai bahan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bergmeyer UH. 1974. Methods of Enzymatic Analysis. New York. Academic Press, Inc.
- Muchtadi D. 1993. Teknik evaluasi nilai gizi protein [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Peranian Bogor.
- Pasaribu FA. 2008. Studi *trypsin* inhibitor dan α -*amylase* inhibitor pada bagian daun, kulit, dan kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Prasetya A. 2007. Studi tentang enzim trypsin dan α -*amylase* pada hama boktor (*Xystrocera festiva* Pascoe) serta inhibitor *trypsin* pada pohon sengon [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Siregar U.J., Prasetya A, Marta A.K dan Haneda N.F.. 2007. Hubungan antara Pohon Inang Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dengan Aktifitas Enzim Pencernaan Larva Boktor (*Xystrocera festiva*). Kumpulan Abstrak Konferensi Nasional Konservasi Serangga pada Bentang Alam Tropis: Peluang dan Tantangan. Bogor, 27-30 Januari 2007.
- Suratmo FG. 1974. Hama Hutan di Indonesia (Forest Entomology). Proyek Peningkatan Mutu Perguruan Tinggi. Institut Pertanian Bogor.
- Weising K, Nybom H, Wolff K and Kahl G. 2005. DNA Fingerprinting in Plants Principles, Methods and Applications. Boca Raton: CRC Press.
- Winarni I. 2003. Studi keragaman *trypsin* inhibitor dan keragaman genetik isoenzim pohon plus sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) pada hutan rakyat di Jawa Barat [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

**PENGEMBANGAN JARAK PAGAR (*JATROPHA CURCAS LINN.*)
DALAM SISTEM AGROFORESTRY DI AREAL PERUM PERHUTANI
UNIT III JAWA BARAT DAN BANTEN**

(Development of Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn.) in Agroforestry System in Forest Area of Perum Perhutani Unit III West Java and Banten)

Nurheni Wijayanto, Lailan Syaufina, Istomo

Dep. Silvikultur, Fakultas Kehutanan, IPB

ABSTRAK

Jarak pagar (*J. curcas*) telah lama dikenal masyarakat sebagai tanaman penghasil bioenergi sejak jaman kolonial yang saat ini dicanangkan pemerintah Indonesia sebagai sumber energi alternatif pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM). Namun diketahui pula bahwa produktivitas biji jarak sebagai bahan bakar BBN tidak terlalu tinggi, sehingga dikhawatirkan program pengembangan jarak pagar dengan produksi massal pada tanah produktif kurang menguntungkan. Penelitian ini dilakukan di Taman Hutan Hambalang, Perum perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten. Tujuan jangka panjang dari penelitian ini adalah jarak pagar dapat dijadikan salah jenis tanaman unggulan dalam sistem agroforestry melalui serangkaian percobaan penanaman di lapangan dan hasil uji ekologi. Metode pada tahun pertama adalah kegiatan penanaman jarak pagar dalam sistem agroforestry; Pada tahun ke dua melakukan pengukuran pertumbuhan jarak pagar dan produksi buah jarak pagar serta produktivitas lahan dan kualitas lingkungan; Pada tahun ke tiga pengukuran pengaruh tegakan mahoni terhadap pertumbuhan dan produksi jarak pagar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) pertumbuhan dimensi tanaman jarak pagar dan produksi buah jarak pagar tertinggi pada tanaman jarak pagar yang memperoleh cahaya matahari terbesar, (2) laju dekomposisi pada serasah daun jarak pagar lebih cepat terdekomposisi dibandingkan serasah daun mahoni (3) penanaman jarak pagar pada tanaman mahoni muda mempunyai tingkat aliran permukaan, sedimen dan erosi rendah, (4) tegakan mahoni muda lebih baik pengaruhnya terhadap diameter, tinggi, panjang, lebar, luas tajuk dan produksi jarak pagar, dibandingkan dengan tegakan mahoni tua, (5) perakaran horizontal pohon mahoni muda lebih pendek dan belum saling tumpang tindih dibandingkan dengan perakaran horizontal pohon mahoni tua. Kesimpulan penelitian ini adalah tanaman jarak pagar dapat digunakan dalam sistem agroforestry untuk pembangunan hutan tanaman.

Kata kunci: Jarak pagar, sistem agroforestry, hutan tanaman, pertumbuhan, mahoni.

ABSTRACT

Jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn.) has been long known by community as bioenergy crop since the colonial era, that is currently promoted by the Government of Indonesia as fossil fuel (BBM) energy alternative. However, productivity of jatropha seed as biofuel has been known not too high, so it is in a great concern that development program of jatropha in mass production on productive land will be less beneficial. This study was conducted at forest park of Taman Hutan Hambalang, Perum Perhutani Unit III Jawa Barat and Banten. Long term objective of this study was jatropha can be one of selected species in agroforestry system through a series of planting trial in the field and ecological results. Method applied in the first year was planting activities of *Jatropha* in agroforestry system; The second year study collected information on *Jatropha* growth, fruit production of *Jatropha* and the effects of agroforestry on land productivity and environmental quality; the third year study collected information on the effects of mahogany stand on

the growth and production of Jatropha. The study revealed that: (1) decomposition rate of Jatropha leaf litter higher compared to that of mahogany, (2) the highest dimension growth and fruit production of Jatropha were found in Jatropha with receive more sunlight, (3) Planting of Jatropha in young mahogany stand had low surface run-off, sediment and erosion, (4) Young mahogany stand had better effects on diameter, height, crown width, crown area of Jatropha compared to old mahogany stand, (5) Horizontal rooting of young mahogany trees is shorter and not much overlapping compared to that of old mahogany trees. The conclusion of this study is that Jatropha can be used as one of the crops in the agroforestry system to develop forest plantation.

Keywords: Jatropha, agroforestry system, forest plantation, growth, mahogany.

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini permasalahan energi yang berasal dari Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi permasalahan pelik baik nasional maupun internasional. Di satu pihak kebutuhan akan BBM terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi, di lain pihak pasokan dan persediaan BBM tidak lagi dapat mengejar permintaan/kebutuhan tersebut, di samping itu BBM termasuk jenis energi tak terbarukan. Oleh karena itu Pemerintah Indonesia telah mencanangkan pengembangan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan yaitu Bahan Bakar Nabati (BBN). Pengembangan BBN berdampak positif terhadap penyerapan lapangan kerja, pengembangan sumber-sumber ekonomi masyarakat dan peningkatan produktivitas lahan. Jenis-jenis tanaman sebagai BBN antara lain kelapa sawit, singkong dan jarak pagar.

Selama ini tanaman jarak pagar hanya ditanam sebagai pagar dan tidak diusahakan secara khusus. tanaman jarak pagar ini dapat beradaptasi dengan lahan maupun iklim di Indonesia bahkan tanaman ini dapat tumbuh dengan baik pada kondisi kering (curah hujan < 300 mm per tahun) maupun pada lahan dengan kesuburan rendah (lahan marjinal dan lahan kritis).

Di wilayah Indonesia timur (terutama di NTT dan NTB) tanaman jarak benar-benar dijadikan tanaman pagar utama untuk menjaga tanaman kebun/sawah dari gangguan ternak dan sebagai sekat bakar. Daun jarak pagar memang tidak disukai ternak sehingga tetap tumbuh dengan baik. Sifat pertumbuhan daunnya yang selalu hijau (*evergreen*) walaupun di musim kemarau, produksi serasah yang sedikit dan mudah terurai sehingga tanaman dapat berfungsi sebagai sekat bakar.

Penelitian Suryahadi dan Syaufina (2006) membuktikan bahwa tanaman jarak pagar memiliki karakteristik tanaman sekat bakar yaitu tahan kebakaran, selalu hijau, tajuknya rimbun, cepat tumbuh dan potensial untuk dikembangkan sebagai tanaman alternatif pengganti energi BBM dari produksi biji yang dihasilkan.

Harijadi (2005) menyarankan bahwa pembudidayaan tanaman jarak dapat menerapkan sistem tumpangsari dengan tanaman lain seperti jagung, wijen atau padi ladang sehingga selain mengurangi resiko serangan hama penyakit juga diversifikasi hasil. Selanjutnya Harijadi (2005) menunjukkan bahwa penanaman jarak pagar yang selama ini telah dilakukan sebagai tanaman tumpang sari dan tanaman pagar umumnya sedikit atau hampir tidak ada serangan hama dan penyakit yang berarti. Namun penanaman secara luas dengan sistem monokultur berpotensi munculnya hama, yang apabila tidak ditangani dengan baik akan mengganggu pertumbuhan tanaman. Jarak pagar relatif resisten terhadap hama dan penyakit, karena akar dapat berfungsi sebagai cadangan air, tumbuhan ini diketahui baik sebagai tumbuhan pioneer dan dapat mencegah erosi.

Di samping resiko hama dan penyakit jika ditanam secara monokultur, dikhawatirkkan nilai ekonomis yang diperoleh kurang optimal jika ditanam pada tanah-tanah produktif. Jarak pagar mulai memproduksi biji setelah berumur 1 tahun. Produksi pada umur 5 tahun sebesar 6-10 ton/ha dengan kerapatan 2500-3300 pohon/ha (Harijadi, 2005), atau sekitar 2,4 -3,0 kg per batang.

Oleh karena itu jarak pagar (*J. curcas*) perlu dikembangkan dengan tujuan ganda (*mutipurpose*) :

1. Tanaman sekat bakar
2. Tanaman pagar (menjaga tanaman atau pekarangan dari gangguan ternak).
3. Tanaman konservasi tanah dan air (sebagai tanaman pioneer di lahan kritis dan mencegah erosi)
4. Tanaman produksi (hasil biji jarak untuk bioenergi) yang dapat meningkatkan nilai tambah dalam tanaman campuran.

Kelima fungsi tanaman jarak pagar tersebut dapat diwujudkan dalam sistem agroforestry (khususnya sistem tumpang sari dalam pembuatan tanaman di areal hutan produksi Perum Perhutani).

Luas hutan di Jawa yang dikelola oleh Perum Perhutani semakin menurun baik kualitas dan kuantitasnya. Secara ideal luas minimal hutan di Jawa paling tidak 30 % dari luas dataran, tetapi saat ini tinggal 18 %, akibat tekanan penduduk yang lapar lahan. Penggundulan dan luas lahan kritis di Jawa terus meningkat. Saat ini Perum Perhutani terus meningkatkan kualitas sistem pembangunan hutan di Jawa dengan teknologi tumpangsari, baik tumpangsari secara temporal (saat tanaman hutan muda) atau sistem tumpang sari sepanjang daur dengan sistem PHBM (Pembangunan Hutan Bersama Masyarakat) (Perum Perhutani, 1988). Karena sistem tersebut tampaknya solusi yang paling baik untuk mensinergiskan tuntutan produksi hasil hutan, tuntutan lingkungan (konservasi tanah dan air) serta tuntutan kebutuhan masyarakat sekitar hutan.

Dalam sistem tumpangsari terdapat kontrak kerjasama antara Perum Perhutani dengan Pesanggem (petani penggarap) dalam memanfaatkan lahan hutan. Macam dan fungsi tanaman yang ditanam dikelompokkan menjadi : tanaman pokok, tanaman sela, tanaman pengisi, tanaman sisipan dan tanaman pagar. Jenis-jenis tanaman yang termasuk dalam kelompok-kelompok tersebut sudah ditentukan atas kesepakatan Perum Perhutani dengan Pesanggem Perum (Perhutani, 1990).

Tanaman jarak pagar (*J. curcas*) belum termasuk jenis pilihan untuk kelompok tanaman tersebut, padahal berdasarkan manfaat tanaman tersebut dapat dijadikan tanaman pagar, tanaman sela maupun tanaman sisipan. Namun memang ada keterbatasan jarak pagar dalam tanaman campuran, yaitu tanaman ini perlu cahaya penuh sepanjang hidupnya, sehingga perlu dilakukan pengaturan.

Penelitian ini dilakukan untuk uji coba penanaman jarak pagar dalam sistem tumpangsari. Tujuan khusus yang akan dicapai adalah diperolehnya data dan informasi tentang :

1. Paket teknologi penanaman jarak pagar dalam dan pola tanaman tumpangsari di areal hutan produksi Perum Perhutani.

2. Potensi tanaman jarak pagar sebagai salah satu jenis unggulan pada sistem tumpang sari.
3. Dampak ekologi yang ditimbulkan dari penanaman jarak pagar dalam sistem tumpangsari.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Areal hutan produksi di BKPH (Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan) Babakan Madang, KPH (Kesatuan Pemangkuan Hutan) Bogor, Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten. Areal hutan produksi KPH Bogor yang menerapkan pola tanam tumpangsari dengan kriteria : Tumpangsari temporal awal (untuk masa tanam 2008) dan Tumpangsari selama daur (pola PHBM) atau Tegakan tua masak daur.

Metode Pengamatan

Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah:

1. Pertumbuhan tanaman dan produksi jarak pagar.
2. Tingkat dekomposisi daun jarak pagar
3. Besarnya aliran permukaan dan erosi tanah di musim hujan.
4. Unsur-unsur lingkungan, seperti suhu, kelembaban dan intensitas cahaya.
5. Perkembangan sistem perakaran jarak pagar dan mahoni.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesesuaian suatu jenis tanaman untuk dikembangkan dalam system agroforestry dapat dilihat dari pertumbuhannya dan kondisi lingkungan yang ditimbulkan dari kombinasi antara tanaman kehutanan (pohon) dengan tanaman lainnya. Pada penelitian ini, tanaman jarak pagar ditanam di bawah tegakan Mahoni muda dan tegakan Mahoni tua. Terdapat beberapa perbedaan pertumbuhan jarak pagar pada kedua tegakan tersebut. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan dari suhu dan kelembaban serta intensitas cahaya yang menghasilkan kondisi iklim mikro yang berbeda untuk masing-masing tegakan.

Disamping itu, kondisi perakaran juga mempengaruhi pertumbuhan dari kedua jenis tanaman.

Pertumbuhan dan Produksi Jarak Pagar (*J. curcas*) di Bawah Tegakan mahoni (*S. macrophylla*)

Dengan membandingkan pertumbuhan tanaman jarak pagar yang meliputi, diameter, tinggi, luas tajuk, dan akar serta produksi tanaman jarak pagar yang ditanam pada tegakan mahoni muda dan tegakan mahoni tua, dapat dilihat adanya perbedaan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji –t untuk pertumbuhan dan produksi tanaman jarak pagar di bawah tegakan mahoni muda dan mahoni tua

Rata-rata	Nilai P (Hasil Uji-t)
Diameter (cm)	0,000*
Tinggi (cm)	0,007*
Panjang tajuk (cm)	0,000*
Lebar Tajuk (cm)	0,017*
Luas Tajuk (cm ²)	0,000*
Horisontal Akar	0,571#
Vertikal Akar	0,812#
Produksi	0,000*

Keterangan: * = Nilai P < 0,05 berbeda nyata, # = Nilai P > 0,05 tidak berbeda nyata.

Berdasarkan analisis statistik pada Tabel 1, parameter pertumbuhan diameter, tinggi, panjang tajuk, lebar tajuk dan luas tajuk tanaman jarak pagar di bawah tegakan mahoni muda berbeda nyata dengan parameter pertumbuhan di bawah tegakan mahoni tua. Parameter pertumbuhan tanaman jarak pagar di bawah tegakan mahoni muda lebih baik dibandingkan dengan parameter pertumbuhan di bawah tegakan mahoni tua. Demikian juga, produksi jarak pagar di bawah tegakan mahoni muda lebih tinggi dibandingkan dengan produksi di bawah tegakan mahoni tua.

Tingkat dekomposisi daun jarak pagar

Hasil pendugaan kecepatan laju dekomposisi pada serasah daun *J. curcas* (14.38 % per minggu) lebih cepat terdekomposisi dibandingkan serasah daun *Swietenia macrophylla* King (9.70 % per minggu). Serasah daun Jarak pagar (*J. curcas*) lebih mudah didekomposisi oleh organisme pengurai sehingga lebih cepat

terdekomposisi. Serasah yang cepat terdekomposisi menyebabkan pengurangan volume bahan bakar dilantai hutan. Jika suatu vegetasi memiliki serasah yang sulit untuk didekomposisikan maka akan terjadi penumpukan bahan bakar yang justru dapat membuat kejadian kebakaran hutan dan lahan menjadi lebih besar.

Besarnya aliran permukaan dan erosi tanah

Rata-rata besarnya sedimen tertinggi terdapat pada plot kontrol yaitu sebesar 5,90 gram/liter, dan nilai terendah pada plot penanaman jarak pagar bersama mahoni muda sebesar 2,58 gram/liter kemudian pada plot penanaman jarak pagar bersama mahoni tua sebesar 3,16 gram/liter. Rata-rata laju aliran permukaan tertinggi tercatat oleh plot penanaman jarak pagar bersama mahoni tua sebesar 7,38 liter/ha, kemudian plot kontrol (5,89 ton/ha) dan yang terendah pada plot mahoni muda (5,83 ton/ha). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap besarnya sedimentasi dan aliran permukaan. Rata-rata tingkat erosi terendah ditunjukkan oleh plot penanaman jarak pagar bersama mahoni muda yaitu sebesar 0,06 ton/ha, diikuti oleh plot mahoni tua (0,28 ton/ha) kemudian plot kontrol sebesar 0,37 ton/ha. Perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan erosi, respon terbaik adalah pada plot agroforestri jarak pagar dengan mahoni muda yang menunjukkan nilai erosi terendah.

Pengukuran intensitas cahaya dan persentase penutupan tajuk

Hasil pengukuran intensitas cahaya pada tegakan mahoni muda dan mahoni tua terdapat pada Tabel 2 yang menunjukkan bahwa persentase penutupan tajuk tegakan mahoni tua lebih tinggi dibandingkan dengan tegakan mahoni muda. Hal ini memberikan implikasi bahwa intensitas cahaya yang masuk ke bawah tegakan menjadi lebih kecil pada tegakan mahoni tua dibandingkan dengan tegakan mahoni tua. Akibatnya pertumbuhan tanaman jarak pagar di bawah tegakan mahoni muda jauh lebih baik dibandingkan dengan di bawah tegakan mahoni tua.

Menurut Daniel *et al.* (1987), ada beberapa faktor yang mempengaruhi produksi antara lain: tempat tumbuh, iklim, penyebab fisiologis. Sedangkan menurut Sudrajat (2006) salah satu faktor yang mempengaruhi produktifitas tanaman jarak pagar adalah kesuburan tanah.

Tabel 2. Hasil pengukuran intensitas cahaya dan persentase penutupan tajuk mahoni.

Jenis tegakan	Persentase penutupan tajuk (%)	Intensitas cahaya matahari (10^1 LUX)
Mahoni muda	36,50	246
Mahoni tua	84,38	192

Dari faktor-faktor tersebut yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi salah satu adalah intensitas cahaya matahari. Cahaya merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman karena cahaya berkaitan dengan fotosintesis dan respirasi. Pada Tabel 2 intensitas cahaya matahari pada tegakan mahoni muda yaitu $246 \cdot 10^1$ Lux, sedangkan pada tegakan mahoni tua $192 \cdot 10^1$ Lux. Semakin besar intensitas cahaya matahari maka pertumbuhan juga akan semakin cepat, begitu juga akan mempercepat produksi buah. Karena cahaya matahari berpengaruh terhadap tingkat fotosintesis dari suatu tanaman. Daniel *et al.* (1987) menyebutkan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi laju fotosintesis. Bertambahnya intensitas cahaya, maka bertambah pula fotosintesis neto.

Intensitas cahaya matahari dipengaruhi oleh cuaca dan juga tajuk. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa persentase penutupan tajuk pada mahoni muda lebih kecil dibandingkan dengan persentase penutupan tajuk pada mahoni tua. Perbedaan persentase ini menyebabkan intensitas cahaya matahari yang masuk kedalam tegakan mahoni muda dan mahoni tua berbeda. Cuaca juga berpengaruh terhadap intensitas cahaya matahari. Karena setiap waktu cuaca dapat berubah-ubah. Perbedaan waktu pengukuran intensitas cahaya juga dapat berpengaruh terhadap besarnya intensitas cahaya. Untuk itu perlu adanya pengukuran intensitas cahaya dalam waktu yang bersamaan. Dilihat dari hasil perbedaan intensitas cahaya tersebut dapat diduga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi perbedaan pertumbuhan jarak pagar di kedua tegakan.

Jarak tanam merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi. Karena jarak tanam berpengaruh terhadap kompetisi unsur hara, air, dan intensitas cahaya. Tanaman jarak pagar di bawah tegakan mahoni tua ataupun mahoni muda memiliki jarak tanam rata-rata $1\text{ m} \times 1\text{ m}$, namun banyak juga jarak tanam antar jarak pagar kurang atau lebih dari $1\text{ m} \times 1\text{ m}$, sehingga terjadi

ketidakteraturan pada tanaman jarak pagar. Menurut Sudrajat (2006) jarak tanam untuk tanaman jarak pagar $2\text{ m} \times 1,5\text{ m}$ untuk tanah kurus / dengan irigasi, $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ untuk tanah normal, dan $2\text{ m} \times 3\text{ m}$ untuk tanah subur. Menurut Puslitbang Pertanian (2008) jarak tanam untuk tanaman jarak pagar $1,5\text{ m} \times 4\text{ m}$, $1,5\text{ m} \times 6\text{ m}$, $2\text{ m} \times 4\text{ m}$ dan $2\text{ m} \times 6\text{ m}$. Jarak tanam tersebut biasanya diterapkan pada jarak pagar sebagai tanaman pokoknya dan biasanya diisi dengan tanaman pengisi berupa cabe, dan sayuran. Namun, dalam kondisi di lapang jarak tanam hanya $1\text{ m} \times 1\text{ m}$.

Menurut Suprayogo *et al.* (2003) interaksi negatif (kompetisi/persaingan) bila peningkatan satu jenis tanaman diikuti oleh penurunan produksi tanaman lainnya, ada kemungkinan pula terjadi penurunan produksi keduanya. Adanya jarak tanam yang tidak beraturan antar jarak pagar, dan jarak pagar dengan mahoni menyebabkan adanya interaksi yang bersifat negatif. Sehingga dapat menurunkan produktifitas.

Adanya jarak tanam yang tidak beraturan dari kedua tegakan baik tegakan mahoni muda maupun tegakan mahoni tua menyebabkan pertumbuhan dan produksi buah yang tidak maksimal. Jarak tanam ini tidak hanya pada sesama jarak pagar tetapi juga dengan pohon mahoni. Akan terjadi kompetisi baik unsur hara, cahaya matahari, dan air.

Pemeliharaan tanaman juga sangat penting untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi. Pada agroforesti antara mahoni dengan jarak pagar telah dilakukan pemeliharaan, namun kurang intensif. Hal ini terbukti dengan banyaknya gulma berupa rumput dan semak belukar yang tumbuh di bawah tegakan mahoni. Semak belukar lebih banyak ditemukan pada mahoni tua. adanya semak belukar ini juga menyebabkan adanya kompetisi dengan tanaman jarak pagar. Selain penyiaian yang dilakukan juga terdapat pendangiran namun, tidak semua tanaman, ada beberapa tanaman pada mahoni tua yang bagian atas tidak dilakukan pendangiran karena letak tanaman jarak pagar yang sulit dijangkau. Selain itu adanya gangguan hewan kerbau yang menyebabkan tanaman menjadi rusak, dan mati. Tanaman jarak pagar yang sudah rusak dan mati tidak langsung dilakukan penyulaman, terkadang sampai berminggu-minggu baru dilakukan

penyulaman. Penyulaman menggunakan tanaman jarak pagar tidak sesuai dengan jarak tanam 1 m x 1 m.

Buah jarak pagar yang sudah berbuah dan akan siap panen juga diserang oleh hama berupa kepik. Hama ini menyerap buah jarak pagar. Meski tidak banyak menyerang namun, perlu adanya tindakan pencegahan hama dan penyakit agar tidak menyebar pada tanaman jarak pagar yang lain. Perlu dilakukan pemeliharaan yang sangat intensif agar pertumbuhan dan produksi jarak pagar menjadi maksimal. Terutama produksi jarak pagar, perlu adanya perlakuan seperti perlakuan pada tajuk agar produksi semakin meningkat.

Budidaya tanaman jarak pagar memang sudah mulai dikembangkan. Namun, ada beberapa kelemahan yaitu masih kurangnya bibit unggul. Seperti pada jarak pagar yang ditanam di areal tempat penelitian, bibit yang ditanam bukan merupakan bibit unggul. Sehingga produksinya berkurang. Namun, departemen pertanian telah menyiapkan bibit unggul untuk disebar ke masyarakat.

Perbedaan parameter pertumbuhan akar dengan parameter lainnya dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Sutton,(1969) dalam Daniel *et al.* (1987) faktor yang dapat mempengaruhi sistem perakaran seperti tipe tanah, status nutrisi, karakteristik drainase, keberadaan atau ketidak beradaan gambut, lempung, padas dan bahan organik. Tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi.

Dilihat dari hasil panjang akar tanaman jarak pagar memiliki perakaran yang tidak terlalu panjang. Adanya pengukuran panjang akar ini, diperuntukkan untuk perkiraan jarak tanam yang ideal pada jarak pagar untuk agroforestri. Sehingga apabila jarak pagar akan digunakan sebagai tanaman pengisi didalam agroforestri maka tidak akan terjadi persaingan atau kompetisi karena jarak tanam. Jarak tanam yang sesuai untuk jarak pagar lebih besar dari 1 m x 1 m.

Panjang perakaran secara horizontal dan kedalaman perakaran horisontal

Akar bagi tumbuhan berfungsi memperkuat berdirinya suatu tumbuhan. Selain itu, akar juga mempunyai fungsi sebagai organ penyerap yaitu mengambil unsur air dan hara dari dalam tanah yang berguna bagi pertumbuhan suatu

tanaman. Perkembangan akar suatu tanaman dipengaruhi oleh lingkungan, diantaranya adalah kesuburan tanah.

Panjang akar secara horizontal pada tegakan mahoni muda adalah 0,68 m dengan kedalaman perakaran horizontal sebesar 9,95 m. Sedangkan pada tegakan mahoni tua memiliki panjang akar horizontal 1,86 m dengan kedalaman 12,58 m.

Pohon mahoni merupakan tumbuhan tropis yang mempunyai perakaran dalam sehingga unsur hara yang jauh di dalam tanah masih dapat terambil. Selain itu, kedalaman perakaran akan berpengaruh terhadap porsi air yang dapat diserap. Makin panjang dan dalam akar menembus tanah maka makin banyak air yang dapat diserap bila dibandingkan dengan perakaran yang pendek dan dangkal dalam waktu yang sama (Jumin 1989). Perakaran pohon mahoni akan semakin ke dalam dengan bertambahnya umur tanaman.

Kedalaman perakaran horisontal pohon mahoni muda dapat dijumpai pada kedalaman 5,6-14,9 cm, sedangkan pada pohon mahoni tua dapat dijumpai pada kedalaman 9,5-14,8 cm. Panjang perakaran secara horizontal pada pohon mahoni muda berkisar antara 0,5-1,0 m dan pada pohon mahoni tua berkisar antara 1,0-3,0 m. Pada beberapa pohon tertentu telah ditemukan akar yang saling tumpang tindih. Hal ini disebabkan adanya jarak tanam pohon mahoni yang terlalu berdekatan yaitu 2x2 m sehingga unsur hara, air dan cahaya tidak bisa dimanfaatkan secara optimal.

Tabel 3. Panjang dan kedalaman perakaran horizontal pohon mahoni muda dan tua.

Pohon Mahoni	Panjang akar horisontal (m)	Kedalaman akar horisontal (m)
Muda	0,68	9,95
Tua	1,86	12,58

Pada pola tanam tumpang sari, jarak tanam menjadi hal yang sangat penting, karena jarak tanam berkaitan dengan ketersediaan cahaya matahari yang dapat menembus kanopi tanaman utama dan ketersediaan ruang untuk perakaran. Dalam hal perakaran perlu mendapat perhatian karena tanah, selain sebagai media tumbuh tanaman, juga merupakan penyedia unsur hara yang utama untuk tanaman (Sukandi *et al.* 2002). Jarak tanam pohon mahoni dapat diatur sehingga tanaman

semusim atau tanaman pertanian dengan pola tumpang sari dapat tumbuh secara optimal.

Sistem tumpang sari dapat diatur berdasarkan sifat-sifat perakaran dan waktu penanaman. Pengaturan sifat-sifat perakaran sangat perlu untuk menghindari persaingan unsur hara, air yang berasal dari dalam tanah. Sistem perakaran yang dalam ditumpang sarikan dengan tanaman yang berakar dangkal. Tanaman monokotil yang pada umumnya mempunyai sistem perakaran yang dangkal, sedangkan tanaman dikotil pada umumnya mempunyai sistem perakaran yang dalam, karena memiliki akar tunggang.

Selain pengukuran perkembangan akar, pengukuran mengenai dimensi pohon (diameter pohon, tinggi pohon, dan tajuk pohon) juga dilakukan. Pertumbuhan suatu tanaman merupakan suatu proses terjadinya peningkatan jumlah dan ukuran daun dan batang.

Tabel 4. Rata-rata diameter, tinggi dan luas tajuk pohon mahoni muda dan mahoni tua.

Pohon mahoni	Diameter Pohon (cm)	Tinggi pohon (m)	Luas Tajuk Pohon (m^2)
Muda	4,69	6,12	3,42
Tua	32,41	9,32	31,18

Besarnya nilai rata-rata diameter pohon untuk mahoni tua adalah 32,41 cm, tinggi pohon sebesar 9,32 m, dan tajuk pohon sebesar $31,18 m^2$. Dengan adanya hal tersebut, maka akan bertambah pula luas tajuk suatu pohon. Menurut Asmann (1970) *dalam Raharjo et al. ,2008* ukuran tajuk merupakan komponen penting dalam pertumbuhan dan terdapat hubungan yang erat antara ukuran tajuk dengan potensi pertumbuhan pohon. Ukuran tajuk sebanding dengan ukuran tinggi pohon (Oliver 1996 *dalam Raharjo et al. ,2008*).

Ukuran tajuk juga dapat dimanfaatkan untuk menentukan kompetisi antar pohon. Kompetisi ruang untuk mendapatkan unsur hara dan cahaya akan berpengaruh pada bentuk dan luas tajuk. Kekuatan pohon untuk bersaing memperebutkan sumberdaya lingkungan diasumsikan sama dengan ukuran pohon itu sendiri. Pohon yang mempunyai ukuran yang lebih besar, tajuk yang luas dan akar yang lebih banyak, diduga lebih mampu memperebutkan faktor lingkungan

seperti cahaya, unsur hara dan air. Lebar tajuk berkorelasi positif dengan pencapaian akar dalam memperoleh mineral dalam tanah (Raharjo *et al.* 2008).

Proses fotosintesis akan berpengaruh terhadap pertumbuhan daerah perakaran dan bagian pohon yang lainnya. Tajuk melalui proses fotosintesis menyediakan karbohidrat untuk akar, sedangkan akar menyerap air dan hara dari dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tajuk (Wijayanto dan Araujo, 2011).

KESIMPULAN

Tanaman jarak pagar memiliki potensi untuk dikembangkan dalam pola agroforestry, baik sebagai tanaman tepi maupun sebagai tanaman pengisi. Berdasarkan parameter pertumbuhan diameter, tinggi, lebar dan luas tajuk serta produksi buah tanaman jarak pagar, tanaman ini dapat dikembangkan dalam sistem agroforestry dengan dikombinasikan dengan jenis pohon.

Pengaruh kondisi lingkungan yang dihasilkan oleh tegakan mahoni yang berupa penutupan tajuk, intensitas cahaya yang masuk serta sistem perakaran mempengaruhi pertumbuhan tanaman jarak pagar. Sehingga dalam pengembangan jarak pagar ke dalam sistem agroforestry, perlu mempertimbangkan umur pohon dan jarak tanam selain faktor tumbuh lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniel TW, JA Helms, , FS. Baker. 1987. Prinsip-Prinsip Silvikultur. Djoko Marsono, penerjemah; Oemi Hani'in Soeseno, editor. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Harijadi. 2005. Sistem budidaya tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn). Makalah Seminar Nasional Pengembangan Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn) Untuk Biodiesel dan Minyak Bakar. Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat IPB. Bogor, 22 Desember 2005.
- Istomo, B. Wasis, E. Prihatiningtyas. 2010. Pengaruh Agroforestri Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn.) Terhadap Produktivitas Lahan dan Kualitas Lingkungan di Areal Perum Perhutani KPH Bogor. Jurnal Silvikultur III (I) : 113-118.

- Jumin HB. 1989. *Ekologi Tanaman Suatu Pendekatan Fisiologis*. Jakarta: CV. Rajawali.
- Perum Perhutani. 1988. Pedoman Pelaksanaan Program Perhutanan Sosial. Perum Perhuani. Jakarta.
- Perum Perhutani. 1990. Pedoman Agroforestry dalam Program Perhutanan Sosial. PHT-62 Seri 39 Produksi Perum Perhutani. Jakarta.
- Puslitbang Pertanian. 2008. Info Teknologi Jarak (*Jatropha curcas* Linn.). [Terhubung berkala] <http://perkebunan.litbang.deptan.go.id> [10 Oktober 2011].
- Raharjo, JT, Sadono R. 2008. Model Tajuk Jati (*Tectona grandis* L.F) Dari Berbagai Famili Pada Uji Keturunan Umur 9 Tahun. Jurnal Ilmu Kehutanan II (2) : 89-95.
- Sudrajat, HR. 2006. *Memproduksi Biodiesel Jarak Pagar*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Sukandi T, Sumarhani, Murniati. 2002. *Informasi Teknis Pola Wanatani (Agroforestri)*. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Bogor.
- Suprayogo D. et al. 2003. *Peran Agroforestri pada Skala Plot : Analisis Komponen Agroforestri sebagai Kunci Keberhasilan atau Kegagalan Pemanfaatan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Center.
- Suryahadi S and L Syaufina. 2006. Potensi jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn) sebagai tanaman sekat bagar. Skripsi Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB. Tidak Diterbitkan.
- Wijayanto N dan J de Araujo. Pertumbuhan tanaman pokok cendana (*Santalum album* Linn.) pada sistem agroforestry di Desa Sanirin, Kecamatan Balibo, Kabupaten Bobonaro , Timor Leste. J. Silvikultur Tropika Vol. 03. No.1. Agustus 2011, hal 119-123.

**IDENTIFIKASI TRIKOMA KELENJAR UNTUK PRODUKSI
ARTEMISININ PADA *Artemisia annua* L.MENGGUNAKAN
PENDEKATAN MOLEKULAR**

(Molecular Identification of Grandular Trichomes of *Artemisia annua* L. for Artemisinin Production)

Utut Widyastuti^{1,2)}, Juliarni²⁾, Yuli Widiaستuti³⁾, Dania²⁾, Fajri²⁾

¹⁾Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi, LPPM IPB,

²⁾Dep. Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, IPB,

³⁾Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional

ABSTRAK

Produksi artemisinin yang merupakan zat bioaktif antimalaria pada tanaman *Artemisia annua* (Asteraceae) disekresikan oleh trikoma kelenjar yang telah mencapai kematangan fisiologi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pada tahap pertumbuhan daun yang dapat menghasilkan trikoma kelenjar yang sudah mencapai kematangan fisiologi (berkembang sempurna) dalam jumlah besar serta melihat ekspresi dari gen *CYP71AV*, gen yang bertanggung jawab dalam biosintesis artemisinin. Pengamatan trikoma kelenjar pada beberapa tahapan pertumbuhan daun (kuncup, setengah membuka, lamina berkembang sempurna, dan daun tua sebelum gugur) menunjukkan bahwa baik pada aksesi ungu (genjah) maupun aksesi hijau (dalam) produksi artemisinin tertinggi terdapat pada stadia perkembangan daun setengah membuka dan ditandai dengan banyaknya trikoma kelenjar yang belum pecah. Ekspresi gen *CYP71AV* tertinggi pada aksesi hijau terdapat mulai daun kuncup dan maksimal pada daun setengah membuka, kemudian menurun pada daun membuka dan tidak terekspresi pada daun luruh. Sedangkan pada aksesi ungu ekspresi tertinggi hanya terdapat pada daun kuncup dan sedikit pada daun membuka. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dianjurkan untuk memanen tanaman sebelum antesis pada stadia daun setengah membuka sampai membuka.

Kata kunci: *Artemisia annua*, glandular trichomes, *CYP71AV* gene, gene expression.

ABSTRACT

Artemisia annua (Asteraceae) has a glandular trichome which secretes artemisinin, antimalarial substances. This research aimed to study the relation between glandular trichomes maturity with leaf development and expression of *CYP71AV* gene that responsible to biosynthesis of artemisinin during leaf development. Observation on development of glandular trichomes was done before anthesis (maximum vegetative growth) and at fourth stage of leaf development. Glandular trichomes in leaves in fourth stage development (leaf tip, half open leaf, maturity leaf, fall leaf) were studied. It has been observed that number of glandular trichomes were increased from half leaf open stage until leaf maturity stage in green accession, but in purple accession was increased until fall leaf stage. Artemisinin content analysis showed that half open leaf on both accession had higher content of artemisinin compare than other stage of leaves. Expression of *CYP71AV* gene was increased from leaf tip until half leaf open stage and decreased during leaf maturity and no expression on the fall leaf stage in green accession. But, in purple accession expression of *CYP71AV* gene only on half leaf open stage. Based on this results, it was suggested to harvest leaves of *A. annua* at half leaf open stage before anthesis.

Keywords: *Artemisia annua*, glandular trichomes, *CYP71AV* gene, gene expression.

PENDAHULUAN

Malaria merupakan salah satu penyakit yang meluas diberbagai negara. Penyakit malaria disebabkan oleh *Plasmodium* spp. merupakan satu dari sepuluh penyakit yang paling mematikan di dunia. Lebih dari 600 juta kasus di dunia terinfeksi malaria, dan menyebabkan 1.7 – 2.5 juta orang/tahun mengalami kematian. Empat puluh persen dari jumlah tersebut terdapat di negara berkembang, antara lain India, Indonesia, Amerika Latin dan negara-negara di Afrika (Graz *et al.* 2011). *Artemisia annua* L. (Asteraceae) merupakan tanaman obat yang sudah lama digunakan di Cina sebagai obat antimalaria (Klayman 1985). Tanaman ini mengandung senyawa terpenoid komplek, salah satunya adalah artemisinin yang merupakan senyawa seskuiterpen lakton endoperoxide(Ferreira & Janick 1996). Artemisinin adalah senyawa yang efektif untuk membasmi jenis-jenis malaria yang resisten terhadap kuinin dan klorokuin serta malaria serebral yang disebabkan oleh *Plasmodium falciparum* (Paniego & Giuletti 1994).

Menurut van Geldre *et al.* (1997) artemisinin yang dihasilkan oleh *A. annua* disintesis di akar dan diakumulasikan di daun dan bagian tanaman lainnya. Kandungan artemisinin daun mencapai 89% dari kandungan total tanaman. Daun *A. annua* tertutup oleh trikoma kelenjar dan non-kelenjar (Duke & Paul 1993). Selain di daun trikoma kelenjar juga ditemukan di bunga (Ferreira & Janick 1995). Trikoma kelenjar terdiri atas lima pasang sel meliputi sepasang sel basal, sepasang sel tangkai dan tiga pasang sel sekretori (Duke & Paul 1993). Artemisinin diakumulasikan pada ruang subkutikular sel sekretori trikoma kelenjar.

Menurut Ferreira dan Janick (1995) Produksi artemisinin yang tinggi berhubungan erat dengan telah tercapainya kematangan fisiologi trikoma kelenjar. Kemampuan produksi artemisinin di lapang dan hubungannya dengan kematangan fisiologi trikoma kelenjar dari dua aksesi *A. annua* telah dilakukan pada dua aksesi yaitu ungu dan hijau. Hasil penelitian menunjukkan trikoma kelenjar tersebar merata pada helai daun. Pada bunga trikoma kelenjar terdapat pada braktea dan floret (bunga individu). Pada kedua aksesi sebelum antesis, daun-daun yang terletak di bagian atas cabang memiliki kerapatan total trikoma kelenjar lebih tinggi daripada daun-daun yang terdapat di bagian tengah dan bawah cabang. Sedangkan pada saat antesis kerapatan total trikoma kelenjar daun-daun di bagian bawah memiliki nilai yang

lebih tinggi daripada daun-daun di bagian tengah dan bagian atas cabang. Hasil analisis artemisinin menunjukkan pada kedua aksesi dan sebelum antesis, daun-daun di bagian tengah cabang memiliki kandungan artemisinin lebih tinggi daripada daun-daun di bagian atas dan bawah (UVB dan HUVB) cabang. Hal yang sama juga terlihat pada saat antesis, walaupun perbedaan jelas cukup terlihat pada aksesi hijau ungu daripada aksesi ungu (Juliarni *et al.* 2007).

Biosintesis artemisinin dimulai dengan konversi farnesil diposfat (FPP) menjadi artemisinin dengan bantuan enzim *amorpha-4,11-diene synthase* yang kemudian dilanjutkan dengan enzim *amorpha-4,11-diene hydroxylase*, *cytochrome P450 monooxygenase (CYP71AV1)* dan *artemisinic aldehyde Δ11(13) reductase* (Teoh *et al.* 2006). Penemuan tentang biosintesis artemisinin memberikan gambaran yang jelas bagaimana peranan senyawa amorpho-4,11-diene sebagai senyawa intermediate didalam biosisntesis artemisinin (Bertea *et al.* 2005). Berdasarkan kelimpahan amorpho-4,11-diene di ekstrak dan kloning serta analisis ekspresi amorpho-4,11-diene diketahui bahwa merupakan seskuiterpene siklase (Wallart *et al.* 2001 dan Chang *et al.* 2000). Pada saat ini diketahui bahwa hidroxilasi menjadi senyawa antara artemisinin dikontrol oleh gen CYP71AV1 yang berperan multifungsi sebagai sesqiterpene oxidase (Teoh *et al.* 2006)

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pada tahap pertumbuhan daun yang dapat menghasilkan trikoma kelenjar yang sudah mencapai kematangan fisiologi (berkembang sempurna) dalam jumlah besar serta melihat ekspresi dari gen CYP71AV, gen yang bertanggung jawab dalam biosintesis artemisinin

METODE PENELITIAN

Pengambilan Sampel di Lapang

Daun dari dua aksesi *A. annua* yang terdapat di kebun percobaan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional, Tawangmangu, Solo, dipanen mulai dari saat kuncup sampai sebelum daun tersebut gugur (4 tahap). Sampel daun tersebut dipanen pada bagian tengah tajuk selama pertumbuhan vegetatif sebelum waktu antesis (Gambar 1 dan 2).

Penentuan kriteria tanaman yang digunakan untuk diamati kelenjar glandular trikoma adalah pada 3 cabang yang terletak pada sepertiga bagian dari tajuk pada tanaman yang memiliki pertumbuhan vegetatif maksimum, yaitu ditandai dengan munculnya kuncup bunga. Selanjutnya dari ketiga cabang yang memiliki pertumbuhan vegetatif maksimum (sebelum terjadi antesis) pada dua akses, yaitu hijau dan ungu (Gambar 1 dan 2) ditentukan tahapan perkembangan daun.



Gambar 1. Kriteria tanaman *Artemisia annua* L aksesi hijau. Tanda panah: kuncup bunga.



Gambar 2. Kriteria tanaman *Artemisia annua* L aksesi ungu. Tanda panah: kuncup bunga.

Penentuan tahapan perkembangan daun pada cabang tanaman terpilih. Tahapan perkembangan daun yang digunakan baik untuk penentuan kandungan artemisin maupun pengamatan kelenjar glandular trikoma diambil dari 4 tahap perkembangan daun, yaitu pucuk, daun setengah membuka, berkembang lebih

sempurna (maksimum) dan daun yang gugur (Gambar 3). Untuk penentuan kandungan artemisin dengan menggunakan kromatografi lapis tipis (*TLC*) dan densitometer, maka diambil sebanyak 2 g daun dari semua tahap perkembangan daun. Sedangkan untuk pengamatan anatomi menggunakan *SEM* diambil 2 helai untuk setiap tahapan perkembangan, kemudian disimpan dalam larutan fiksatif. Selanjutnya daun akan diproses untuk pengamatan anatomi kelenjar galundular trikoma dengan *SEM*.



Gambar 3. Tahapan perkembangan daun tanaman *Artemisia annua* L. (a) kuncup, (b) setengah membuka, (c) berkembang sempurna dan (d) gugur.

Pengamatan Trikoma Kelenjar

Struktur anatomi trikoma kelenjar pada setiap tahap pertumbuhan daun diamati dengan menggunakan mikroskop elektron payaran (*SEM*). Persiapan preparat *SEM* adalah sebagai berikut: potongan daun diprafiksasi di dalam larutan glutaraldehid 2.5% selama 12 jam pada suhu 4°C, kemudian dicuci dengan larutan bufer *cacodylate* sebanyak empat kali dengan masing-masing tahap berlangsung selama 15 menit pada suhu 4°C. Selanjutnya dilakukan *post-fiksasi* dengan memasukkan daun ke dalam larutan osmium tetroksida 2% pada suhu 4°C selama 1 jam. Selanjutnya daun dicuci dengan larutan bufer *cacodylate* sebanyak empat kali dengan masing-masing tahap berlangsung selama 15 menit pada suhu 4°C. Selanjutnya sampel dicuci dengan akuades pada suhu 4°C selama 15 menit. Proses dehidrasi dilakukan dengan seri larutan alkohol yaitu pertama-tama daun direndam dalam larutan alkohol 50% sebanyak empat kali dengan masing-masing tahap berlangsung

selama 15 menit pada suhu 4°C, selanjutnya daun direndam dalam larutan alkohol 75% (*stop point*). Kemudian daun direndam di dalam larutan alkohol 85% selama 20 menit pada suhu 4°C. Sampel daun selanjutnya dimasukkan ke dalam larutan alkohol 94% selama 20 menit pada suhu kamar, tahap terakhir adalah perendaman di dalam larutan alkohol absolut sebanyak dua kali dengan masing-masing tahap berlangsung selama 10 menit pada suhu kamar. Sampel daun yang telah didehidrasi kemudian dikeringbekukan di dalam larutan t-Butanol selama 3 jam setelah terlebih dahulu dimasukkan ke dalam larutan yang sama selama 10 menit sebanyak dua kali. Selanjutnya sampel daun dilekatkan pada *specimen stub* menggunakan perekat karbon, kemudian permukaannya disepuh dengan logam emas untuk kemudian diamati dengan SEM. Karakter anatomi yang diamati pada irisan paradermal adalah tahapan perkembangan, bentuk, ukuran dan kerapatan (jumlah/mm²) trikoma kelenjar.

Analisis Artemisinin

Analisis artemisinin dilakukan dengan bantuan alat Kromatografi Lapis Tipis (KLT) densitometri dengan $\lambda = 540$ nm. Sampel daun dan bunga dikeringkan di oven pada suhu 40°C sehingga kadar airnya mencapai kurang dari 10%. Kemudian sampel dihaluskan sehingga menjadi serbuk dan diayak dengan pengayak 40 mesh. Sampel serbuk daun dan bunga yang digunakan sebanyak 1000 mg. Selanjutnya sampel dimerasasi dengan 10 ml n-heksan selama 3 x 24 jam, disaring, dan dicuci dengan 10 ml n-heksan kembali. Ekstrak heksan kemudian diuapkan dengan vakum untuk mendapatkan ekstrak heksan pekat. Sampel kemudian dianalisis konsentrasi artemisininnya dengan menggunakan KLT. Sebagai standar digunakan artemisinin dari SIGMA USA. Sampel yang mempunyai nilai Rf yang mirip dengan standar artemisinin dilanjutkan analisisnya. Spot sampel pada plot silica gel (GF254) dihitung kadar artemisininnya dengan cara menghitung luas spot yang telah diukur oleh densitometer. Luas area yang diperoleh diplotkan ke kurva baku sehingga diperoleh kadar artemisinin dalam larutan.

Isolasi RNA total

Isolasi RNA dengan Metode Trizol.

Sebanyak 50-100 mg daun pada setiap stadia perkembangan yang telah tersimpan dalam aluminum foil di dalam freezer, diberi nitrogen cair langsung digerus dengan menggunakan mortar sampai halus berbentuk bubuk. Bubuk dicampur dengan 800 μ l Trizol (*Invitrogen*). Suspensi sel dipindahkan ke dalam ependorf, dan diinkubasikan pada suhu ruang selama kurang lebih 5 menit. Ke dalam ependorf tersebut, kloroform (200 μ l) dimasukkan dan suspensi sel divortex sampai tercampur. Campuran diinkubasikan pada suhu ruang selama 3 menit. Selanjutnya ependorf tersebut disentrifugasi dengan kecepatan 9000 rpm (Jouan BR4i) dengan suhu 6 °C selama 15 menit. Cairan bagian atas diambil sebanyak minimal 60% dari volume Trizol. Supernatan tersebut dipindahkan ke dalam ependorf baru, dan ditambah dengan isopropil alkohol lalu diinkubasikan dalam suhu ruang selama 10 menit. Setelah itu ependorf tersebut disentrifugasi dengan kecepatan 9000 rpm selama 10 menit dengan suhu 6 °C. Supernatan dari hasil sentrifugasi dibuang, dan endapannya diambil, kemudian ditambah dengan etanol 75%. Ependorf kembali disentrifugasi dengan kecepatan 5700 rpm selama 5 menit dengan suhu 6 °C. Etanol 75% dibuang, endapan dikeringkan dengan menggunakan vakum. Setelah kering endapan disuspensikan dalam 30 μ l H₂O-DEPC 0.1%.

Kuantitas RNA total dianalisis dengan menggunakan *spektrofotometer*, absorbansi diukur pada panjang gelombang 260 (λ_{260}), dan 280 (λ_{280}). Keutuhan RNA total dianalisis secara kualitatif menggunakan metode elektroforesis, dengan memigrasikan RNA pada gel agarosa di dalam bufer MOPS 1% (4,2 g/l 3-Morpholinopropanesulfonic acid (C₇H₁₅NO₄), 0,41 g/l Na-asetat, 0,37 g/l Na₂EDTA.H₂O).

Sintesis cDNA Total.

Sintesis cDNA total melalui transkripsi balik (RT) dilakukan dengan metode Suharsono *et al.* (2002). Sebanyak 500 ng RNA total dicampur dengan 4 μ l buffer (5x), 2 μ l 2 mM dNTP mix, 2 μ l 0.1 M dTT, 2 μ l primer oligo(dT), 0.2 μ l 0.1 U enzim *reverse transcriptase* (RT), dan H₂O-DEPC hingga volume akhir reaksi 20

μ l. Kondisi RT adalah 10 menit suhu 30 °C, 50 menit suhu 42 °C, 5 menit suhu 95 °C.

Evaluasi keberhasilan sintesis cDNA total dilakukan melalui PCR dengan menggunakan primer β -aktin. PCR β -aktin dilakukan dengan mencampur 2 μ l cDNA total, 2 μ l buffer (10x), 1 μ l 2 mM dNTPmix, 0.8 μ l 25 mM MgCl₂, 0.1 μ l 0.1 U enzim *taq polimerase*, 2 μ l 10 pmol primer *forward* (F), 2 μ l 10 pmol primer *reverse* (R), digenapkan dengan ddH₂O hingga 20 μ l. Kondisi PCR adalah pra-PCR 95 °C 5 menit, denaturasi 94 °C 30 detik, annealing 56 °C 30 detik, ekstensi 72 °C 2 menit, siklus diulangi 30 kali, dan pasca-PCR 72 °C 5 menit. Apabila cDNA yang disintesis adalah murni yang tidak terkontaminasi DNA genom, maka PCR menghasilkan amplifikasi berukuran 450 pb. Apabila terkontaminasi DNA genom, maka produk hasil PCR berukuran 540 pb karena cetakan DNA genom yang diamplifikasi meliputi daerah ekson 1, intron dan ekson 2. Selain untuk melihat keberhasilan sintesis cDNA dan kemurnian cDNA dari kontaminan DNA genom, PCR β -aktin juga digunakan untuk menyetarakan konsentrasi cDNA pada berbagai perlakuan. primer aktin yang didesain dari kedelai (Ac.TTTTV00450) dengan primer *forward* tepat pada kodon awal (5' ATGGCAGATGCCGAGG ATAT3') dari ekson 1 dan primer *reverse* tepat pada daerah ekson 2 (5' CAGTTGTGCG ACCACTTGCA3'). Untuk mengetahui ukuran PCR β -aktin, dilakukan elektroforesis pada gel agarosa di dalam bufer elektroda TAE 1x (0.04 M Tris-acetate, 0.001 M EDTA).

Analisis ekspresi gen CYP71AV1

Analisis ekspresi akan mengikuti metode Teoh et al. (2006) menggunakan primer 5'CACCATGGCACTCTCACTGACCAC dan 5'CTAGAAACTTGGAACGAGTAACAAAC

HASIL DAN PEMBAHASAN

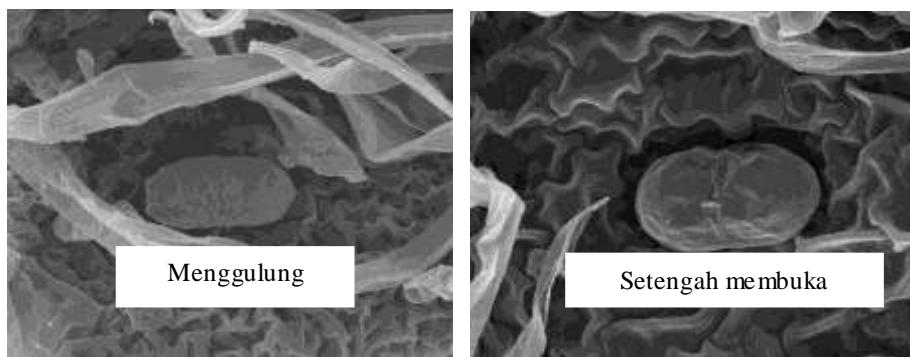
Hubungan antara Kerapatan Total Trikoma Kelenjar dan Kandungan Artemisinin

Pada kedua aksesi sebelum antesis, hasil analisis artemisinin menunjukkan pada daun setengah membuka baik pada aksesi hijau (H) maupun aksesi ungu (U)

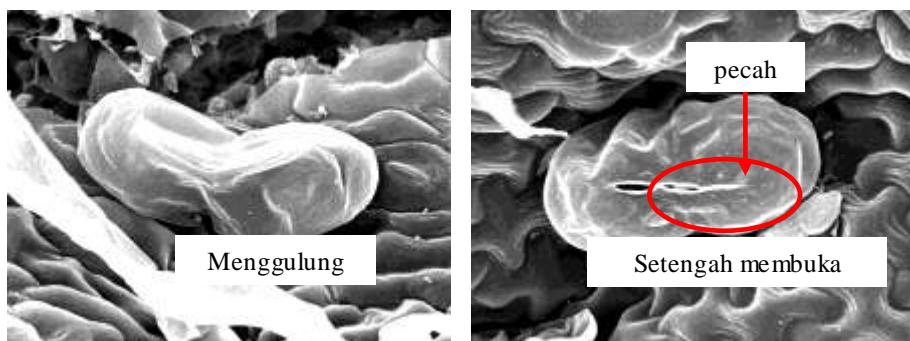
memiliki kandungan artemisin yang tinggi dibandingkan dengan stadia perkembangan daun yang lain. Aksesi ungu memiliki kandungan artemisinsn lebih tinggi dibandingkan dengan aksesi hijau, hal ini diduga berhubungan dengan kematangan fisiologi dari aksesi ungu yang merupakan tanaman genjah.

Berdasarkan kondisi fisiologi trikoma kelenjar yang terdapat pada setiap stadia perkembangan daun maka pada aksesi hijau jumlah trikoma kelenjar matang perluas daun lebih banyak dibandingkan dengan yang telah pecah mulai stadia pucuk, setengah membuka, membuka sempurna, sedangkan pada stadia luruh trikoma kelenjar lebih banyak dalam kondisi pecah (Tabel 1). Pada aksesi ungu jumlah trikoma kelenjar pecah perluas daun lebih banyak dibandingkan dengan yang matang pada semua stadia perkembangan daun, hal ini diduga berhubungan dengan sifat tanaman ini yang lebih genjah (Tabel 1). Banyaknya trikoma kelenjar matang di aksesi ungu pada stadia perkembangan daun setengah membuka diduga menyebabkan kandungan artemisinin kandungan artemisinin pada daun aksesi ungu lebih banyak daripada aksesi hijau (Gambar 4 dan 5) karena kelenjar trikoma yang matang ini sebagai tempat penyimpanan senyawa metabolit sekunder (Ferreira dan Janick (1995)

Hubungan antara kerapatan total trikoma kelenjar dan kandungan artemisinin yang terdapat pada berbagai stadia perkembangan daun menunjukkan hal yang tidak sama antara aksesi hijau dan ungu. Pada aksesi hijau terlihat jumlah trikoma meningkat mulai dari stadia pucuk hingga daun membuka sempurna dan menurun pada saat daun luruh, sedangkan pada aksesi ungu jumlah trikoma cenderung meningkat sampai stadia daun luruh. Walaupun kandungan artemisin pada dua aksesi ini memiliki persamaan pola dimana meningkat pada stadia daun setengah membuka, tetapi hal ini agak berbeda pada pola jumlah trikoma antara kedua aksesi (Gambar 6). Jumlah trikoma yang cenderung meningkat pada daun luruh di aksesi ungu tidak berkorelasi dengan kandungan artemisinin, hal ini diduga karena banyaknya trikoma kelenjar yang telah pecah dibandingkan yang matang (Tabel 1). Sedangkan pada aksesi hijau pada stadia daun luruh jumlah trikoma yang menurun di duga menyebabkan pula kandungan artemisinin yang cendrung menurun, serta banyaknya trikoma kelenjar dalam keadaan pecah dibandingkan dengan kelenjar yang matang (Tabel 1).



Gambar 4. Kondisi trikoma kelenjar pada stadia daun menggulung dan setengah membuka yang terdapat pada abaksial aksesi hijau *A. annua*.



Gambar 5. Kondisi trikoma kelenjar pada stadia daun menggulung dan setengah membuka yang terdapat pada abaksial aksesi ungu *A. annua*.

Tabel 1. Rata-rata jumlah trikoma perluas daun total (jumlah/mm²) berdasarkan tahapan perkembangan trikoma pada berbagai stadia perkembangan daun aksesi hijau dan ungu.

Aksesi	Trikoma muda	Trikoma matang	Trikoma pecah
Hijau			
Daun menggulung (pucuk)	0	188	42
Daun setengah membuka	103	1183	823
Daun membuka sempurna	698	1409	1385
Daun luruh	0	962	1430
Ungu			
Daun menggulung (pucuk)	9	95	180
Daun setengah membuka	267	1365	1769
Daun membuka sempurna	391	1980	6247
Daun luruh	0	4129	8821

Tingginya kandungan artemisinin pada stadia pertumbuhan daun setengah membuka baik pada aksesi ungu maupun hijau di duga berhubungan dengan banyaknya kelenjar trikoma dalam keadaan matang sehingga kandungan senyawa

metabolit masih tersimpan dengan baik di kantong kelenjar. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gupta *et al.* (2002), yang mendapatkan bahwa kandungan artemisinin pada stadia daun yang lebih muda lebih tinggi dibandingkan dengan daun yang tua. Selain itu waktu pemanenan juga dapat menyebabkan perbedaan kandungan artemisinin yang terdapat pada daun. Daun yang ditanam pada musim hujan (Juli-September) menyebabkan terjadi peningkatan pada kandungan artemisinin di daun (Gupta *et al.* 2002). Walaupun daun yang diambil untuk dianalisa pada penelitian ini dilakukan pada bulan Juli dan menunjukkan kandungan artemisinin tertinggi pada stadia setengah membuka, hal ini belum dapat dikaitkan dengan adanya lingkungan musim hujan, karena pada bulan Juli belum banyak terdapat hujan di lokasi penelitian. Oleh karena itu akan sangat menarik untuk melihat perubahan musim hujan dan kering dengan waktu pembentukan artemisinin pada setiap perkembangan daun.

Aksesi ungu merupakan aksesi yang cepat berbunga (aksesi genjah), sedangkan aksesi hijau merupakan aksesi yang paling lama berbunga (aksesi dalam) sehingga mempengaruhi perkembangan trikoma kelenjar. Perkembangan trikoma kelenjar aksesi ungu lebih dahulu daripada aksesi hijau ungu sehingga akumulasi artemisinin pada trikoma kelenjar aksesi ungu diduga terjadi lebih awal daripada aksesi hijau ungu.

Analisis ekspresi gen *CYP71AV* pada berbagai stadia perkembangan daun.

Tahapan perkembangan daun yang digunakan baik untuk penentuan ekspresi gen *CYP* diambil dari 4 tahap perkembangan daun, yaitu pucuk, daun membuka, berkembang lebih sempurna (maksimum) dan daun yang gugur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa:

Ekspresi gen *CYP71AV* meningkat pada daun yang setengah membuka dan tidak terdapat ekspresi pada daun yang gugur pada aksesi hijau (Gambar 7), sedangkan pada aksesi ungu ekspresi gen *CYP71AV* hanya muncul pada saat daun setengah membuka dan sangat kecil sekali pada saat kuncup (data tidak ditampilkan).



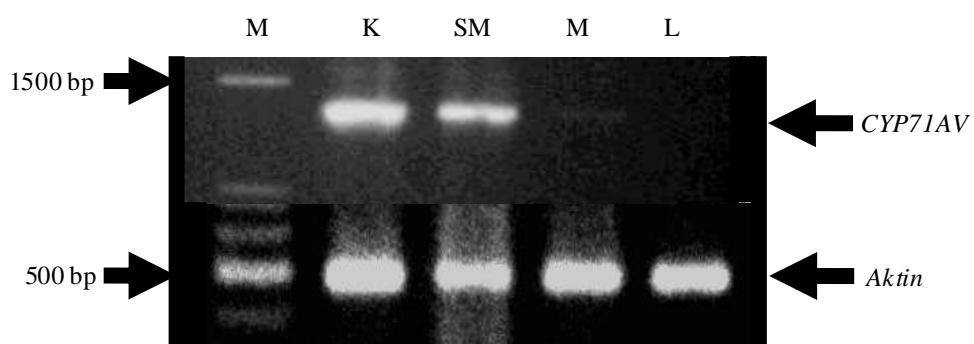
Tahapan perkembangan daun

(a)



(b)

Gambar 6. Hubungan antara jumlah trikoma dan kadar artemisinin perluasan daun total (mm²) pada aksesi hijau (a) dan ungu (b).



Gambar 7. Ekspresi gen *CYP71AV* pada berbagai stadia perkembangan daun di aksesi hijau dan ekspresi gen aktin sebagai kontrol. M= Marker 1 kb, K= Kuncup, SM= Setengah membuka, M= Membuka penuh, L= Daun tua (luruh).

Hasil ekspresi gen *CYP71AV* yang diperoleh sesuai dengan kandungan artemisinin yang diperoleh, dimana ekspresi gen ini mulai meningkat pada saat kuncup sampai setengah membuka dan mulai turun pada saat daun membuka penuh dan akan luruh (tua). Hal ini sedikit berbanding terbalik dengan jumlah trikom dimana mana daun yang membuka penuh jumlah trikom masih banyak,

tetapi karena sudah banyak dalam keadaan pecah sehingga menyebabkan kandungan artemisinin berkurang. Hasil ekspresi gen CYP71AV ini sejalan dengan penelitian Gupta et al. (2002) yang mendapatkan bahwa pada umumnya daun muda memiliki kandungan artemisinin lebih banyak dari daun tua.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh ini maka dianjurkan untuk memanen tanaman pada stadia daun setengah membuka karena artemisinin dan metabolit sekunder lainnya belum menguap keluar dari ruang subkutikular trikoma kelenjar seperti yang dilaporkan oleh Ferreira dan Janick (1995) yaitu kutikula yang menutupi tiga pasang sel teratas dari sel sekretori (sel apikal) akan terpisah dari dinding sel selama perkembangan trikoma kelenjar serta membentuk suatu kantung yang terisi oleh artemisinin dan zat bioaktif lainnya. Setelah menggelembung maksimal, kantung tersebut pecah dan mengeluarkan isinya .

KESIMPULAN

Produksi artemisin tertinggi diperoleh pada stadia daun setengah membuka yang ditandai dengan telah tercapainya kematangan fisiologi dari kelenjar trikoma serta ekspresi yang tinggi dari gen *CYP71AV*, yang merupakan gen yang bertanggung jawab dalam biosintesis artemisin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DP2M-DIKTI melalui DIPA-IPB yang telah memberikan dana penelitian kepada Utut Widayastuti dengan no kontrak DIPA IPB, 89/I3.24.4/SPK/BG-PD/2009 Tanggal 30 Maret 2009 dan Nomor:25/13.24.4/SPP/PF/ 2011 Tanggal, 28 Maret 2011. Terima kasih kepada Puslit Bioteknologi, LIPI yang telah memberikan bantuan fasilitas penelitian untuk SEM.

DAFTAR PUSTAKA

Bertea, CM, Freije, JR., van der Woude, H. Verstappen FW, Perk, L., Marquez, V., de Kraker J.W., Posthumus, M.A., Jansen, B.J., de Groot, A., Franssen, M.C. and Bouwmeester, H.J. 2005. Identification of intermediates and enzymes involved in the early steps of artemisinin biosynthesis in *Artemisia annua*. *Planta Med.* 71, 40-47.

- Chang, Y.J., Song, S.H., Park, S.H. and Kim, S.U. 2000 Amorpha-4,11 -diene synthase of *Artemisia annua*: cDNA isolation and bacterial expression of a terpene synthase involved in artemisinin biosynthesis. *Arch. Biochem. Biophys.* 383, 178-184.
- Duke SO, RN Paul. 1993. Development and fine structure of the glandular trichomes of *Artemisia annua* L. *Int J Plant Sci* 154: 107-118.
- Ferreira JFS, J Janick. 1995. Floral morphology of *Artemisia annua* with special reference to trichomes. *Int J Plant Sci* 156: 807-815.
- Ferreira JFS, J Janick. 1996. Distribution of artemisinin in *Artemisia annua*. <http://www.Hort.Purdue.Edu/newcrop/proceedings1996/v3-578.html>. [2 Mei 2004].
- Geldre van E, Vergauwe A, Eeckhout van den E. 1997. State of the art of the production of the antimalarial compound artemisinin in plants. *Plants Mol Biol* 33: 199-209.
- Graz B, Kitua A, Malebo HM. 2011. To what extent can traditional medicine contribute acomplementary or alternative solution to malaria control programmes? *Malaria Journal* 10: 1-6.
- Gupta, SK., Singh, P., Bajpai, P., Ram, G., Singh G., Gupta, MM., Jain, DC., Khanuja SPS., Kumar S. 2002. Morphogenetic variation for artemisinin and volatile oil in *Artemisia annua*. *Ind. Crops Prod.* 16:217-224
- Juliarni, HA Dewanto, TM Ermayanti. 2007. Studi karakter anatomi daun dari kultur tunas *Artemisia annua* L. *Jurnal Agronomi* 21:8-12
- Klayman DL. 1985. Qinghaosu (artemisinin): an antimalarial drug from China. *Science* 228 : 1049-1055
- Teoh. KH, Polichuk DR, Reed DW, Nowak G, Covello PS. 2006. *Artemisia annua* L. (Asteraceae) trichome-specific cDNAs reveal *CYP71AV1*, a cytochrome P450 with a key role in the biosynthesis of the antimalarial sesquiterpene lactone artemisinin. *FEBS Letters* 580: 1411-1416
- Wallaart, T.E. Bouwmester, H.J., Hille, J., Poppinga, L. and Maijers , N.C. (2001) Amorpha-4,11 -diene synthase: cloning nad functional expression of a key enzyme in the biosynthetic pathway of the novel antimalarial drug artemisinin. *Planta* 212, 460-465.

BIDANG BIOLOGI DAN KESEHATAN

**EFEKTIVITAS FAGE LITIK DARI LCRT PADA PEMECAHAN SEL
PATOGEN ENTERIK *Salmonella sp.* RESISTEN ANTIBIOTIK**
(Effectivity of Lytic Phage to *Salmonella sp.* Resistant Antibiotic as
Enteric Pathogen)

Sri Budiarti, Iman Rusmana, Riri Novita Sunarti¹⁾

¹⁾Dep. Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB

ABSTRAK

Penggunaan fage litik sebagai biokontrol telah dilaporkan dapat menurunkan populasi bakteri resisten antibiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan fage litik yang mampu melisiskan *Salmonella* Sp. Resisten antibiotik yang diisolasi dari penderita diare. Fage litik diisolasi dari limbah cair rumah tangga, isolate fage diperbanyak dan diuji kemampuan menurunkan populasi inangnya, perpecahan sel inang diamati pada mikroskop electron SEM. Hasil isolasi dan pemurnian faga diperoleh empat isolat faga, ialah faga FR 15, FR 19, FR 38 dan FR 84. Setiap faga spesifik untuk inang masing-masing. Penambahan konsentrasi faga dari $\pm 10\,000$ PFU mL⁻¹ dari isolat FR 38 memiliki aktivitas tertinggi. Faga ini mampu mengurangi kekeruhan populasi sel *Salmonella* sp. setelah 5 jam diinokulasi faga. Selain itu pada kepadatan $\pm 30\,000$ PFU mL⁻¹ dari isolat FR 84 memiliki aktivitas melisis sel tertinggi. Faga ini mampu mengurangi sel *Salmonella* sp. secara signifikan dalam waktu 1 jam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan sebagai biokontrol air dan makanan.

Kata kunci: *Salmonella* Sp., fage litik, resisten antibiotic, *Salmonellosis*

ABSTRACT

Lytic phage has been reported use as biocontrol for decreasing antibiotic resistant bacteria population. The aim of this research is to get lytic phage that could lysised antibiotic resistant *Salmonella* sp. that isolated from patients with diarrheal disease. Lytic phage was isolated from household water waste, isolated phage was multiplied and ability for decreasing the host population was tested, observed in SEM electron microscope. There are four results of phage isolation and purification, namely FR 15, FR 19, FR 38, and FR 85. Every phage was specific for each host. Increment of phage concentration from ± 10000 PFU mL⁻¹ of FR 38 has a highest activity. This phage could decrease *Salmonella* sp. cell population after 5 hour inoculation, but in $\pm 30\,000$ PFU mL⁻¹ density FR 84 have a highest activity for cell lysing. This phage could decrease *Salmonella* sp. cell significantly in 1 hour. The result of this research could be expected as environmental biocontrol for *Salmonella* contamination.

Keyword: *Salmonella* Sp., Lytic Phage, antibiotic-resistant, *Salmonellosis*

PENDAHULUAN

Bakteri *Salmonella* merupakan anggota famili *Enterobacteriaceae*, gram negatif, anaerob fakultatif, tidak berspora dan berbentuk batang. Lebih dari 2000 serotip *Salmonella* adalah patogen (Madigan *et al.* 2009). Infeksi *Salmonella* pada

manusia disebut *Salmonellosis* dapat berupa sindrom gastroenteritis (Cox 2000; Chung *et al.* 2003).

Di Negara-negara maju telah banyak dilaporkan kasus *salmonellosis*. Swiss pada tahun 2001 melaporkan terjadinya 2.677 serangan *salmonellosis* pada manusia (tingkat insiden 32 kasus/100.000 penduduk/tahun), kejadian ini meningkat 8 persen dari tahun 2000 (Sauli *et al.* 2003). Insiden *Salmonellosis* di Ontario Kanada dari tahun 1997-2001 menduduki peringkat ke-2 (22,6 kasus/100.000 penduduk). Penularan penyakit diketahui melalui makanan (80,1%), air (3,2%), antar individu manusia (6,3%), dan kontak dengan hewan (4,3%) (Lee & Middleton 2003).

Munculnya bakteri-bakteri patogen yang resisten terhadap antibiotik telah menjadi masalah dalam kedokteran modern. Penggunaan antibiotik yang berlebihan pada penyakit *Salmonellosis* di samping menimbulkan bahaya efek samping, juga dapat berisiko timbulnya resistensi bakteri terhadap antibiotik. Hal ini telah banyak dilaporkan oleh pakar-pakar antibiotik baik di luar maupun di dalam negeri. Hasil penelitian Triatmodjo dan Oktariana (1997) menunjukkan beberapa isolat *Sallmonella* yang berasal dari penderita diare, multiresisten terhadap lima jenis antibiotik secara invitro yakni: Khloramphenikol, Ampisilin, Kanamisin, Tetrasiklin, Sulfametoxzazol-Trimetoprim. Tingkat resistensinya sebesar 40% terhadap ampisilin, 57% terhadap khloramfenikol, 71% terhadap kotrimoxazol.

Adanya evolusi bakteri menjadi *multidrug* resisten, memotivasi masyarakat ilmiah barat mengevaluasi potensi terapi bakteriofage untuk penderita infeksi bakteri yang hampir tidak dapat disembuhkan dengan kemoterapi konvensional (Alisky *et al.* 1998; Ho 2001; Sulakvelidze *et al.* 2001). Bakteriofage (fage) dalam beberapa tahun terakhir telah digunakan sebagai alternatif antibiotik untuk mengendalikan infeksi bakteri. Fage terapi adalah metode memanfaatkan fage sebagai bioagen untuk pengobatan penyakit infeksi bakteri, awalnya diperkenalkan 80 tahun yang lalu oleh Felix d'Herelle, seorang penemu fage (Ho 2001). Fage litik dapat digunakan sebagai metode alami yang non toksik untuk mereduksi dan mengontrol pertumbuhan bakteri patogen manusia karena fage

adalah bagian dari gastrointestinal dan ekosistem lingkungan (Ackerman & Dubow 1987). Terapi fage telah terbukti secara medis lebih unggul dari terapi antibiotik (Smith *et al.* 1987; Lederberg 1996; Barrow & Soothill 1997; Pirisi 2000). Fage dapat diisolasi dari air, limbah, dan tanah.

Aplikasi bakteriofage sebagai biokontrol pencemaran makanan telah dilaporkan, fage spesifik *Salmonella* pada ayam (Goode *et al.* 2003), fage spesifik *E. coli* O157 pada daging (Flynn *et al.* 2004), fage spesifik *Yersinia enterocolitica* pada babi (Strauch *et al.* 2001). Penggunaan fage spesifik *E. coli* patogen dalam bentuk tablet pada air minum secara *in vivo* telah digunakan di Bangladesh untuk menanggulangi pencemaran air dlm air minum (Ochman & Selander 1984). Penelitian infektivitas fage litik pada enteropatogenik *E. coli* dari pasien penderita diare di Indonesia telah dilaporkan (Budiarti *et al.* 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas fage litik spesifik *Salmonella* penyebab *salmonellosis* yang resisten terhadap antibiotik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat sebagai model dan diaplikasikan untuk biokontrol pencemaran air dan makanan sehingga dapat mencegah penyakit *salmonellosis*.

METODE PENELITIAN

Bakteri uji

Bakteri *Salmonella* sp. yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Salmonella* sp. resisten antibiotik SB 15, SB 19, SB 38, dan SB 84 (Tabel 1) hasil isolasi dari feses penderita diare di Puskesmas Sindang Barang Bogor. Sampel untuk isolasi bakteriofage berupa limbah cair rumah tangga (LCRT) di daerah Babakan, Darmaga Bogor.

Tabel 1. Resistensi antibiotik bakteri uji.

No	Jenis antibiotik	SB38	SB15	SB19	SB84
1	Ceftazidime	S	S	S	S
2	Amoxicillin-clavulanic Acid	R	R	R	R
3	Ticarcillin-clafulanic acid	S	S	S	I
4	Ampicillin	R	R	R	R
5	Ampicillin Sulbactam	R	R	R	R
6	Cephalonin	R	R	R	
7	Tetracycline	S	S	S	S
8	Cloramphenicol	S	S	S	S
9	Trimethoprim-sulfamethoxazole	S	S	S	R

Isolasi Fage

- a) Sebanyak 0,5 ml media *Nutrien Broth* (NB) ditambahkan 4.5 mL LCRT (Limbah Cair Rumah Tangga) dicampurkan dengan 0.5 mL kultur *Salmonella* Sp. sebanyak 10^8 (CFU/ mL) dengan $OD_{600}=1$. Campuran diinkubasi 24-48 jam pada suhu 37°C, disentrifugasi selama 20 menit, supernatan diambil, difiltrasi dengan membran filter *milipore* 0.22 μm . Supernatan yang telah difiltrasi dimasukkan ke dalam tabung steril (Pitt & Gaston 1995).
- b) Kuantifikasi fage berdasarkan metode Foschino *et al.* (1995), yaitu larutan fage ditambahkan dengan kultur *Salmonella* sp. Suspensi diinkubasi selama 15 menit pada suhu 37 °C untuk memberikan kesempatan fage berinteraksi dengan inangnya. Sebanyak 5 ml *soft agar* yang masih bersuhu 42 °C dicampurkan, dituang ke cawan yang berisi media Nutrien agar, diinkubasi pada 37 °C selama 24 jam, dihitung zona bening (plak) yang terbentuk.
- c) Pemurnian fage dilakukan dengan metode Goodridge *et al.* 2001.

Penentuan Kisaran Inang Fage

Untuk menentukan spesifitas fage, masing-masing fage diinfeksi dengan inang *Salmonella* yang lain dan *E. coli* non pathogen dengan metode Carey-Smith *et al.* 2006.

Kecepatan Penurunan Populasi *Salmonella* Sp. oleh infeksi Fage

Efektivitas lisis sel *Salmonella* sp. oleh fage dilakukan berdasarkan metode Atterbury *et al.* 2007.

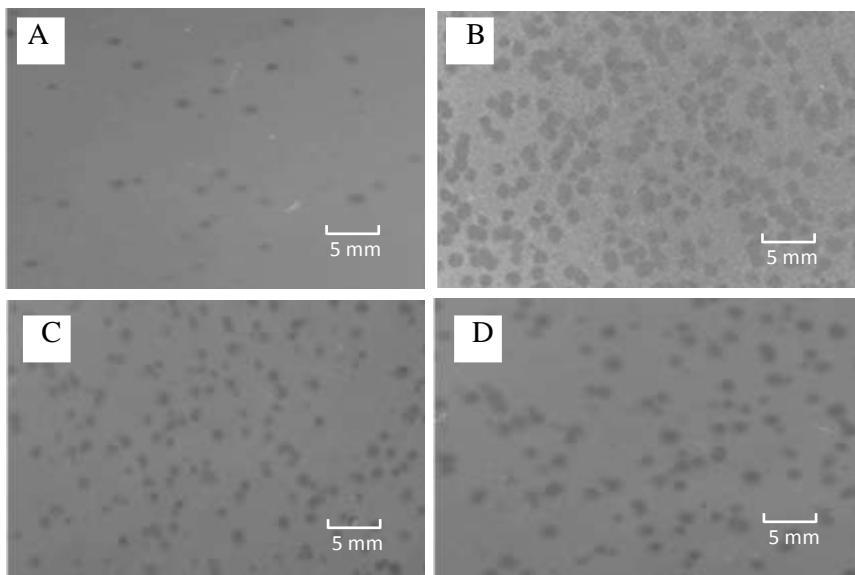
Pengamatan Morfologi Lisis Sel *Salmonella* sp. oleh Fage dengan Scanning Electron Microscope (SEM)

Kultur *Salmonella* sp. yang telah ditumbuhkan di media *Nutrient broth* sampai $OD_{600}=1$ ditambah stok fage, diinkubasi selama 2 jam. Kultur diamati dengan menggunakan SEM. (Wendelschafer-Crabb *et al.*, 1975). Sampel diamati menggunakan mikroskop elektron payaran bervakum rendah model JSM-5310LV pada pembesaran 10000 x - 20000 x.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Fage

Isolasi bakteriofage yang berasal dari LCRT daerah Babakan Darmaga Bogor diperoleh empat isolat bakteriofage yaitu FR15, FR 19, FR 38, dan FR 84 (Gambar 1). Plak yang terbentuk dari suatu kultur bakteri yang ditumbuhkan di cawan petri merupakan suatu parameter penting dari adanya fage pada siklus litik. Plak tersebut terlihat bening yang menandakan adanya zona lisis sel bakteri inang.



Gambar 1 Pola keragaman plak fage FR 15 (A); FR 84 (B); FR 19 (C); FR 38 (D).

Keempat fage tersebut menunjukkan adanya pola keragaman plak. Pola keragaman plak terlihat dari ukuran dan bentuk zona bening dari masing-masing fage. Plak FR 15 dan FR 19 memiliki diameter 1 mm, sedangkan plak FR 84 dan FR 38 memiliki diameter 2 mm. Morfologi plak tergantung pada fage, bakteri yang menjadi inangnya, dan kondisi pertumbuhan. Ukuran plak sebanding dengan efisiensi adsorpsi, panjang periode laten dan ukuran sebaran fage. Kepekaan galur bakteri terhadap fage yang menyerangnya berbeda-beda akibat adanya variasi molekul reseptornya (Flynn *et al.* 2004). Secara teoritis plak berasal dari satu fage, oleh karena itu konsentrasi suspensi fage diukur oleh banyaknya plak yang biasanya disebut *Plague forming units* (PFU) (Tortora *et al.* 2006).

Tabel 2. asil *Plak Forming Unit* (PFU/ml) dari keempat isolat fage.

Isolat Fage	Konsentrasi Fage (PFU/ml)
FR 15	25700
FR 19	33600
FR 38	11440
FR 84	10720

Penentuan Kisaran Inang Fage

Penentuan kisaran inang fage dilakukan untuk melihat kespesifikasi inang dan derajat lisis dari fage yang diperoleh. Bakteriofage tidak secara acak terikat pada permukaan sel inang, tetapi terikat sangat kuat pada reseptor spesifik. Reseptor bervariasi untuk setiap fage; lipopolisakarida dan protein yang ada pada dinding sel bakteri, *teichoic acid*, *flagella* dan *pili* juga bisa berfungsi sebagai reseptor. Fage T pada *E. coli* menggunakan lipopolisakarida dan protein pada dinding sel sebagai reseptornya. Variasi dari reseptor-reseptor ini yang berperan besar terhadap kespesifikasi fage pada inang (Prescott *et al.* 2002). Adsorpsi partikel-partikel fage terhadap sel-sel bakteri pada tahap awal infeksi fage bergantung pada reseptor-reseptor spesifik di dinding sel bakteri (Topley & Wilson 1990). Seringkali bakteriofage sangat spesifik inang, hanya menginfeksi satu serotipe dalam satu spesies bakteri (McLaughlin *et al.* 2006). Dalam penelitian ini, masing-masing isolat fage memperlihatkan spesifitas terhadap masing-masing inangnya (Tabel 3). Diperkirakan hasil ini menunjukkan bahwa pada permukaan sel masing-masing inang memiliki reseptor-reseptor yang spesifik terhadap fage yang tidak dimiliki oleh *E. coli* non patogen maupun isolat *Salmonella* sp. lainnya. Pernah dilaporkan bahwa tidak semua fage bersifat spesifik inang, seperti yang sudah dilaporkan sebelumnya oleh Bielke *et al.* (2007), bahwa satu jenis fage yang ditemukannya mampu menginfeksi enam serovar *Salmonella* yang berbeda.

Tabel 3 Hasil uji kisaran inang fage.

Galur Fage	Galur Inang <i>Salmonella</i>				
	SB 15	SB 19	SB 38	SB 84	<i>E. coli</i> non pathogen
FR 15	+	-	-	-	-
FR 19	-	+	-	-	-
FR 38	-	-	+	-	-
FR 84	-	-	-	+	-

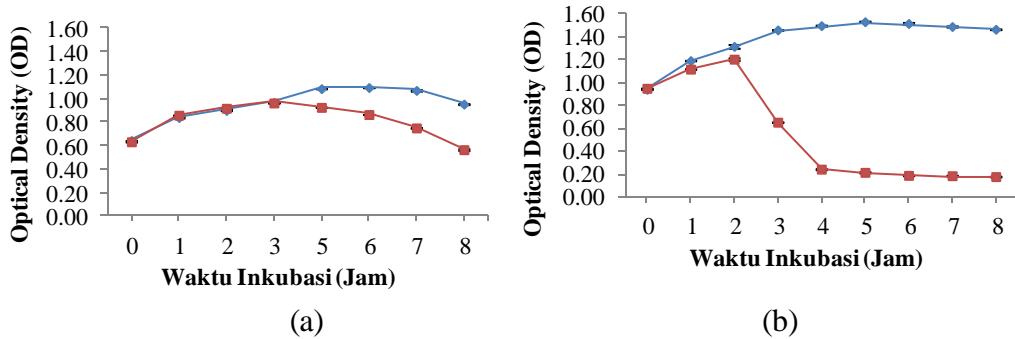
Kecepatan Penurunan Populasi *Salmonella* Sp. oleh infeksi Fage

Efektivitas infeksi bakteriophage terhadap sel *Salmonella* sp. dilihat dari hasil penurunan populasi *Salmonella* pada perlakuan penambahan fage (Gambar 2-5)

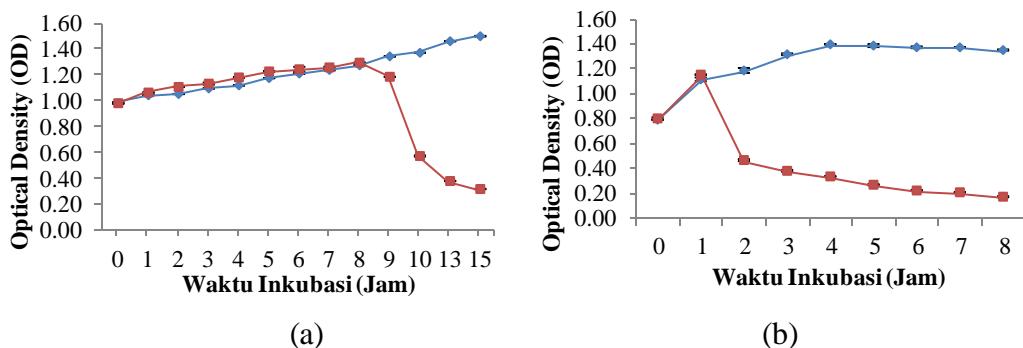
Fage mampu melisiskan sel bakteri setelah 22 menit dan menghasilkan 200 profage (Hogg 2005). Pada suhu 35 °C fage memiliki periode laten 15-20 menit dan menghasilkan 100-230 progeni (McLaughlin & King 2008). Dalam penelitian ini penurunan OD merupakan indikasi penurunan jumlah populasi sel *Salmonella* sp. karena laju pertumbuhan fage lebih cepat dibandingkan dengan laju pertumbuhan *Salmonella* sp., sehingga fage mampu mengurangi pertumbuhan *Salmonella* sp. dengan cara melisiskan sel *Salmonella* sp. Gambar 2-5 menunjukkan adanya efektivitas fage berbeda-beda dalam kemampuannya melisis sel inang. Hal ini diperkirakan karena *Salmonella* sebagai inang adalah galur yang berbeda. Ini dibuktikan dengan hasil uji kisaran inang, dimana satu galur fage hanya mampu menginfeksi satu isolat *Salmonella*.

Pengaruh penambahan fage dengan konsentrasi \pm 10.000 PFU/mL dan \pm 30.000 PFU/mL terhadap penurunan OD untuk masing-masing isolat *Salmonella* sp. berbeda-beda. Pada konsentrasi fage sebesar \pm 10.000 PFU/ml, FR 38 memiliki aktivitas yang tertinggi yaitu mampu menurunkan OD setelah 5 jam (Gambar 2). Pada penambahan konsentrasi fage sebanyak 3 kali konsentrasi semula ternyata fage FR 84 mampu menurunkan OD dalam waktu 1 jam (Gambar 4). Pada percobaan yang dilakukan Filho *et al.* (2007), menggunakan penambahan fage sebesar 10^9 (PFU/mL) pada 10^6 (CFU/mL) *Salmonella enterica* serovar Enteritidis menunjukkan adanya penurunan pertumbuhan *Salmonella enterica* secara signifikan pada 2 jam inkubasi namun tidak ada penurunan pertumbuhan *Salmonella enterica* setelah 6 jam inkubasi. Hal ini menunjukkan bahwa FR 84 dengan konsentrasi \pm 30.000 PFU/mL lebih efektif dalam melisis 10^8 (CFU/mL) sel *Salmonella* sp., yang mampu menurunkan pertumbuhan *Salmonella* sp secara signifikan pada 1-8 jam inkubasi. Konsentrasi fage yang digunakan pada penelitian ini lebih sedikit yaitu 10^4 (PFU/mL) dibandingkan konsentrasi

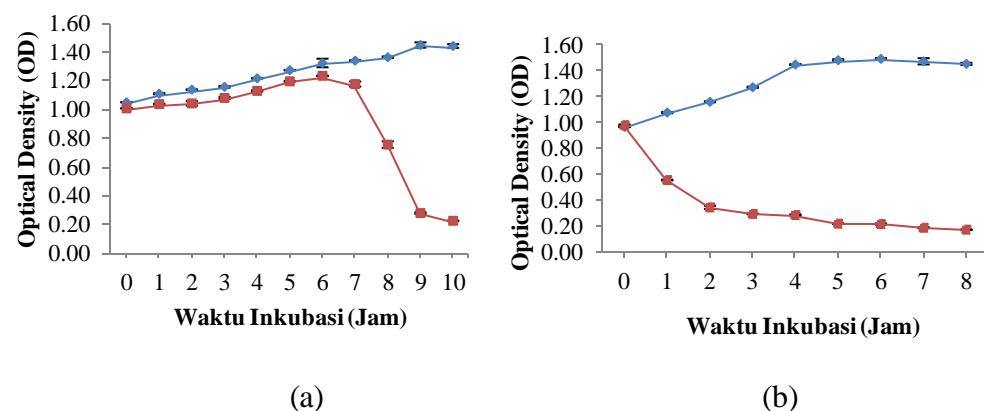
fage yang digunakan oleh Filho *et al.* (2007) sebesar 10^9 (PFU/mL) untuk melisiskan 10^6 (CFU/mL) *Salmonella enterica* serovar Enteritidis.



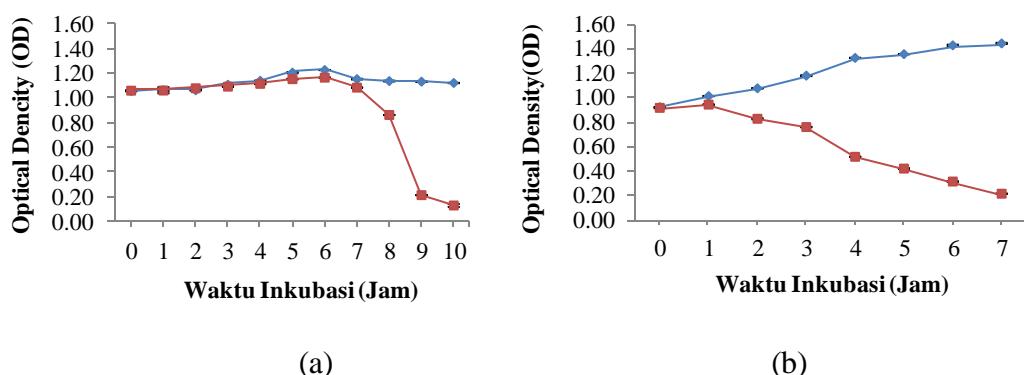
Gambar 2. Grafik efektivitas fage dalam melisis sel *salmonella* sp., (a) FR 38 dengan konsentrasi \diamond fage ± 10.000 PFU/ml. (b) FR 38 dengan konsentrasi fage ± 30.000 PFU/ml. Kontrol *Salmonella* sp. ■ Fage + *Salmonella* sp.



Gambar 3 Grafik efektivitas fage dalam melisis sel *salmonella* sp., (a) FR19 dengan konsentrasi \diamond fage ± 10.000 PFU/ml. (b) FR 19 dengan konsentrasi fage ± 30.000 PFU/ml. Kontrol *Salmonella* sp. ■ Fage + *Salmonella* sp.



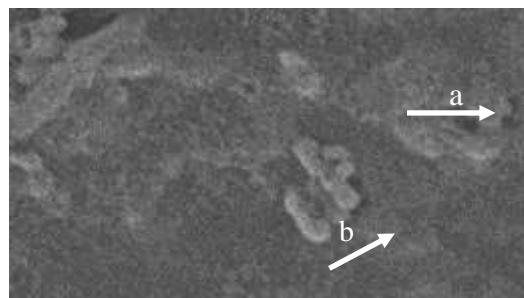
Gambar 4. Grafik efektivitas fage dalam melisis sel *salmonella* sp., (a) FR 84 dengan konsentrasi \diamond fage ± 10.000 PFU/ml. (b) FR 84 dengan konsentrasi fage ± 30.000 PFU/ml. Kontrol *Salmonella* sp. ■ Fage + *Salmonella* sp



Gambar 5. Grafik efektivitas fage dalam melisis sel *Salmonella* sp., (a) FR 15 dengan konsentrasi ♦ fage ± 10.000 PFU/ml. (b) R.15 dengan konsentrasi fage ± 30.000 PFU/ml. Kontrol *Salmonella* sp. ■ Fage + *Salmonella* sp.

Pengamatan Morfologi Lisis Sel *Salmonella* sp. oleh Fage dengan Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengamatan keadaan morfologi sel *Salmonella* sp. akibat infeksi fage dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Morfologi kerusakan sel *Salmonella* sp. karena infeksi fage. Tanda panah (a) sel yang sudah lis is; (b) sel yang baru mengalami kerusakan.

Hasil pengamatan sel bakteri *Salmonella* sp. dengan menggunakan SEM memperlihatkan adanya pengaruh dari penginfeksian fage dengan adanya lisis sel bakteri *Salmonella* sp. Cara reproduksi fage litik terdiri atas 5 tahap, yaitu tahap adsorpsi, tahap penetrasi, tahap sintesis, tahap perakitan, dan tahap lisis. Bila fage litik menginfeksi sel bakteri maka fage akan bereplikasi di dalam sel inang membentuk sejumlah fage baru kemudian akan membuat sel inang lisis dan akan

menginfeksi sel inang lainnya (Toro *et al.* 2005; Tortora *et al.* 2006; Cowan & Talaro 2009).

KESIMPULAN

Diperoleh empat isolat fage, yaitu FR 15, FR 19 , FR 38 dan FR 84 yang masing-masing fage bersifat spesifik terhadap inangnya, tidak menginfeksi *E. coli* non patogen. Fage FR 38 memiliki efektivitas tertinggi dg konsetrasi rendah, FR 84 memiliki aktivitas tertinggi jika PFU dinaikkan. Infeksi FR 38 jelas mengakibatkan kerusakan / perpecahan sel Salmonella.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui Institut Pertanian Bogor dalam program penelitian hibah pasca sarjana tahun 2010-2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman HW, Dubow MS. 1987. *Viruses of Prokaryotes*. Volume ke-2, *Natural groups of bacteriophages*. Boca Raton: CRC Press.
- Alisky J, Iczkowski K, Rapoport A, Troitsky N. 1998. Bacteriophage show promise as antimicrobial agents. *J Infect* 36: 5-15.
- Atterbury RJ, Van Bergen MAP, Ortiz F, Lovell MA, Harris JA, De Boer A, Wagenaar JA, Allen VM, Barrow PA. 2007. Bacteriophage therapy to reduce *Salmonella* colonization of broiler chickens. *Appl Environ Microbiol* 73:4543-4549.
- Barrow PA, Soothill JM. 1997. Bacteriophage therapy and prophylaxis: rediscover and renewed assessment of potential. *Trends Microbiol* 5: 268-271.
- Bielke L, Higgins S, Donoghue D, Hargis BM. 2007. *Salmonella* host range of bacteriophages that infect multiple genera. *Poultry Science* 86: 2536-2540.
- Budiarti S, Pratiwi RH, Rusmana I. 2011. Infectivity of lytic phage to enteropathogenic *Escherichia coli* from diarrheal patients in Indonesia. *J UCMS* 8: 72-81.

- Cox J. 2000. *Salmonella* (Introduction). Di dalam: Robinson RK, Batt CA, Patel PD , editor. *Encyclopedia of Food Microbiology*, Ed ke-3. San Diego: Academic Press.
- Chung YH, Kim SY, Chang YH. 2003. Prevalence and antibiotic susceptibility of *salmonella* isolated from foods in Korea from 1993 to 2001. *J Food Prot* 66: 1154-1157.
- Carey-Smith GV, Billington C, Cornelius AJ, Hudson JA, Heinemann JA. 2006. Isolation and characterization of bacteriophages infecting *Salmonella* spp. *FEMS Microbiol Lett* 258: 182-186.
- Cowan MK, Talaro KP, editor. 2009. *Microbiology a Systems Approach*. Ed ke-2. New York: McGraw-Hill.
- Foschino R, Perrone F, Galli A. 1995. Characterization of two virulent *Lactobacillus fermentum* bacteriophages isolated from sour dough. *J Appl Bacteriol* 79: 677-683.
- Flynn GO, Ross RP, Fitzgerald GF, Coffey A. 2004. Evaluation of a cocktail of three bacteriophages for biocontrol of *Escherichia coli* O157: H7. *Appl Environ Microbiol* 70: 3417-3242.
- Filho ARL, Higgins JP, Higgins SE, Gaona G, Wolfenden AD, Tellez G, Hargis BM. 2007. Ability of bacteriophages isolated from different sources to reduce *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in vitro and in vivo. *Poultry Science* 86: 1904-1909.
- Goodridge L, Gallaccio A, Griffiths WM. 2001. Morphological, host range, and genetic characterization of two colifages. *Appl Environ Microbiol* 69: 5364-5371.
- Goode G, Allen VM, Barrow PA. 2003. Reduction of Experimental *Salmonella* and *Campylobacter* Contamination of Chicken Skin by Application of Lytic Bacteriophages. *Appl Environ Microbiol* 69: 5032-5036.
- Ho K. 2001. Bacteriophage therapy for bacterial infections. *Perspect Biol Med* 44:1-16.
- Hogg S. 2005. *Essential Microbiology*. England: Jhon Wiley & Sons.
- Lederberg J. 1996. Therapeutic bacteriophage redux. *Proc Natl Acad Sci* 93: 3167-8.
- Lee MB, Middleton D. 2003. Enteric Illness in Ontario, Canada, from 1997 to 2001. *J Food Prot* 66: 953-961.
- Madigan MT, Brock T. 2009. *Biology of Microorganism*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

- McLaughlin MR, Balaa MF, Sims J, King R. 2006. Isolation of *Salmonella* bacteriophages from swine effluent lagoons. *J Environ Qual* 35:522-528.
- McLaughlin MR, King RA. 2008. Characterization of *Salmonella* bacteriophages isolated from swine lagoon effluent. *Curr Microbiol* 56: 208-213.
- Ochman H, Selander RK. 1984. Standard reference strains of *Escherichia coli* from natural populations. *J Bacteriol* 157:690-693.
- Pitt TL, Gaston MA. 1995. Bacteriophage Typing. *Methods Mol Biol* 46:15-26.
- Pirisi A. 2000. Phage therapy: advantages over antibiotics. *Lancet* 356: 1418-1425.
- Prescott LM, Harley JP, Klein DA. 2002. *Microbiology*. Ed ke-5. New York: McGraw-Hill.
- Smith HW, Huggins MB, Shaw KM. 1987. The control of experimental *Escherichia coli* diarrhea in claves by mean of bacteriophage. *J Gen Microbiol* 133:1111-1126.
- Strauch E, Kaspar H, Schaudin C, Dersch P, Madela K, Gewinner C, Hertwig S, Weeke J, Appel B. 2001. Characterization of enterocolitixin, a phage tail like bacteriocin, and its effect on pathogenic *Yersinia enterocolitica* strains. *Appl Environ Microbiol* 67: 5634-5642.
- Sulakvelidze A, Alavidze Z, Morris JG Jr. 2001. Bacteriophage therapy. *Antimicrob Agents Chemother* 45: 649-59.
- Sauli LJ, Danuser C, Wenk, Stark KDC. 2003. Evaluation of the Safety Assurance level for *Salmonella* spp. Throughout the Food Production Chain in Switzerland. *J Food Prot.* 66: 1139-1145.
- Topley WWC, Wilson GS. 1990. *Principles of Bacteriology, Virology and Immunity*. London: B.C. Decker.
- Triatmodjo P, Oktarina C. 1997. Pola resistensi bakteri enteropatogen terhadap antibiotik. *Cermin dunia kedokteran* 114: 53-55.
- Toro H, Price SB, McKee S, Hoerr FJ, Krehling J, Perdue M, Bauermeister L. 2005. Use of bacteriophages in combination with competitive exclusion to reduce *Salmonella* from infected chickens. *Avian Dis* 49:118-124.
- Tortora GJ, Funke BR, Case CL. 2006. *Microbiology: an Introduction*. Ed ke-9. New York: Benjamin Cummings.
- Wendelschafer-Crabb G, Erlandsen SL, Walker DH Jr. 1975. Conditions critical for optimal visualization of bacteriophage adsorbed to bacterial surfaces by scanning electron microscopy. *J Virol* 15: 1498-1503.

BIDANG SOSIAL DAN EKONOMI

**IbM KELOMPOK TANI HUTAN KOPI, DESA WARGA JAYA
KECAMATAN SUKAMAKMUR, KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT**
(Technology for Community of Coffee Forestry Farmer Cluster at Warga Jaya
Village, Sukamakmur Sub District, Bogor District, West Java)

Ade Wachjar¹⁾, Ani Kurniawati¹⁾, Adiwirman²⁾

¹⁾Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB

²⁾Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

ABSTRAK

Budidaya kopi oleh Kelompok Tani Hutan (KTH) Desa Warga Jaya, Kecamatan Sukamakmur umumnya masih dilakukan secara tradisional, yaitu minim input bahkan tanpa input. Luas lahan dan jumlah kepemilikan pohon per petani relatif sedikit. Jenis kopi yang banyak ditanam adalah kopi robusta. Tingkat penguasaan teknologi budidaya kopi umumnya masih rendah dan kurang modal untuk pembelian sarana produksi pertanian. Kopi sebagian besar dijual kepada pengumpul dalam bentuk buah kopi atau gelondongan tanpa proses pengolahan yang berarti oleh petani. Upaya yang telah dilakukan dalam pembinaan petani bersifat kemitraan, terdiri dari penyuluhan, pembuatan petak pamer tanaman kopi pola multistrata, dan rehabilitasi kebun dengan toping. Petak pamer yang telah dibuat adalah kebun kopi multistrata seluas 2000 m² yang terbagi pada dua ketinggian dan petak pamer tanaman kopi yang direhabilitasi sejumlah 200 pohon. Pertumbuhan vegetatif kopi dari tunas baru hasil rehabilitasi menunjukkan pertumbuhan yang sangat cepat setelah 2 bulan setelah toping dan dapat mengejar pertumbuhan tanaman kopi baru pada 4 bulan setelah toping. Produksi kopi kedua petak pamer tersebut masih terus dilakukan pengamatan hingga tanaman kopi masuk fase produktif.

Kata kunci: Kopi, perkebunan rakyat, multistrata, rehabilitasi.

ABSTRACT

The pattern of cultivation by planting various kinds of plants with different canopy height strata pattern is the ideal agricultural commodities in the capture of solar light, optimizing use of space to grow, and maintain forest functions as a water conservation area. Thus the pattern of these cultivation is the right choice to improve the welfare of farmers and keep ecological functions of forests. Sukamakmur subdistrict is one district in Bogor Regency which was developed as small farmers coffee plantation. In Sukamakmur subdistrict, there is a ‘Lembaga Masyarakat Desa Hutan Puncak Mandiri’ who shelter under ‘Kepala Rayon Pemangkuhan Hutan’ (KRPH) of Jonggol and included in the shade ‘Kepala Pemangkuhan Hutan’ (KPH) of Bogor Cultivation of coffee by the Forest Farmers Group (KTH) Desa Warga Jaya, District Sukamakmur generally still done traditionally. The cultivation using minimal input or without input. Most farmer have small land area and relatively little number of trees. Types are widely grown coffee is robusta coffee. Cultivation technique is generally still low and less capital to purchase agricultural inputs. Most of the coffee sold directly to collectors in the form of coffee fruit or logs without post-harvest processing. Efforts have been made in coaching is a partnership of farmers, consisting of counseling, making plots show patterns multistrata coffee plants, and rehabilitation with toping. Plots show has been created is a coffea area of 2000 m² multistrata that divided in two heights and plots show that rehabilitated a number of coffee plants 200 trees. Vegetative growth of new shoots coffee rehabilitation results show a very rapid growth after 2 months after toping and may pursue a new coffee plant

growth at 4 months after toping. Coffee production both plots show off it continues to be observed until the coffee plant into the productive phase.

Keywords: Coffee, smallholders, multistrata, rehabilitation.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan komoditi penting dalam konstelasi perkebunan, disamping itu permintaan konsumsi kopi dunia semakin hari semakin meningkat. Saat ini, produksi kopi Indonesia telah mencapai 600 ribu ton pertahun dan lebih dari 80 persen berasal dari perkebunan rakyat (iccri.net 2011). Bila ditinjau dari jenis kopi yang dikonsumsi maka kopi arabica lebih banyak dikonsumsi, dengan jumlah sekitar 62% dari total konsumsi kopi dunia dan selebihnya adalah jenis kopi robusta.

Menurut Kustiari (2007) bahwa pada tahun 2004 luas areal perkebunan kopi di Indonesia mencapai 1.3 juta ha yang tersebar di berbagai kepulauan antara lain Sumut dan Sumsel, Bengkulu, Aceh, Lampung, NTT, Sulawesi dan Jawa. Sekitar 80-95% dari total luasan tersebut adalah perkebunan rakyat (Tondok, 1999), sehingga perkebunan kopi rakyat juga mempunyai kontribusi penting dalam mempertahankan produksi kopi di Indonesia. Tipe pengusahaan kopi rakyat umumnya minim input budidaya. Banyak tahapan penting teknik budidaya kopi yang menentukan produktivitas kopi tidak dilakukan sehingga menghasilkan produktivitas yang rendah dan kualitas hasil yang kurang baik.

Kecamatan Sukamakmur merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Bogor yang dikembangkan sebagai sentra pengusahaan kopi rakyat. Di Wilayah Kecamatan Sukamakmur terdapat Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) "Puncak Mandiri" yang bernaung dibawah Kepala Rayon Polisi Hutan (KRPH) Jonggol dan termasuk dalam naungan Kepala Polisi Hutan (KPH) Bogor. LMDH di Kecamatan Sukamakmur wilayahnya meliputi 5 Desa yaitu Desa Warga Jaya, Desa Sukawangi, Desa Sinar Jaya, Desa Sukamulya dan Desa Cibadak yang mengusahakan kopi sejak 15 tahun silam dengan luasan garapan lebih dari 300 ha (Komunikasi Pribadi Penyuluhan Kehutanan, April 2010). Pengusahaan tanaman di dalam areal hutan ini juga merupakan salah satu upaya agar masyarakat sekitar hutan ikut mengelola lahan hutan dan turut menikmati secara langsung

keberadaan hutan di wilayah mereka dengan tetap memperhatikan aspek ekologi dari fungsi hutan dan tidak melakukan perambahan liar (Arief *et al.*, 2011).

Budidaya kopi di desa Warga Jaya telah dilakukan sejak lama, kurang lebih telah berlangsung 15 tahun, dengan cara menanam kopi di antara tegakan hutan alam. Luasan lahan kopi yang diusahakan Desa Warga Jaya diperkirakan sekitar 150 ha dan petani telah secara aktif berkelompok menjadi Kelompok Tani Hutan (KTH) Warga Jaya (Komunikasi pribadi dengan penyuluhan kehutanan, April 2010). Dari segi perubahan iklim, kopi dengan pohon peneduh dapat menjadi alternatif untuk mitigasi terhadap perubahan iklim yang produktif. Kemampuan kebun kopi dalam menjaga simpanan karbon dapat mencapai 100 ton/ha dan dapat ditingkatkan dengan menanam pohon pelindung yang lebih bervariasi (Hairiah, 2010). Sedangkan menurut Cacho *et al.*, (2003), laju penyerapan karbon perkebunan kecil dan kebun agroforestry yang berkelanjutan di hutan tropis berkisar antara 1,5 -3,5 ton C/ha/tahun.

Pengembangan agribisnis kopi oleh petani di Desa Warga Jaya merupakan usahatani yang dapat menggerakkan sektor jasa dan perdagangan kopi di daerah tersebut. Selain itu, infrastruktur berupa akses jalan beraspal, semakin me luaskan jangkauan pemasaran sehingga mudah dipasarkan ke berbagai pasar di kawasan Jabodetabek bahkan ke Cipanas, Kabupaten Cianjur.

Kendala yang dihadapi petani kopi adalah pola pengusahaan Warga Jaya masih tradisional, belum mengadopsi Teknik Budidaya Kopi sehingga produktivitas dan kualitas kopi relatif rendah. Apabila ditinjau dari kompleksitas struktur vegetasi maka pola pengusahaan kopi di wilayah tersebut umumnya monokultur kopi tanpa atau dengan tanaman pelindung tegakan hutan alam dan belum memanfaatkan strata di bawah tanaman kopi, area dibawah tegakan kopi, untuk menanam tanaman komersial sebagai tanaman sela. Bila upaya ini berhasil, maka kontribusi kopi dan penghasilan dari tanaman sela dari berbagai strata ketinggian tajuk akan semakin meningkat sehingga petani dapat berkembang menjadi kelompok masyarakat yang mandiri secara ekonomi.

Tujuan kegiatan ini adalah

1. Penguatan pengetahuan sekaligus keterampilan kelompok tani hutan (KTH) dalam mengadopsi teknologi budidaya kopi multistrata dan penerapan teknik-teknik bertani yang menjaga aspek ekologi bagi kelestarian fungsi ekologi hutan.
2. Didapatkan pola pengusahaan kopi multi strata yaitu mengoptimalkan penangkapan cahaya matahari dengan menanam tanaman pada strata di bawah tanaman kopi
3. Didapatkan metode untuk konversi kebun kopi tradisional menjadi kebun kopi dengan menanam tanaman sela pada strata dibawah kopi.

METODE PENELITIAN

Adapun kegiatan/program yang telah ditawarkan sebagai solusi untuk pemecahan masalah yang dihadapi dalam pengusahaan kopi di Kecamatan Sukamakmur adalah:

1. Penguatan pengetahuan petani tentang teknik budidaya kopi multi strata dan penerapan GAP dalam pengusahaan kopi

Kegiatan ini dilakukan dengan cara sosialisasi teknik budidaya kopi multistrata dan penerapan teknik-teknik bertani yang baik (Good Agriculture Practices/GAP) dalam pengusahaan kopi kepada Kelompok Tani Hutan di Wilayah Warga Jaya, Kecamatan Sukamakmur. Dalam pelaksanaan kegiatan ini bertindak sebagai mitra adalah Kelompok Tani Hutan yang berperan sebagai peserta pelatihan/sosialisasi.

2. Penguatan penguasaan keterampilan teknik budidaya kopi multistrata dengan pembuatan blok pamer budidaya kopi yang mengadopsi teknologi budidaya kopi ramah lingkungan.

Program ini dilakukan dengan cara membuat 2 blok pamer dengan luas masing-masing 1000 m^2 . Sebuah blok pamer digunakan untuk mengenalkan budidaya kopi multi strata dengan memanfaatkan area dibawah tajuk tanaman kopi yang dapat dijadikan sumber pendapatan sebelum panen kopi dan meragamkan hasil tani. Sebuah petak pamer lainnya dibuat dengan pola

monokultur kopi dengan naungan tanpa penanaman strata bawah kopi. Blok pamer akan menggunakan lahan milik anggota kelompok tani dan akan mengikutsertakan petani dalam tiap tahapan budidaya.

3. Konversi pengusahaan kopi tradisional menjadi kebun yang mengadopsi Teknik Budidaya Kopi multistrata .

Program ini dilakukan dengan cara memilih 4 kebun petani anggota KTH di Wilayah Warga Jaya yang akan dikonversi sesuai Teknik Budidaya kopi multistrara dan 1 kebun petani yang tidak dikonversi sebagai control/pembanding. Konversi mengacu pada tahapan-tahapan yang ada dalam Teknik Budidaya Kopi multistrara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program yang akan dilakukan berupa sosialisasi budidaya kopi, rehabilitasi tanaman kopi tidak produktif dan replanting kopi dengan pola multistrata. Dalam kegiatan ini petani bertindak sebagai peserta dalam kegiatan penyuluhan dan sosialisasi teknik budidaya kopi sesuai standar operasional prosedur (SOP) (Gambar 1).



(a)

(b)

Gambar 1. Koordinasi dengan anggota KTH dan penyuluhan (a), sosialisasi budidaya kopi dibawah tegakan hutan (multistrata) (b).

Berdasarkan identifikasi profil petani melalui angket saat penyuluhan maka profil petani kopi di Warga Jaya adalah lokasi kebun kopi terletak di dalam hutan lindung di Kecamatan Sukamakmur, topografi areal kopi bergelombang bahkan ditanaman pada kemiringan lebih dari 30%. Jalan menuju areal hanya

jalan setapak diantara semak-semak dan tegakan hutan (Gambar 2). Kondisi tanaman kopi umumnya merupakan tanaman umur 30 tahun, ditanam tanpa pemeliharaan dan hanya dikunjungi ketika akan panen kopi.

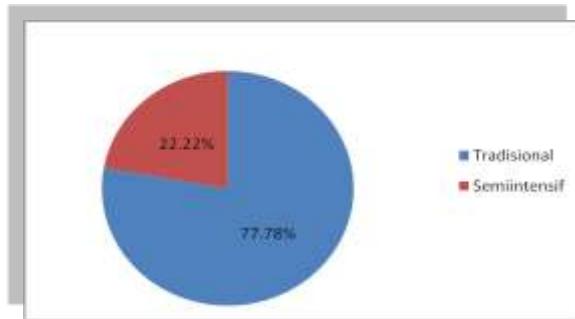
Pada umumnya tanaman kopi yang diusahakan petani dengan jumlah dan luas yang kecil, meskipun ada beberapa anggota kelompok tani yang mempunyai tanaman kopi dengan jumlah relatif banyak yaitu antara 100-500 pohon bahkan lebih. Sebagian besar petani menanam kopi jenis robusta dan sebagian besar bibit yang didapat berasal dari bantuan.



Gambar 2. Salah satu bagian hutan lindung dimanfaatkan sebagai wanawisata (a), jalan menuju areal kopi rakyat anggota KTH di dalam areal hutan (c), kondisi tanaman kopi anggota KTH (c dan d).

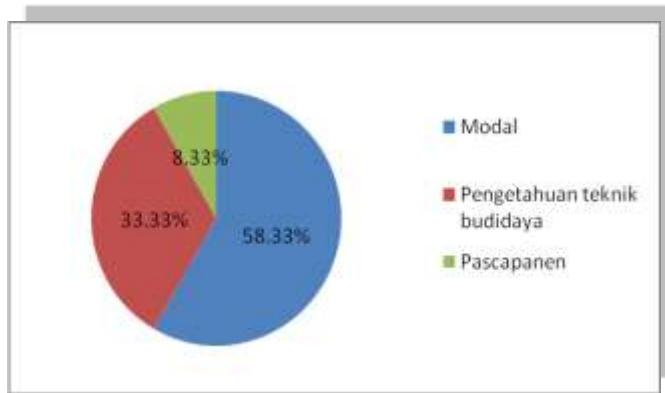
Berdasarkan tingkat penguasaan teknologi budidaya kopi maka sebagian besar petani belum mendapatkan penyuluhan atau bimbingan yang memadai, sehingga dengan adanya penyuluhan dalam kegiatan ini maka diharapkan akan meningkatkan pengetahuan dan wawasan petani dalam penguasaan teknologi budidaya kopi. Bila dilihat dari pola pengusahaan tanaman kopi maka pola pengusahaan kopi sebagian besar masih tradisional, yaitu ditanam tanpa pemeliharaan maupun input budidaya (77.8 %) dan sebagian kecil lainnya dengan

pola semi intensif, sebesar 22.2 % (Gambar 3). Pada pola semi intesif, input budidaya yang diterapkan umumnya hanya berupa penggunaan jarak tanam dan penyiraman, yang biasanya hanya dilakukan ketika akan panen dengan tujuan memudahkan pelaksanaan panen dan pemungutan biji kopi jika terjatuh ke permukaan tanah.



Gambar 3. Pola pengusahaan kopi oleh petani di Desa Warga Jaya.

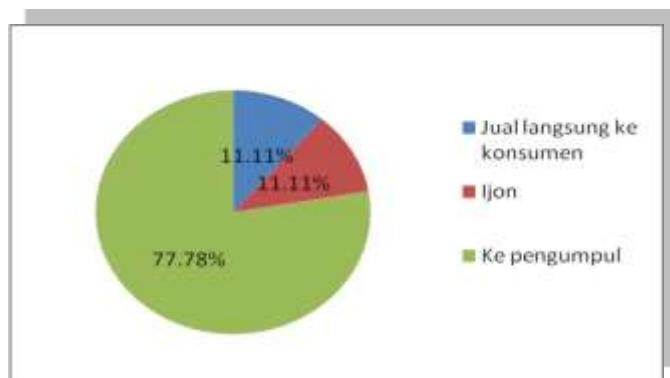
Permasalahan yang dihadapi petani antara lain kurangnya modal usaha tani, pengetahuan teknik budidaya kopi serta penanganan pascapanen (Gambar 4). Permasalahan keterbatasan modal dihadapi sebagian besar petani, sekitar 58.3%; diikuti oleh kurangnya pengetahuan teknik budidaya 33.3% dan kurangnya pengetahuan teknologi pasca panen kopi, sebesar 8.3%.



Gambar 4. Permasalahan yang dihadapi petani kopi di desa Warga Jaya.

Dari aspek pengelolaan pasca panen kopi, umumnya kopi tidak diolah namun langsung dalam bentuk buah kopi atau gelondongan. Petani hanya menggunakan teknik pengolahan basah dalam pascapanen kopi. Pola pemasaran hasil kopi, sebagian besar dijual kepada pengumpul yang ada di desa (gambar 5),

biasanya pengumpul kopi juga berprofesi sebagai petani. Proses pengolahan biji menjadi kopi beras biasanya dilakukan oleh pengumpul.



Gambar 5. Pola pemasaran kopi di Desa Warga Jaya.

Penguatan penguasaan keterampilan teknik budidaya kopi multistrata dengan pembuatan blok pamer budidaya kopi yang mengadopsi teknologi budidaya kopi ramah lingkungan.

Pada kegiatan replanting disepakati luas areal adalah 1500 m² berada di ketinggian sedang 5000 m² dan di ketinggian lebih dari 1000 m dpl. Semua areal tersebut dikelola mitra kegiatan yaitu anggota kelompok. Bibit kopi yang digunakan merupakan bibit yang telah tersertifikasi, yaitu **kopi Arabica lini S-795**, didatangkan dari KTH lain di Kecamatan Sukamakmur yang telah dibina oleh Dinas Pertanian dalam pembibitan kopi (Gambar 6).



Gambar 6. Sertifikat mutu benih kopi Arabika lini S-795 (a), bibit kopi kopi Arabika lini S-795 yang akan digunakan dalam replanting (b), Diskusi tim dengan ketua KTH yang memproduksi kopi (c).

Bibit kopi yang disediakan untuk replanting sebanyak 1200 bibit. Sedangkan tanaman sela dibawah tegakan kopi yaitu kapulaga dengan jumlah bibit yang disediakan adalah 2000 bibit kapulaga dan tanaman diatas strata kopi adalah suren. Jarak tanam kopi yang digunakan adalah 2.5 m x 2.5 m, tanaman strata atas kopi yaitu Suren ditanam dengan jarak tanam 10 m x 10 m, sedangkan kapulaga ditanam diantara barisan kopi dengan jarak tanam 1 m.

Pelaksanaan kegiatan replanting mengacu pada teknik budidaya kopi, diawali dengan pembukaan lahan, pengajiran dan pembuatan lubang tanam (gambar 7).



Gambar 7. Kegiatan replanting: pembukaan lahan (a) dan pembuatan lubang tanam (b).

Penanaman kopi dilakukan seminggu setelah pembuatan lubang tanam. Kondisi kopi setelah ditanam pada umur 1 bulan setelah tanam (BST) terdapat pada gambar 8. Sedangkan kondisi tanaman kopi setelah umur 4 BST pada gambar 9.



Gambar 8. Kondisi tanaman kopi setelah tanam (2 Bulan setelah tanam) pada petak pamer budidaya multistrata.



Gambar 9. Kondisi pertumbuhan kopi petak tanaman baru multistrata (4 BST).

Sebagai tanaman strata atas digunakan pohon suren karena tanaman ini cepat pertumbuhannya, sedangkan strata bawah kopi adalah kapulaga karena merupakan tanaman yang relative mempunyai nilai ekonomi dan telah dibudidayakan oleh sebagian petani kopi (Gambar 10).



Gambar 10. Tanaman strata bawah kopi yaitu kapulaga (a), dan strata atas kopi, yaitu suren (b).

Konversi pengusahaan kopi tradisional menjadi kebun yang mengadopsi Teknik Budidaya Kopi multistrata

Kegiatan rehabilitasi dilakukan oleh 2 anggota kelompok tani, jumlah tanaman yang direhabilitasi sebanyak 200 pohon. Rehabilitasi dilakukan secara selektif dan hatihati, yaitu dengan memilih pohon kopi yang tua dan tidak

produktif (Gambar 11). Pohon yang terpilih selanjutnya dilakukan topping atau pemenggalan batang pada ketinggian 50 cm diatas permukaan tanah. Kondisi tunas baru hasil peremajaan dengan topping dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 11. Kegiatan rehabilitasi kebun kopi, pemenggalan pohon tidak produktif.

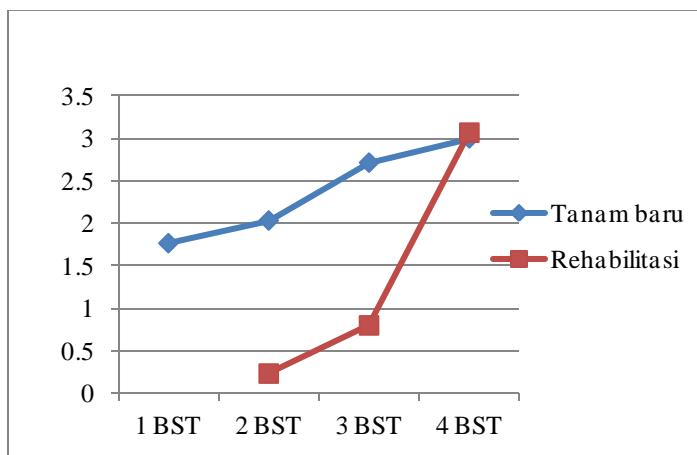


Gambar 12. Kondisi pertumbuhan tunas kopi setelah peremajaan dengan topping.

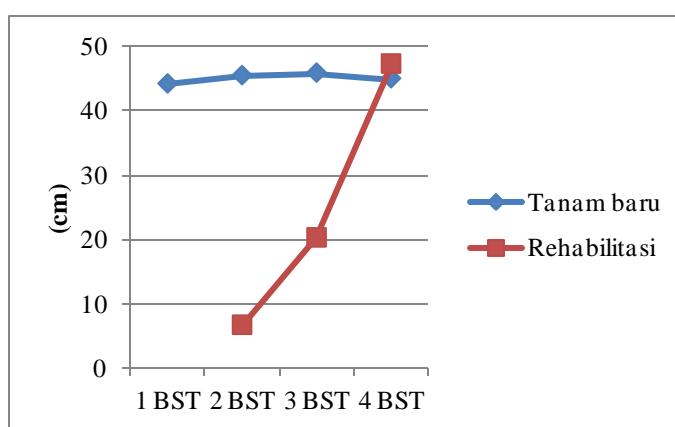
Pengamatan Pertumbuhan Kopi pada Blok Tanaman Baru Dan Rehabilitasi

Pertumbuhan kopi rehabilitasi, yang dilakukan dengan topping pada awalnya terjadi dormansi hingga 1 bulan, pemunculan tunas baru terjadi pada bulan ke-2 setelah topping (Gambar 13).

Pertumbuhan cabang selanjutnya, setelah pemunculan tunas, sangat cepat dibandingkan kopi dari petak ‘Tanam Baru’. Demikian juga dengan pertumbuhan tinggi tanaman kopi dari tunas baru hasil pertumbuhan tanaman yang di toping (Gambar 14). Pada awalnya pertumbuhan tinggi lebih baik pada pohon ‘Tanam Baru’ dibandingkan dibandingkan tanaman hasil rehabilitasi, selanjutnya setelah pohon yang ditopping muncul tunas baru maka pertumbuhan tinggi sangat cepat sehingga pada umur 4 BST pertumbuhan tinggi menyamai tanaman dari petak ‘Tanam Baru’. Kondisi ini diduga karena pada tanaman rehabilitasi perakaran telah tumbuh sangat intensif dan mempunyai cadangan karbohidrat yang besar sehingga dapat mengambil hara atau memobilisasi hara untuk pertumbuhan tunas baru dengan lebih baik.

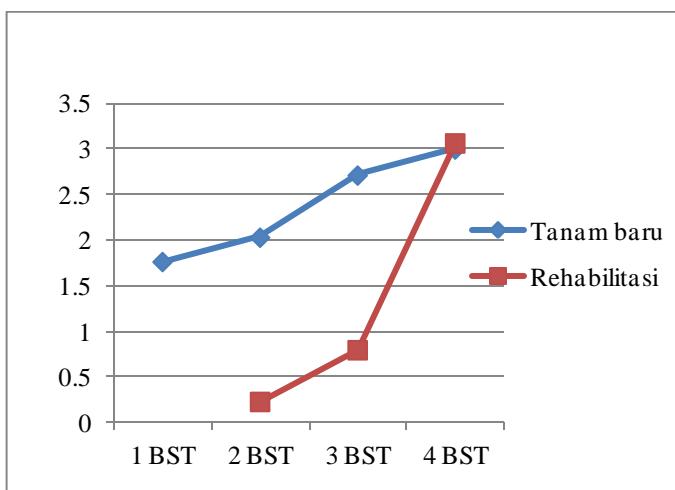


Gambar 13. Pertumbuhan Jumlah Cabang Tanaman Kopi ‘Tanam Baru’ dengan ‘Tanaman Kopi Rehabilitasi’.



Gambar 14. Tinggi tanaman kopi tanam baru dengan tanaman kopi rehabilitasi.

Pola yang sama juga terjadi pada pertumbuhan daun, jumlah daun pada umur 4 BST menyamai jumlah daun dari tanaman kopi pada petak ‘Tanam Baru’, meskipun pada awalnya jumlah daun lebih sedikit dibandingkan tanaman kopi dari petak “Tanam Baru”.



Gambar 15. Pertumbuhan jumlah daun pada cabang tanaman kopi ‘tanam baru’ dengan tanaman kopi ‘rehabilitasi’.

KESIMPULAN

Budidaya kopi KTH Warga Jaya, Kecamatan Sukamakmur umumnya masih dilakukan secara tradisional. Luas lahan dan jumlah kepemilikan pohon per petani relatif sedikit. Jenis kopi yang banyak ditanam adalah kopi robusta. Tingkat penguasaan teknologi budidaya kopi umumnya masih rendah. Hasil panen kopi sebagian besar dijual kepada pengumpul dalam bentuk buah kopi atau gelondongan tanpa proses pengolahan yang berarti oleh petani.

Upaya telah dilakukan dalam pembinaan petani bersifat kemitraan, terdiri dari penyuluhan, pembuatan petak pamer tanaman kopi pola multistrata, dan rehabilitasi kebun dengan topping. Petak pamer yang telah dibuat adalah kebun kopi multistrata seluas 2000 m² yang terbagi pada dua ketinggian dan petak pamer tanaman kopi yang dieabilitasi sejumlah 200 pohon. Pertumbuhan vegetatif kopi dari tunas baru hasil rehabilitasi dengan topping menunjukkan pertumbuhan yang sangat cepat setelah 2 bulan setelah topping dan dapat mengejar pertumbuhan pada 4 bulan setelah topping.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M.C.W., M. Tarigan, R. Saragih, F. Rahmadani. 2011. Panduan Sekolah Lapangan Budidaya Kopi Konservasi. Conservation International Indonesia. Jakarta. 59hal.
- Cacho,OJ, Marshall, GR and Milne. M 2003. Smallholder agroforestry projects: Potential for Carbon Sequestration and Poverty Alleviation. ESA Working Paper No. 03-06. Agricultural and Development Economics Division, The Food and Agriculture Organization of the United NationsHairiah, K.; S. Dewi; F. Agus; S. Velarde; M. Van Noordwijk & S. Rahayu (2010). Measuring of carbon stocks across land use systems: A manual. The World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia. (In-press).
- Kustiari, R. (2007). Perkembangan pasar kopi dunia dan implikasinya bagi Indonesia. Forum Penelitian Agro Ekonomi, 25 (1): 43-55.
- Tondok, A.R. (1999). Kebijakan pengembangan kopi di Indonesia. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao 15(1):1-21

**DAMPAK KEBIJAKAN DAN EFEKTIVITAS HPP GABAH/BERAS
TERHADAP KESEJAHTERAAN PETANI INDONESIA**
(Policy Impact and Effectiveness of Government Purchasing Price (HPP) of
Grain/Rice for Farmers Welfare in Indonesia)

Ahyar Ismail, Eka Intan Kumala Putri, Novindra, Nuva

Dep. Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi Manajemen, IPB

ABSTRAK

Pemerintah dalam upaya meningkatkan pendapatan petani, menetapkan kebijakan harga dasar atau HPP menjelang panen raya. Agar HPP efektif, selain pada ketepatan waktu, penetapan kebijakan HPP ini sangat tergantung pada mekanisme pembelian GKP dan GKG dari petani oleh Bulog/Dolog. Keterlambatan pengambilan kebijakan menyebabkan HPP cenderung dinikmati pedagang pengumpul dan pabrik penggilingan beras, proaktif membeli GKP dan GKG langsung dari petani. Penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan dan penawaran beras dalam kebijakan HPP gabah nasional, serta mengkaji efektivitas kebijakan HPP gabah di tingkat petani Cianjur. Secara ekonomi, respon harga riil gabah tingkat petani terhadap perubahan HPP dan produksi padi bersifat elastis dalam jangka panjang. Permintaan beras dipengaruhi oleh harga beras, jumlah penduduk, dan permintaan beras t-1. Respon permintaan beras terhadap perubahan jumlah penduduk adalah elastic. Simulasi peramalan terhadap peningkatan HPP gabah 9.54% dan 15% menyebabkan surplus petani padi meningkat masing-masing Rp 163.512.309 dan Rp 257.292.128. Hasil analisis efektifitas, kebijakan HPP di Cianjur kurang efektif dikarenakan harga gabah/beras di tingkat lokal melebihi HPP karena kualitas beras Cianjur lebih dikenal beras dengan kualitas premium.

Kata kunci: Efektifitas, Harga Pembelian Pemerintah, Panen Raya, Permintaan, Surplus Petani.

ABSTRACT

To increase income of Indonesia's farmer, Government assigned a base price policy or HPP's policy before the harvesting day. To be effective, the policy of HPP is also depend on the purchases mechanism of GKP/GKG from farmers by Bulog. Decision lag of HPP's policy tend to be enjoyed by collectors and rice mill enterprises, which has been proactive to directly buy GKP/GKG from farmers. This study analyzes factors affecting demand and supply of rice due to HPP's policy and examines the effectiveness of HPP in Cianjur. The economically, the response of rice real price at farmers' level towards the changes of real price of government purchases and rice production is elastic. Demand of rice is significantly influenced by the price of rice, population, and demand for rice at t-1. The increasing of HPP on grain at 9.54 % and 15 % lead to the increasing of rice farmers' surplus IDR 163,512,309 and IDR 257,292,128. The results of the effectiveness analysis, HPP's policy in Cianjur Region is less effective due to the price of rice at the local level exceeds the HPP, the reason is the quality of rice Cianjur known as the premium quality rice.

Keywords: Effectiveness, government purchasing price, harvesting day, demand, farmer's surplus.

PENDAHULUAN

Beras merupakan pangan pokok bagi 95% penduduk Indonesia dan penyumbang konsumsi energi-protein lebih dari 55%. Konsumsi per kapita beras penduduk Indonesia sangat tinggi, yaitu 104,85 kg/kapita/tahun dengan konsumsi totalnya mencapai 32 juta ton (BPS, 2008). Guna mengontrol keseimbangan antara konsumsi beras dan produksi padi tersebut diatas, maka Pemerintah membuat berbagai kebijakan nasional yang terkait dengan perberasan di Indonesia, antara lain Kebijakan HPP ini diputuskan Pemerintah pada saat menjelang panen raya padi, dengan tujuan utama guna meningkatkan pendapatan petani melalui penetapan harga padi, berupa Gabah Kering Panen (GKP) dan Gabah Kering Giling (GKG) yang lebih tinggi daripada harga panen raya. Agar HPP efektif, maka Pemerintah harus membeli *excess supply* padi pada tingkat HPP. Jika *excess supply* ini tidak terserap, maka akan mendorong harga turun kembali ke harga keseimbangan pasar panen raya.

Berbagai permasalahan ketidak-efektifan mendera kebijakan HPP ini. Selain bergantung pada **ketepatan waktu**, penetapan kebijakan HPP ini juga sangat tergantung pada **mekanisme pembelian GKP dan GKG** dari petani oleh Bulog/Dolog, seringkali penentuan kebijakan HPP lebih lambat daripada panen raya dan adanya **proses yang cukup rumit** sehingga perlu **waktu yang panjang (time lag)**, akibatnya HPP tidak sepenuhnya dinikmati petani sebagai sasaran kebijakan, dan bahkan **HPP cenderung dinikmati pedagang pengumpul dan lembaga penggilingan beras**, yang selama ini proaktif membeli GKP dan atau GKG langsung dari petani. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk melihat bagaimana efektivitas kebijakan HPP gabah/beras dan bagaimana dampak kebijakan HPP tersebut terhadap kesejahteraan petani.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak kebijakan HPP secara nasional dan bagaimana efektivitas kebijakan HPP Gabah/Beras terhadap kesejahteraan petani Indonesia. Secara spesifik tujuan penelitian ini adalah untuk:

- (1) Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan dan penawaran beras dalam kebijakan HPP gabah nasional.

- (2) Menganalisis dampak simulasi kebijakan HPP gabah terhadap kesejahteraan petani Indonesia, dan
 - (3) Mengkaji efektivitas kebijakan HPP gabah di tingkat petani.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini memiliki ruang lingkup nasional dan lokal. Lokasi survey dilakukan di Cianjur, Jawa Barat, karena Cianjur merupakan sentra beras kualitas medium dan premium. Sementara Jawa Barat sendiri merupakan penghasil beras terbesar tingkat nasional. Waktu penelitian dilakukan pada Mei-November 2011.

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan terdiri dari data sekunder dan data primer. Rentang waktu (*time series*) data sekunder tahun 1971-2009, yang bersumber dari beberapa instansi, yaitu BPS, Kementan, BI, dan Kemendag. Data primer dikumpulkan melalui survei ke petani, KUD/koperasi, pedagang pengumpul, penggilingan, dan Bulog/Divre/Sub Divre Cianjur.

Metode Analisis Data

Untuk analisis data digunakan model sistem persamaan simultan, terdiri dari 7 persamaan structural dan 3 persamaan identitas. Metode estimasi terhadap persamaan dalam model yang adalah *Two Stage Least Squares* (2 SLS), yang diolah dengan *software Statistical Analysis System* (SAS) 9.0. Selain itu, dilakukan pula analisis secara deskriptif-kualitatif dengan identifikasi mendalam terhadap mekanisme bekerjanya kebijakan HPP gabah/beras di tingkat petani.

Model permintaan dan penawaran beras di Indonesia, sebagai berikut:

Luas Areal Panen Padi

$$AREA_t = a_0 + a_1 HRGTP_t + a_2 HRJTP_t + a_3 KUTA_t + a_4 HRPUK_t + a_5 TREN + a_6 JAREA_t + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

Keterangan:

AREA = Luas areal panen padi tahun ke-t (Ha)

$HRGTP_t$ = Harga riji gabah tingkat petani tahun ke-t (Rp/Kg)

$HRITP_t$ = Harga riji jagung tingkat petani tahun ke-t (Rp/Kg)

$KUTA_t$ = Kredit usaha tani tahun ke- t (Rp)

$HRPUK_t$ = Harga riil pupuk urea tahun ke-t (Rp/Kg)

$TREN_t$ = Tren waktu (teknologi)

$LAREA_t$ = Luas areal panen padi tahun ke-t-1 (Ha)

ε_1 = error

Tanda parameter estimasi yang diharapkan $a_1, a_3, a_5 > 0$; $a_2, a_4 < 0$ dan $0 < a_6 < 1$

Produktivitas Padi

$$PRDV_t = b_0 + b_1 LHRGTP_t + b_2 LHRPUK_t + b_3 TREN_t + b_4 LPRDV_t + \varepsilon_2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

$PRDV_t$ = Produktivitas padi tahun ke-t (ton/Ha)

$LHRGTP_t$ = Harga riil gabah tingkat petani tahun ke-t-1 (Rp/Kg)

$LHRPUK_t$ = Harga riil pupuk urea tahun ke-t-1 (Rp/Kg)

$LPRDV_t$ = Produktivitas padi tahun ke-t-1 (ton/Ha)

ε_2 = error

Tanda parameter estimasi yang diharapkan $b_1, b_3, b_5 > 0$; $b_2 < 0$ dan $0 < b_4 < 1$

Harga Riil Gabah Tingkat Petani

$$HRGTP_t = c_0 + c_1 HRPP_t + c_2 PRDP_t + c_3 LHRGTP_t + \varepsilon_3 \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

$HRGTP_t$ = Harga riil gabah tingkat petani tahun ke-t (Rp/Kg)

$HRPP_t$ = Harga riil pembelian pemerintah terhadap gabah tahun ke-t (Rp/Kg)

$PRDP_t$ = Produksi padi tahun ke-t (ton)

$LHRGTP_t$ = Harga riil gabah tingkat petani tahun ke-t-1 (Rp/Kg)

ε_3 = error

Tanda parameter estimasi yang diharapkan adalah $c_1 > 0$; $c_2 < 0$ dan $0 < c_3 < 1$

Jumlah Impor Beras

$$IMPR_t = d_0 + d_1 HRIMP_t + d_2 PRDB_t + d_3 JPDK_t + d_4 LSTOK_t + d_5 LIMPR_t + \varepsilon_4 \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

$IMPR_t$ = Jumlah impor beras tahun ke-t (ton)

$HRIMP_t$ = Harga riil beras impor Indonesia tahun ke-t (Rp/Kg)

$PRDB_t$ = Produksi beras tahun ke-t (ton)

$JPDK_t$ = Jumlah penduduk tahun ke-t (juta jiwa)

$LSTOK_t$ = Stok beras tahun ke-t-1 (ton)

$LIMPR_t$ = Jumlah impor beras tahun ke-t-1 (ton)

ε_4 = error

Tanda parameter estimasi yang diharapkan $d_3 > 0$; $d_1, d_2, d_4 < 0$ dan $0 < d_5 < 1$

Permintaan Beras

Keterangan:

- $QDBR_t$ = Permintaan beras tahun ke-t (ton)
 $HRBIN_t$ = Harga riil beras Indonesia tahun ke-t (Rp/Kg)
 $INCR_t$ = Pendapatan riil tahun ke-t (Rp)
 $JPDK_t$ = Jumlah penduduk tahun ke-t (Juta jiwa)
 $LQDBR_t$ = Permintaan beras tahun ke-t-1 (ton)
 ε_5 = error

Tanda parameter estimasi yang diharapkan adalah $e_2 > 0$; $e_1 < 0$ dan $0 < e_3 < 1$

Harga Riil Beras Indonesia

Keterangan:

- $HRBIN_t$ = Harga riil beras Indonesia tahun ke-t (Rp/Kg)
 $QSBR_t$ = Penawaran beras tahun ke-t (Kg)
 $HRPP_t$ = Harga riil pembelian pemerintah terhadap gabah tahun ke-t (Rp/Kg)
 $LHRBIN_t$ = Harga riil beras Indonesia tahun ke-t-1 (Rp/Kg)
 ε_6 = error

Tanda parameter estimasi yang diharapkan adalah $f_2 > 0$; $f_1 < 0$ dan $0 < f_3 < 1$

Harga Riil Beras Impor Indonesia

Keterangan:

- $HRIMP_t$ = Harga riil beras impor Indonesia tahun ke-t (Rp/Kg)
 $HRBRD_t$ = Harga riil beras dunia tahun ke-t (US\$/Kg)
 $LTRIF_t$ = Tarif impor beras tahun ke-t-1 (Rp/Kg)
 $LHRIMP_t$ = Harga riil beras impor Indonesia tahun ke-t-1 (Rp/Kg)
 ε_7 = error

Tanda parameter estimasi yang diharapkan adalah $g_1, g_2 > 0$ dan $0 < g_3 < 1$

Produksi Padi:

Keterangan:

- $PRDP_t$ = Produksi padat tahun ke- t (ton)

$AREA_t$ = Luas areal panen padi tahun ke-t (Ha)
 $PRDV_t$ = Produktivitas padi tahun ke-t (ton/Ha)

Produksi Beras

$$PRDB_t = PRDP_t * FK_t \quad \dots \dots \dots \quad (2.9)$$

Keterangan:

$PRDB_t$ = Produksi beras tahun ke-t (ton) $PRDP_t$ = Produksi padi tahun ke-t (ton)
 FK_t = Faktor konversi (0.63)

Penawaran Beras

$$QSBR_t = PRDB_t + IMPR_t + LSTOK_t - STOK_t \quad \dots \dots \dots \quad (2.10)$$

Keterangan:

$QSBR_t$ = Penawaran beras tahun ke-t (ton)
 $PRDB_t$ = Produksi beras th ke-t (ton)
 $IMPR_t$ = Jumlah impor beras tahun ke-t (ton)
 $STOK_t$ = Stok beras tahun ke-t (ton)
 $LSTOK_t$ = Stok beras tahun ke-t-1 (ton)

Perubahan Surplus Petani Padi

$$\text{PRDP}_B^*(\text{HRGTP}_S - \text{HRGTP}_B) + \frac{1}{2} * (\text{PRDP}_S - \text{PRDP}_B)^* (\text{HRGTP}_S - \text{HRGTP}_B)$$

Keterangan: Subscript B = nilai dasar Subscript S = nilai akhir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Permintaan dan Penawaran Beras

Estimasi model permintaan dan penawaran beras dapat dilihat pada pembahasan berikut ini:

Luas Areal Panen Padi

Luas areal panen padi dipengaruhi secara nyata oleh luas areal panen padi tahun lalu dan teknologi, jika teknologi meningkat maka luas areal panen padi juga akan meningkat.

Tabel 1. Hasil estimasi persamaan luas areal panen padi (AREA).

Variable	Parameter Estimate	Elastisitas		Prob > T	Variable Label
		SR	LR		
Intercept	5580.459			0.00035	
HRGTP	9.05757	0.012	0.017	0.40355	harga riil gabah tingkat petani
HRJTP	-22.9432	-0.033	-0.048	0.22615	harga riil jagung tingkat petani
KUTA	0.001597	0.005	0.008	0.37825	kredit usaha tani
HRPUK	-14.4077	-0.017	-0.024	0.2006	harga riil pupuk
TREN	88.51625	0.259	0.375	0.00015*	Teknologi
LA REA	0.309613			0.0397**	luas areal panen padi t-1
R-squared	0.96822				
Prob> F	<.0001				
Durbin-H stat	Tidak Terdef				

*nyata pada taraf $\alpha = 0.01$ **nyata pada taraf $\alpha = 0.05$

Respon luas areal panen padi sebagai akibat perubahan teknologi adalah inelastis baik jangka pendek maupun jangka panjang, artinya jika teknologi meningkat 1% maka luas areal panen padi hanya meningkat < 1%.

Produktivitas Padi

Produktivitas padi dipengaruhi harga riil pupuk tingkat petani t-1, teknologi, dan produktivitas padi tahun lalu. Apabila harga riil pupuk tingkat petani t-1 mengalami peningkatan maka produktivitas padi akan menurun. Adapun peningkatan teknologi akan meningkatkan produktivitas padi. Berdasarkan nilai elastisitas dapat diketahui bahwa produktivitas padi inelastis terhadap semua variabel penjelasnya dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Namun, produktivitas padi lebih responsif (elastis) terhadap perubahan teknologi daripada perubahan harga riil pupuk tingkat petani t-1.

Tabel 2. Hasil estimasi persamaan produktivitas padi (PRDV).

Variable	Parameter Estimate	Elastisitas		Prob > T	Variable Label
		SR	LR		
Intercept	0.57894			0.04305	
LHRGTP	0.000085	0.0003	0.0017	0.4935	harga riil gabah tingkat petani t-1
LHRPUK	-0.00809	-0.0249	-0.1522	0.1007***	harga riil pupuk tingkat petani t-1
TREN	0.00871	0.0673	0.4122	0.11125***	teknologi
LPRDV	0.836754			<0.0001*	produktivitas padi t-1
R-squared	0.98656				
Prob> F	<.0001				
Durbin-H stat	1.97731				

*nyata pada taraf $\alpha = 0.01$ ***nyata pada taraf $\alpha = 0.20$

Harga Riil Gabah Tingkat Petani

Harga riil gabah tingkat petani dipengaruhi harga riil pembelian pemerintah dan harga riil gabah tingkat petani tahun lalu. Respon harga riil gabah tingkat petani terhadap perubahan harga riil pembelian pemerintah dan produksi padi bersifat inelastis dalam jangka pendek, namun elastis dalam jangka panjang.

Tabel 3. Hasil estimasi persamaan harga riil gabah tingkat petani (HRGTP).

Variable	Parameter Estimate	Elastisitas		Prob > T	Variable Label
		SR	LR		
Intercept	10.5626			0.00045	
HRPP	0.632329	0.779	1.169	<.0001*	harga riil pembelian pemerintah
PRDP	-0.00022	-0.760	-1.141	0.001*	produksi padi
LHRGTP	0.333835			0.01145**	harga riil gabah tingkat petani t-1
R-squared	0.86757				
Prob> F	<.0001				
Durbin-H stat	4.02793				

*nyata pada taraf $\alpha = 0.01$ **nyata pada taraf $\alpha = 0.05$

Pengaruh nyata dari harga riil gabah tingkat petani t-1 (lag HRGTP) terhadap HRGTP, mengindikasikan ada tenggang waktu yang relatif lambat bagi HRGTP untuk menyesuaikan diri dalam merespon perubahan ekonomi.

Jumlah Impor Beras

Jumlah impor beras dipengaruhi secara positif oleh jumlah penduduk dan nyata pada $\alpha = 95\%$.

Tabel 4. Hasil estimasi persamaan jumlah impor beras (IMPR).

Variable	Parameter Estimate	Elastisitas		Prob > T	Variable Label
		SR	LR		
Intercept	-2666.55			0.0748	
HRIMP	-6.48902	-0.014	-0.022	0.316	harga riil impor beras
PRDB	-0.24306	-5.824	-9.078	0.060***	produksi beras
JPDK	56.73381	8.724	13.598	0.036**	jumlah penduduk
LSTOK	-0.21636	-0.407	-0.634	0.075***	stok beras t-1
LIMPR	0.358411			0.01025**	impor t-1
R-squared	0.3448				
Prob> F	0.0148				
Durbin-H stat	1.25460				

**nyata pada taraf $\alpha = 0.05$

***nyata pada taraf $\alpha = 0.20$

Secara ekonomi, respon dari jumlah impor beras terhadap perubahan jumlah penduduk adalah elastis dalam jangka pendek maupun jangka panjang, artinya jika jumlah penduduk meningkat 1%, maka jumlah impor beras meningkat > 1%. Jumlah impor beras hanya responsif terhadap perubahan produksi beras baik jangka pendek maupun jangka panjang, bahwa jika produksi beras domestik meningkat 5% akan menyebabkan penurunan jumlah impor beras > 5%.

Permintaan Beras

Permintaan beras dipengaruhi jumlah penduduk dan permintaan beras t-1 sedangkan harga riil beras Indonesia berpengaruh negatif terhadap permintaan beras. Jika dilihat nilai elastisitasnya, respon permintaan beras terhadap perubahan harga riil beras domestik adalah inelastis dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Respon perubahan permintaan beras akibat perubahan jumlah penduduk adalah elastis dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Tabel 5. Hasil estimasi persamaan permintaan beras (QDBR).

Variable	Parameter Estimate	Elastisitas		Prob > T	Variable Label
		SR	LR		
Intercept	-7474.81			0.0033	
HRBIN	-79.5937	-0.093	-0.126	0.003*	harga riil beras Indonesia
JPDK	151.8969	1.070	1.456	0.001*	jumlah penduduk
LQDBR	0.26524			0.0954***	permintaan beras t-1
R-squared	0.98067				
Prob> F	<.0001				
Durbin-H stat	Tidak Terdef				

*nyata pada taraf $\alpha = 0.01$

***nyata pada taraf $\alpha = 0.20$

Harga Riil Beras Indonesia

Harga riil beras Indonesia, dipengaruhi harga riil pembelian pemerintah dan harga riil beras Indonesia tahun lalu, artinya bahwa jika harga riil pembelian pemerintah meningkat maka akan meningkatkan harga riil beras domestik. Hal tersebut terjadi karena jika harga riil pembelian pemerintah (HPP) terhadap gabah naik maka petani akan menjual gabahnya kepada tengkulak ataupun mitra kerja Bulog, yang mau membeli dengan harga minimal seharga HPP gabah, sehingga akhirnya pihak perantara juga akan meningkatkan harga jual berasnya.

Pengaruh penawaran beras domestik terhadap harga riil beras Indonesia juga nyata. Namun secara ekonomi, pengaruh penawaran beras domestik terhadap harga riil beras Indonesia tidak elastis dalam jangka pendek maupun jangka panjang, karena ada perbedaan mulai tanam diantara petani sehingga jika terjadi panen raya, waktunya hanya singkat, sehingga kelebihan penawaran (akibat kenaikan penawaran) juga relatif singkat.

Tabel 6. Hasil estimasi persamaan harga riil beras Indonesia (HRBIN).

Variable	Parameter Estimate	Elastisitas		Prob > T	Variable Label
		SR	LR		
Intercept	2.645476			0.10885	
QSBR	-0.00009	-0.087	-0.102	0.144***	penawaran beras
HRPP	1.656061	0.883	1.029	<.0001*	harga riil pembelian pemerintah
LHRBIN	0.142337			0.167***	harga riil beras Indonesia t-1
R-squared	0.94507				
Prob> F		<.0001			
Durbin-H stat		6.55887			

*nyata pada taraf $\alpha = 0.01$ ***nyata pada taraf $\alpha = 0.20$

Harga Riil Beras Impor Indonesia

Harga riil beras impor Indonesia dipengaruhi harga riil beras dunia dan harga riil beras impor Indonesia t-1. Secara ekonomi, respon dari harga riil beras impor Indonesia terhadap perubahan harga riil beras dunia bersifat elastis dalam jangka panjang, yang mengindikasikan bahwa jika harga beras dunia mengalami peningkatan 10%, maka harga riil beras impor Indonesia akan meningkat >10%. Peningkatan harga riil beras dunia tersebut karena adanya kenaikan permintaan beras di pasar dunia sebagai akibat kenaikan jumlah penduduk dunia. Harga riil beras impor Indonesia dipengaruhi oleh peubah bedakala, yang secara statistik nyata pada taraf $\alpha = 0.01$, artinya bahwa harga riil beras impor Indonesia membutuhkan tenggang waktu yang lama untuk kembali kepada tingkat keseimbangan dalam merespon perubahan ekonomi yang terjadi.

Tabel 7. Hasil estimasi persamaan harga riil beras impor Indonesia (HRIMP).

Variable	Parameter Estimate	Elastisitas		Prob > T	Variable Label
		SR	LR		
Intercept	-0.70577			0.32935	
HRBRD	0.541975	0.547	1.088	<.0001*	harga riil beras dunia
TRIF	0.00177	0.261	0.519	0.365	tarif impor beras
LHRIMP	0.497332			<.0001*	harga riil impor beras Indonesia t-1
R-squared	0.94147				
Prob> F		<.0001			
Durbin-H stat	-3.43356				

*nyata pada taraf $\alpha = 0.01$

Dampak Kebijakan Harga Pembelian Pemerintah (HPP) Gabah terhadap Kesejahteraan Petani Indonesia Tahun 2012-2016

Ramalan dampak kebijakan HPP gabah terhadap kesejahteraan petani Indonesia tahun 2012-2016 dilakukan skenario, yaitu menaikkan HPP gabah masing-masing 9.54% dan 15%, yang didasarkan pada tren data HPP gabah selama tahun 2002-2008, yaitu laju rata-rata pertumbuhan HPP gabah 9.54%.

Tabel 9. Hasil simulasi peramalan kenaikan (HPP) gabah sebesar 9.54%.

VARIABEL	NILAI AWAL	NILAI AKHIR	PERUBAHAN
Luas areal panen padi	12545.9	12577.7	0.253%
Produktivitas padi	4.8156	4.8159	0.006%
Harga riil gabah tingkat petani	27.4208	30.1238	9.857%
Jumlah impor beras	912.5	880.1	-3.551%
Permintaan beras	32892.1	32291.3	-1.827%
Harga riil beras Indonesia	64.1316	70.1599	9.400%
Harga riil impor beras Indonesia	21.2522	21.2522	0.000%
Produksi padi	60414.3	60571.5	0.260%
Produksi beras	38061	38160.1	0.260%
Penawaran beras	38868.3	38935	0.172%
Perubahan Surplus Petani Padi = Rp 163.512.309			

Sumber: Diolah dari Data Sekunder (2011).

Peningkatan HPP gabah 9.54% menyebabkan peningkatan harga gabah petani dan harga beras domestik masing-masing 9.86% dan 9.40%. Peningkatan harga gabah petani menjadi insentif bagi petani dalam meningkatkan produktivitas dan produksi padi masing-masing 0.01% dan 0.26%. Peningkatan produksi padi menyebabkan produksi beras juga meningkat 0.26%. Adanya peningkatan harga

gabah petani dan produksi padi menyebabkan surplus petani padi meningkat Rp 163.512.309. Adapun peningkatan HPP gabah 15% juga memberikan dampak yang sama dengan simulasi peningkatan HPP gabah 9.54 %. Perbedaannya hanya terdapat pada besarnya dampak yang diberikan. Peningkatan HPP gabah 15% menyebabkan peningkatan harga gabah petani 15.5 % dan peningkatan produksi padi 0.41 % dan surplus petani padi meningkat Rp 257.292.128.8.

Tabel 10. Hasil simulasi peramalan kenaikan (HPP) gabah sebesar 15%.

VARIABEL	NILAI AWAL	NILAI AKHIR	PERUBAHAN
Luas areal panen padi	12545.9	12595.9	0.399%
Produktivitas padi	4.8156	4.8161	0.010%
Harga riil gabah tingkat petani	27.4208	31.6709	15.500%
Jumlah impor beras	912.5	861.6	-5.578%
Permintaan beras	32892.1	31947.5	-2.872%
Harga riil beras Indonesia	64.1316	73.6101	14.780%
Harga riil impor beras Indonesia	21.2522	21.2522	0.000%
Produksi padi	60414.3	60661.5	0.409%
Produksi beras	38061	38216.7	0.409%
Penawaran beras	38868.3	38973.1	0.270%
Perubahan Surplus Petani Padi = Rp 257.292.128.8			

Efektivitas Kebijakan HPP Gabah/Beras di Tingkat Petani

Selama periode berlakunya inpres perberasan tahun 2007-2011, dapat ditunjukkan bahwa HPP GKP dan HPP GKG meningkat 7-10%, kecuali HPP beras yang menaik cukup drastis, yaitu 15-20% tahun 2010 dan 2011. Hal ini selaras dengan peningkatan harga aktual GKP, harga GKG, dan harga beras, yang pada bulan Januari-Agustus 2010 dan Maret-Oktober 2011 meningkat tajam, yaitu harga GKP sebesar Rp 2.997,-/kg (HPP Rp 2.640,-/kg); harga GKG Rp 3.549,-/kg (HPP Rp 3.300,-/kg); dan harga beras Rp 6.165,-/kg (HPP Rp 5.060,-/kg) dan harga GKP Rp 3.559,-/kg (HPP Rp 3.190,-/kg); harga GKG Rp 4.389,-/kg (HPP Rp 3.825,-/kg); dan harga beras Rp 7.125,-/kg (HPP Rp 5.830,-/kg).

Selain itu, Rasio HPP untuk beras sangat tinggi dibanding dengan HPP GKG dan jauh lebih tinggi daripada rasio dengan HPP GKP. Rasio HPP beras terhadap HPP GKP berkisar antara 1,75-1,92 sedangkan rasio HPP beras terhadap HPP GKG berkisar antara 1,48-1,52. Demikian pula halnya dengan rasio harga

aktual beras dibanding dengan harga GKP dan harga GKG, yaitu berkisar antara 1,90-2,06 untuk rasio beras aktual terhadap harga GKP, dan antara 1,67-1,74 untuk rasio aktual beras terhadap harga GKG.

Tabel 11. Perkembangan harga dan harga pembelian petani (HPP) GKP, GKG, dan beras, nasional 2007-2011.

Uraian	Satuan	Periode Berlakunya Inpres Perberasan				
		April 07 - April 08	Mei-Des 08	Jan-Des 09	Jan-Agust 10	Maret Okt 11
HPP GKP	(Rp/kg)	2.035	2.200	2.400	2.640	3.190
Persentase Kenaikan	(%)		8,11	9,09	10,00	20,83
Harga Aktual GKP tk. Petani	(Rp/kg)	2.350	2.557	2.708	2.997	3.559
Persentase Kenaikan	(%)		8,81	5,91	10,67	18,75
Harga Aktual GKP-HPP GKP	(Rp/kg)	315	357	308	357	369
Persentase terhadap HPP GKP	(%)	15,48	16,21	12,83	13,53	11,57
HPP GKG	(Rp/kg)	2.575	2.800	3.000	3.300	3.825
Persentase Kenaikan	(%)		8,74	7,14	10,00	15,91
Harga Aktual GKG tk. Penggilingan	(Rp/kg)	2.691	2.918	3.067	3.549	4.389
Persentase Kenaikan	(%)		8,44	5,11	15,71	23,67
Harga Aktual GKG-HPP GKG	(Rp/kg)	116	118	67	249	564
Persentase terhadap HPP GKG	(%)	4,50	4,21	2,24	7,55	14,75
HPP Beras	(Rp/kg)	3.800	4.000	4.200	5.060	5.830
Persentase Kenaikan	(%)		8,11	5,00	20,48	15,22
Harga Aktual Beras	(Rp/kg)	4.668	4.869	5.158	6.165	7.125
Persentase Kenaikan	(%)		4,32	5,93	19,52	15,57
Harga Aktual Beras -HPP Beras	(Rp/kg)	868	869	958	1.105	1.295
Persentase terhadap HPP Beras	(%)	22,84	21,73	22,81	21,84	22,21
Rasio HPP GKG:HPP GKP		1,27	1,27	1,25	1,25	1,20
Rasio Harga Aktual GKG: Harga Aktual GKP		1,15	1,14	1,13	1,18	1,23
Rasio HPP Beras:HPP GKP		1,87	1,82	1,75	1,92	1,83
Rasio Harga Aktual Beras: Harga Aktual GKP		1,97	1,90	1,90	2,06	2,00
Rasio HPP Beras:HPP GKG		1,48	1,43	1,40	1,53	1,52
Rasio Harga Aktual Beras: Harga Aktual GKG		1,73	1,67	1,68	1,74	1,62

Keterangan: *Hasil Survei Dan Dolog Sub Divre Cianjur, 2011.

Sumber: BPS dan Bulog dalam Laporan PSE (2010), dan Data Primer (2011), diolah.

Fakta ini menunjukkan bahwa: walaupun harga aktual GKP dan GKG berada diatas HPP GKP dan GKG, namun persentase kenaikan harga aktual GKP dan GKG tersebut tidak dapat mengimbangi persentase kenaikan harga beras medium (premium), seperti yang terjadi di Cianjur, sehingga menyebabkan semakin besar kesenjangan yang terjadi antara harga beras dengan harga GKP dan GKG. Artinya, bahwa tahun 2011/2012 kenaikan HPP GKP, HPP GKG maupun HPP Beras tersebut tidak pernah bisa menyamai harga aktual yang berlaku.

Indikator Efektivitas Kebijakan HPP Gabah/Beras di Tingkat Petani

Adanya kesenjangan antara target dan realisasi penyetoran gabah/beras oleh petani penggiling dan pedagang mitra menyebabkan masalah tersendiri bagi Dolog Divre/Sub Divre Cianjur dalam merealisasikan kebijakan HPP gabah/beras. Dolog Divre/Sub Divre Cianjur perlu menjaga stok beras untuk memenuhi kesediaan beras miskin (raskin), bencana alam, antisipasi saat kemarau, atau untuk menjaga stabilisasi harga melalui penerapan kebijakan HPP tersebut.

Efektivitas penerapan kebijakan HPP di tingkat petani, ditentukan oleh 3 (tiga) indikator, yaitu ketepatan realisasi HPP dengan target, ketepatan waktu HPP, dan kecepatan proses HPP. Hasil survey pada beberapa petani penggiling dan pedagang gabah/beras mitra di Cianjur, dapat ditunjukkan dengan Tabel 12.

Tabel 12. Nilai indikator efektivitas kebijakan HPP gabah/beras di Cianjur.

Indikator	Nilai Indikator		Tingkat Efektivitas
	Skor	(%)	
Ketepatan realisasi HPP dengan target	40 - 60	56,25	Kurang Efektif
Ketepatan waktu HPP	60 – 80	60,00	Cukup Efektif
Kecepatan Proses HPP	60 - 80	77,50	Cukup Efektif

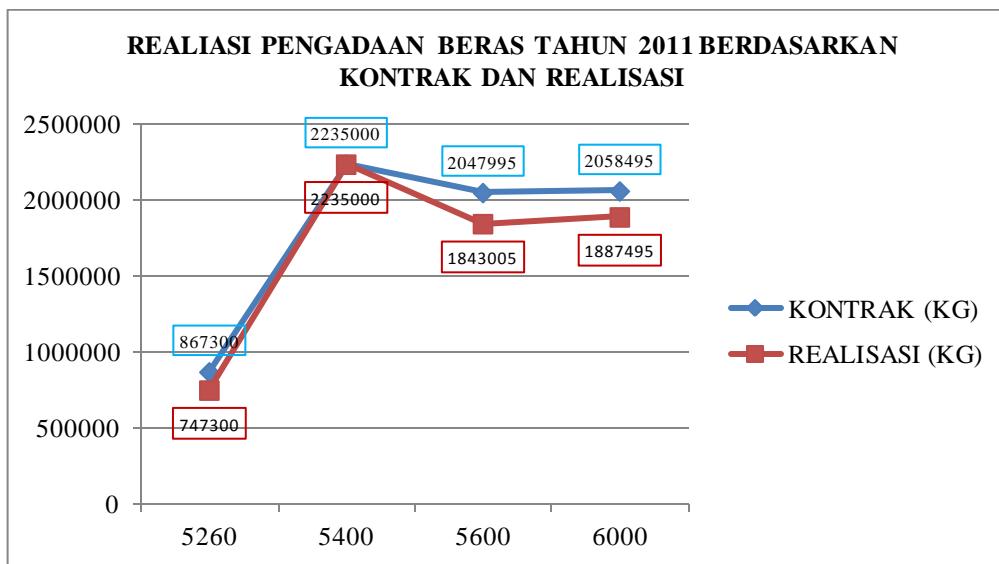
Keterangan: Skor 80-100 sangat efektif; 60-80 cukup efektif; 40-60 kurang efektif; < 40 tidak efektif

Sumber: Data Primer diolah (Oktober, 2011)

Kurang efektifnya ketepatan realisasi HPP dengan target di Dolog Divre/Sub Divre Cianjur hasil survey pada petani penggiling dan pedagang mitra ini sesuai dengan data realisasi beras dari Dolog Divre/Sub Divre Cianjur pada tahun 2011. Gambar 1 menunjukkan bahwa pengadaan beras (di Dolog Divre/Sub Divre Cianjur tidak ada gudang penampung dan mesin pengolah sehingga selalu stok beras antara kontrak yang telah ditandatangani petani penggiling dan pedagang mitra dengan realisasinya tidak pernah tercapai, yang disebabkan oleh kesenjangan HPP GKP dan HPP beras dengan harga aktual GKP dan HPP beras.

Seperti yang telah diuraikan di muka, pada saat sekarang (berdasarkan Inpres No.7/2009 dan Inpres No.8/2010) HPP GKP Rp 2640,- per kg dan HPP

beras Rp 5060,- per kg lebih rendah daripada harga aktual GKP Rp 3000,- per kg dan harga aktual beras Rp 7000,- per kg, sehingga tidak ada insentif bagi petani penggiling dan pedagang mitra untuk menjual gabah/beras ke Dolog Divre/Sub Divre Cianjur, khususnya gabah/beras premium (medium) Cianjur.



Gambar 1. Kesenjangan realisasi dan kontrak pengadaan beras di dolog divre/sub divre Cianjur tahun 2011

Bagi Dolog Divre/Sub Divre Cianjur tidak masalah jika harga aktual GKP, GKG dan harga aktual beras lebih tinggi dari HPP GKP, GKG dan HPP beras karena memang salah satu tujuan dikeluarkannya kebijakan HPP adalah untuk meningkatkan harga dan pendapatan petani. Sebaliknya, menjadi masalah ketika ada pemberitaan bahwa ada petani di puncak gunung menjual gabah/beras dengan harga aktual dibawah HPP gabah/beras, walaupun jumlah penjualannya kecil.

KESIMPULAN

Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi penawaran beras Indonesia: harga gabah tingkat petani, produksi padi, dan harga beras. Permintaan beras dipengaruhi secara signifikan oleh harga beras, jumlah penduduk, dan permintaan beras t-1; Simulasi peramalan terhadap peningkatan harga riil pembelian pemerintah (HPP) gabah 9.54% dan 15% menyebabkan surplus petani padi

mengalami peningkatan masing-masing Rp 163.512.309 dan Rp 257.292.128; Hasil analisis efektifitas kebijakan HPP beras oleh pemerintah di tingkat petani di Kabupaten Cianjur menunjukkan fenomena dimana harga gabah/beras (premium, Cisadane, dan IR 64) lebih tinggi daripada HPP yang ditetapkan Pemerintah sekalipun pada musim panen raya, sehingga diduga Kebijakan HPP tersebut tidak efektif pada masa sekarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Firdaus, M.,*et al.*2008. Swasembada Beras Dari Masa ke Masa: Telaah Efektivitas kebijakan dan Perumusan Strategi Nasional. IPB Press, Bogor.
- Gujarati, D. 1978. Ekonometrika Dasar. Erlangga, Jakarta.
- Nainggolan, K., dan A. Suprapto. 1987. *Supply Response for Rice in Java : Empirical Evidence*. Ekonomi dan Keuangan Indonesia, XXXV (2) : 239-264.
- Pindyck, R.S., dan D. L. Rubinfeld. 1981. *Econometric Models and Economic Forecasts*, Second Edition. Exclusive Rights by Mc.Graw-Hill Book Company, Tokyo.
- Ruatiningrum, LZ. 2011. Dampak Kebijakan Pemerintah Dan Perubahan Faktor Lain Terhadap Permintaan dan Penawaran Beras di Indonesia: Analisis Simulasi Kebijakan. Departemen ESL. FEM-IPB. Skripsi. Tidak Dipublikasikan.
- Sehabudin, Ujang *et.al.* 2010. Efektivitas Kebijakan HPP Beras/Gabah. Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan.FEM-IPB. Tidak Dipublikasikan.

**STUDI INDIKATOR KEMISKINAN PADA MASYARAKAT
DAN MISKLASIFIKASI ORANG MISKIN MENURUT
KRITERIA BPS, BANK DUNIA, DAN SAJOGYO**

(Poverty Indicators and Misclassification of Poor People according to
BPS, World Bank and Sajogyo)

Ali Khomsan¹⁾, Arya Hadi Dharmawan²⁾, Sahrudin²⁾, Alfiasari³⁾

¹⁾Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB,

²⁾Dep. Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB,

³⁾Dep. Ilmu Keluarga dan Konsumen, Fakultas Ekologi Manusia, IPB

ABSTRAK

Gold standard kemiskinan harus dirumuskan secara akurat. Keadaan di lapangan membuktikan bahwa misklasifikasi menyebabkan kekacauan dalam pelaksanaan program-program bantuan pemerintah untuk orang miskin. Penelitian ini akan merumuskan *gold standard* garis kemiskinan yang baru dan menganalisis misklasifikasi orang miskin menurut kriteria BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo. Penelitian dilakukan dengan metode survai. Lokasi penelitian adalah Desa Petir dan Desa Cihideung Udik, Kabupaten Bogor. Penelitian berlangsung dari bulan Mei sampai dengan November 2011. Dari hasil penelitian ini diperoleh *gold standard* garis kemiskinan sebesar Rp544.019/kapita/bulan (US\$1,97/kapita/hari), sedangkan menurut BPS (2006) Rp183.067, Bank Dunia Rp276.000 – Rp552.000/kapita/bulan (\$1-\$2/kap/hari), dan garis kemiskinan Sajogyo Rp160.000/kapita/bulan. Dengan acuan *gold standard*, maka jumlah rumah tangga miskin di lokasi penelitian di Kabupaten Bogor adalah 67,7% dan yang tidak miskin 32,3%. Distribusi rumah tangga miskin/tidak miskin ini hampir sama dengan kriteria Bank Dunia (\$2/kap/hari). Penggunaan kriteria BPS dan Sajogyo menempatkan sampel penelitian ini sebagian besar atau bahkan semuanya sebagai rumah tangga tidak miskin. Fungsi diskriminan dengan variabel tingkat pendidikan suami, luas rumah dan jumlah tempat tidur dapat mendeteksi rumah tangga miskin dengan tingkat akurasi sebesar 97,6%.

Kata kunci: Garis kemiskinan, rumah tangga miskin.

ABSTRACT

Gold standard of poverty line is needed to determine poor/non-poor household accurately. Misclassification may cause ineffectiveness of poverty alleviation programs. This study aimed to determine poverty line and analyze misclassification of poor people according to BPS, World Bank, and Sajogyo. The survey was conducted in Petir and Cihideung Udik Villages, Bogor District. The gold standard of poverty line was Rp544,019/cap/month, while according to BPS (2006) Rp183,067, the World Bank Rp276,000-Rp552,000 (\$1-\$2/cap/day), and Sajogyo standard Rp160,000. Using the gold standard of poverty line, number of household in the study sites in Bogor was categorized as poor 67.7% and non-poor 32.3%. The World Bank criteria (\$2/cap/day) resulted the similar figures. While BPS and Sajogyo standards put most or all households into poor category. Husband education, house size, and number of bed owned by household might be used as poverty indicators. The indicators had accuracy of 97.6% to detect poor household.

Keywords: Poverty line, poor household.

PENDAHULUAN

Masalah kemiskinan sampai saat ini terus-menerus menjadi masalah yang berkepanjangan (Ritonga, 2004). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk miskin di Indonesia pada Maret 2010 mencapai 31,02 juta orang (13,33 persen), turun 1,51 juta dibandingkan dengan penduduk miskin pada Maret 2009 yang berjumlah 32,53 juta atau 14,15 persen (Berita Resmi Statistik, 2010). Program-program penanggulangan kemiskinan harus lebih ditingkatkan untuk mengatasi masalah ini.

Ciri-ciri yang menonjol dari kemiskinan di Indonesia, pertama, banyak rumah tangga yang berada di sekitar garis kemiskinan (*border line of poverty*), sehingga banyak penduduk yang meskipun tergolong tidak miskin tetapi rentan terhadap kemiskinan. Kedua, ukuran kemiskinan terkadang tidak menggambarkan potret kemiskinan yang sebenarnya. Banyak orang yang mungkin tidak tergolong “miskin dari segi pendapatan” tetapi kurang dapat mengakses pelayanan dasar yang diperlukan (Bank Dunia, 2006).

Standar garis kemiskinan merupakan ukuran rata-rata kemampuan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan hidup minimum dan merupakan batas untuk menentukan miskin atau tidaknya seseorang. Dapat dikatakan bahwa penduduk miskin adalah penduduk yang memiliki rata-rata pengeluaran per kapita per bulan di bawah garis kemiskinan (Berita Resmi Statistik, 2010).

Saat ini, Badan Pusat Statistik (BPS) menggunakan pendekatan pengeluaran untuk menentukan garis kemiskinan. Garis kemiskinan lainnya di Indonesia dikembangkan oleh Sajogyo pada tahun 1975, yang menyatakan bahwa orang miskin memiliki pengeluaran setara dengan 320 kg beras per kapita per tahun atau senilai Rp160 000 per kapita per bulan. Garis kemiskinan yang ditetapkan BPS maupun Sajogyo diduga terlalu rendah untuk mencukupi kebutuhan hidup minimum bahkan lebih rendah dari garis kemiskinan Bank Dunia US\$ 1 per kapita per hari. Garis kemiskinan yang terlalu rendah tersebut dapat menyebabkan misklasifikasi dan kekeliruan dalam menetapkan jumlah orang miskin secara nasional.

Penelitian tentang kehidupan masyarakat di perdesaan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, namun yang terkait dengan aspek indikator kemiskinan masih perlu dilakukan. Salah satu penelitian tentang garis kemiskinan yang pernah dilakukan adalah pada masyarakat petani, baik petani padi maupun petani hortikultra (Suhanda *et al.*, 2009). Dalam penelitian tersebut telah ditemukan garis kemiskinan petani sebesar Rp457 558 per kapita per bulan atau setara US\$1,6 per kapita per hari. Garis kemiskinan untuk masyarakat petani ini lebih besar dari garis kemiskinan nasional BPS tahun 2010 yang hanya Rp211 726 per kapita per bulan.

Tujuan penelitian ini adalah: 1). Menetapkan *gold standard* garis kemiskinan rumah tangga perdesaan berdasarkan pengeluaran konsumsi pangan, kesehatan, pendidikan, perumahan, kehidupan sosial, dan lainnya; 2). Membandingkan *gold standard* garis kemiskinan yang diperoleh dengan standar garis kemiskinan BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo; 3) Menganalisis kejadian misklasifikasi rumah tangga miskin berdasarkan garis kemiskinan dengan kriteria *gold standard*, BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo; 4) Menganalisis karakteristik sosial, ekonomi, dan pangan yang dapat menjadi indikator kemiskinan rumah tangga perdesaan.

METODE PENELITIAN

Desain, Lokasi, dan Waktu

Penelitian ini dilakukan dengan metode survai, berlokasi di Kabupaten Bogor, tepatnya di Desa Petir, Kecamatan Dramaga dan Desa Cihideung Udik, Kecamatan Ciampea. Kedua desa tersebut merupakan daerah perdesaan yang masih berada dalam satu hamparan. Penelitian berlangsung selama tujuh bulan, mulai dari persiapan penelitian sampai penulisan laporan akhir, yaitu dari bulan Mei sampai dengan November 2011.

Jenis Data

Data primer yang dikumpulkan terdiri dari: (1) data karakteristik sosial demografi rumah tangga; (2) data karakteristik ekonomi rumah tangga; (3) jenis komponen/kuantitas kebutuhan hidup dan daftar harga barang/komoditi

kebutuhan rumah tangga (Suhanda *et al.*, 2009); dan (4) standar garis kemiskinan BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo.

Sampling

Dalam penelitian ini rumah tangga yang menjadi contoh penelitian dikategorikan dengan mengacu pada kriteria BKKBN, yaitu terdiri dari kelompok Keluarga Pra Sejahtera dan Sejahtera I yang mewakili rumah tangga miskin dan kelompok Keluarga Sejahtera II, III, dan III+ mewakili rumah tangga tidak miskin. Kriteria BKKBN untuk kategori Pra Sejahtera adalah keluarga yang anggotanya tidak dapat memenuhi paling tidak 1 (satu) kebutuhan dasar minimal yang ditetapkan BKKBN. Daftar kategori kesejahteraan keluarga BKKBN merupakan satu-satunya informasi yang tersedia pada tingkat desa sehingga dapat digunakan untuk stratifikasi rumah tangga yang dijadikan contoh dalam penelitian ini.

Ukuran contoh rumah tangga ditetapkan dengan menggunakan rumus Cochran (1982), dan dari hasil perhitungan diperoleh jumlah contoh di lokasi penelitian adalah 62 rumah tangga.

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o - 1}{N}}$$

Analisis Data

Analisis data yang dilakukan meliputi estimasi *elementary statistic* dari semua peubah kuantitatif dan proporsi untuk semua peubah yang bersifat kategorikal (seperti proporsi kemiskinan menurut BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo). Analisis data juga mencakup penentuan *cut off* kebutuhan hidup layak minimum berdasarkan berbagai kebutuhan dasar seperti kebutuhan pangan, pakaian, perumahan, kesehatan, pendidikan, listrik, komunikasi, transportasi hiburan dan lain-lain. Selanjutnya kebutuhan layak minimum ini menjadi *gold standard* garis kemiskinan (setelah dikoreksi dengan standar deviasi). Jika pendapatan rumah tangga kurang dari *gold standard* garis kemiskinan, maka rumah tangga tersebut termasuk kelompok rumah tangga miskin, lainnya termasuk rumah tangga tidak miskin. Rumah tangga miskin dan tidak miskin ini

serta berbagai peubah sosial ekonomi akan menjadi input analisis diskriminan untuk menentukan indikator kemiskinan yang baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Garis Kemiskinan dan Misklasifikasi Rumah Tangga Miskin

Dalam penelitian ini penentuan garis kemiskinan dilakukan dengan menghitung biaya hidup minimum rumah tangga dan individu. Yang dimaksud dengan biaya hidup minimum rumah tangga adalah segala kebutuhan anggota rumah tangga yang harus terpenuhi dan penggunaannya bisa dilakukan bersama-sama dengan anggota rumah tangga lain, misalnya : listrik, bahan bakar (gas), komunikasi, TV, keperluan sosial, peralatan dapur, peralatan kamar mandi, peralatan kebersihan, peralatan ibadah, dan lain-lain.

Dengan mengacu pada penelitian Suhanda *et al.*, (2009) rincian kebutuhan rumah tangga telah dapat diidentifikasi, dan untuk menghitung biaya hidup minimum rumah tangga diperlukan informasi harga barang/jasa dari lokasi penelitian ini (Bogor). Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa biaya hidup minimum rumah tangga di Kabupaten Bogor adalah Rp255 953,2 per rumah tangga per bulan.

Sebagaimana dikemukakan sebelumnya bahwa selain biaya hidup minimum rumah tangga, penghitungan garis kemiskinan juga harus memperhatikan biaya hidup minimum individu. Setiap individu mempunyai biaya hidup minimum yang besarnya berbeda dibandingkan kelompok individu lainnya. Penghitungan biaya hidup minimum individu pada dasarnya mengacu pada kebutuhan untuk pangan dan nonpangan. Dengan memperhatikan kuantitas yang dibutuhkan dan harga di lokasi penelitian, maka dapat dihitung biaya hidup minimum individu. Tabel di bawah ini adalah contoh biaya hidup minimum untuk perempuan dewasa yang sudah menikah. Diketahui biaya hidup minimum perempuan dewasa yang sudah menikah adalah sebesar Rp403 632,8 per bulan.

Biaya hidup minimum individu untuk setiap kelompok umur dan jenis kelamin disajikan secara lebih ringkas seperti terlihat pada Tabel 1. Dapat dijelaskan bahwa biaya hidup minimum individu berkisar antara Rp55 548 - Rp607 076 per kapita per bulan. Bayi berusia 0-6 bulan mempunyai biaya hidup

minimum paling rendah karena kebutuhan pangannya bisa dipenuhi dari ASI. Sementara itu, biaya hidup minimum perempuan hamil dan perempuan menyusui adalah yang tertinggi karena adanya biaya melahirkan, biaya pemeriksaan kehamilan, dan biaya konsumsi pangan yang lebih tinggi untuk memenuhi asupan gizi.

Tabel 1. Rincian biaya hidup minimum (Rp/kapita/bulan).

No	Kelompok Umur	Biaya Hidup Minimum
1	Kebutuhan Rumahtangga	255 953
2	Perempuan Hamil	607 076
3	Perempuan Menyusui	497 915
4	Bayi Laki-laki/Perempuan (0-6 bulan)	55 548
5	Bayi Laki-laki/Perempuan (7-12 bulan)	363 030
6	Balita Laki-laki/Perempuan (1-5 tahun)	452 575
7	Anak Perempuan (6-13 tahun)	427 395
8	Anak Laki-laki (6-13 tahun)	443 301
9	Remaja Perempuan (14-17 tahun)	535 636
10	Remaja Laki-laki (14-17 tahun)	533 923
11	Dewasa Perempuan Sudah Menikah (18-65 tahun)	403 633
12	Dewasa Perempuan Belum Menikah (18-65 tahun)	421 177
13	Dewasa Laki-laki Sudah Menikah (18-65 tahun)	398 411
14	Dewasa Laki-laki Belum Menikah (18-65 tahun)	415 955
15	Lansia Perempuan (>65 tahun)	403 633
16	Lansia Laki-laki (>65 tahun)	394 464

Biaya hidup minimum untuk setiap rumah tangga akan berbeda-beda tergantung pada susunan anggota rumah tangganya. Apabila susunan suatu rumah tangga didominasi oleh anak-anak, maka biaya hidupnya akan lebih rendah. Dengan menggunakan tabel di atas, dapat diketahui bahwa rumah tangga yang terdiri dari suami dan istri memerlukan biaya hidup minimum Rp1 057 997 per bulan (angka ini diperoleh dari penjumlahan biaya hidup minimum kebutuhan rumah tangga, dewasa perempuan sudah menikah, dan dewasa laki-laki sudah menikah).

Biaya hidup minimum menjadi dasar utama penentuan *gold standard* garis kemiskinan. Penghitungan garis kemiskinan menggunakan persentil 97,5% (persentil ini adalah menunjukkan jumlah wilayah rata-rata ditambah dua simpangan baku dari kurva sebaran normal) yang berarti garis kemiskinan

tersebut telah mencakup 97,5% populasi rumah tangga miskin. Dengan asumsi jumlah anggota rumah tangga 4-5 orang, diperoleh *gold standard* garis kemiskinan sebesar Rp544 019 per kapita per bulan (US\$1,97/kap/hari).

Tabel 2. Biaya hidup minimum dan *gold standard* garis kemiskinan (Rp/Kap/Bln) di Kabupaten Bogor.

Wilayah	Biaya Hidup Minimum		<i>Gold Standard</i> Garis Kemiskinan
	Rata-rata	Sd	
Kabupaten Bogor	485 276	29 971	544 019

Dalam penelitian ini telah diperbandingkan *gold standard* garis kemiskinan dengan garis kemiskinan lainnya (BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo). BPS (2006) menetapkan garis kemiskinan untuk Kabupaten Bogor sebesar Rp.183.067 /kap/bulan. Bank Dunia menggunakan dua ukuran garis kemiskinan yaitu pendapatan senilai US\$1 dan US\$2 /kap/hari, sedangkan Sajogyo menetapkan garis kemiskinan berdasarkan pengeluaran setara beras sebesar 320 kg/kap/tahun. Dengan menggunakan nilai kurs dan harga beras saat ini, diperoleh garis kemiskinan Bank Dunia adalah Rp.276.000 – Rp.552.000 /kap/bulan dan garis kemiskinan Sajogyo Rp160.000 /kap/bulan. Tabel 3 menyajikan perbandingan beberapa garis kemiskinan yang menunjukkan bahwa *gold standard* garis kemiskinan temuan penelitian ini Rp.544.019 /kap/bulan atau \$1,97 /kap/hari hampir setara dengan garis kemiskinan Bank Dunia US\$2 /kap/hari.

Tabel 3. Perbandingan beberapa garis kemiskinan (Rp/Kap/Bulan)

Kriteria	Garis Kemiskinan
<i>Gold standar</i> (2011)	544 019
BPS (2006)	183 067
Bank Dunia US \$ 1/kap/hari	276 000
Bank Dunia US \$ 2/kap/hari	552 000
Sajogyo (320 kg beras/th)	160 000

Keterangan: kurs US\$1=Rp9200; harga 1 kg beras = Rp6000

Mencermati Tabel 3, dapat dikatakan bahwa untuk saat ini garis kemiskinan BPS, Sajogyo ataupun Bank Dunia (\$1/kap/hari) sudah tidak realistik untuk menopang hidup layak minimum. Penggunaan garis kemiskinan-garis kemiskinan

tersebut akan berdampak pada kekeliruan di dalam menentukan jumlah orang miskin yang sesungguhnya. Temuan hasil penelitian ini yang menetapkan garis kemiskinan \$1,97/kap/hari telah mengkonfirmasi garis kemiskinan Bank Dunia (\$2/kap/hari) sebagai ukuran yang lebih realistik.

Dari rumah tangga yang menjadi contoh dalam penelitian ini setelah diklasifikasikan menurut beberapa garis kemiskinan, maka diperoleh sebaran sebagaimana terlihat pada Tabel 4. Jika kriteria *gold standard* diterima sebagai ambang batas kemiskinan, maka jumlah rumah tangga miskin di lokasi penelitian adalah 67,7% dan yang tidak miskin 32,3%. Sebaran rumah tangga miskin menurut kriteria *gold standard* memiliki kemiripan dengan sebaran kemiskinan Bank Dunia (US\$2/kap/hari) dan jauh dari kriteria-kriteria garis kemiskinan lainnya. Dengan menggunakan kriteria BPS (2006) maka jumlah rumah tangga miskin adalah 21% dan yang tidak miskin 79%. Sementara garis kemiskinan Sajogyo akan menempatkan semua rumah tangga yang menjadi contoh dalam penelitian ini masuk kategori tidak miskin.

Tabel 4. Misklasifikasi rumah tangga menurut beberapa garis kemiskinan.

Kriteria	Status			
	Miskin		Tidak Miskin	
	n	%	n	%
BKKBN	12	19,4	50	80,6
<i>Gold standard</i> (2011)	42	67,7	20	32,3
BPS (2006)	13	21,0	49	79,0
Bank Dunia (US\$1/kap/hari)	14	22,6	48	77,4
Bank Dunia (US\$2/kap/hari)	45	72,6	17	27,4
Sajogyo (320 kg beras/th)	0	0,0	62	100,0

Angka kemiskinan nasional adalah sekitar 14%-16%. Sebaran angka ini mungkin bervariasi antar kabupaten/propinsi. Di lokasi penelitian, jumlah sampel yang tergolong miskin lebih besar daripada angka kemiskinan tingkat nasional yakni 21,0% menurut kriteria BPS (Tabel 9). Dengan menggunakan garis kemiskinan baru hasil penelitian ini, diketahui jumlah rumah tangga miskin di lokasi penelitian ternyata lebih dari tiga kali lipat dibandingkan angka kemiskinan versi BPS.

Adalah suatu hal yang mengkhawatirkan ketika jumlah orang miskin dianggap sedikit namun kenyataannya jauh lebih besar daripada yang dinyatakan selama ini. Klaim-klaim pertumbuhan ekonomi yang ternyata tidak dapat menjadi daya ungkit untuk mensejahterakan rakyat mungkin terjadi karena terlalu banyaknya rumah tangga miskin yang harus dientaskan.

Indikator Kemiskinan

Konsumsi Pangan

Pangan sumber protein adalah pangan yang digunakan sebagai lauk-pauk sehari-hari (melengkapi makanan pokok) dan menjadi zat gizi pengatur metabolisme dalam tubuh sehingga dapat menjamin pertumbuhan optimal. Beberapa pangan hewani seperti daging selain mengandung protein juga diketahui mengandung zat besi tinggi yang berperan untuk mencegah anemia gizi besi. Pemilihan protein hewani seperti daging sapi dan ikan asin dilakukan karena kedua jenis lauk tersebut mewakili jenis protein yang memiliki nilai ekonomis yang berbeda. Daging sapi misalnya, pangan hewani ini memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi dibandingkan ikan asin, sedangkan ikan asin dengan nilai ekonomi yang lebih rendah mungkin akan lebih banyak dikonsumsi rumah tangga berpenghasilan rendah.

Dalam penelitian ini telah dikumpulkan data tentang seberapa banyak rumah tangga mengonsumsi daging sapi dan ikan asin per minggu. Secara keseluruhan, rumah tangga miskin mengonsumsi daging sapi lebih jarang dan ikan asin lebih sering dibandingkan dengan rumah tangga tidak miskin (lihat Tabel 5).

Tabel 5. Sebaran rumah tangga menurut frekuensi konsumsi pangan hewani.

Pangan	Kategori Rumah Tangga			
	Miskin		Tidak Miskin	
	n	%	n	%
Jarang mengonsumsi daging ($\leq 1x/\text{minggu}$)				
- Ya	15	35,7	3	15,0
- Tidak	27	64,3	17	85,0
Sering mengonsumsi ikan asin ($\geq 4x/\text{minggu}$)				
- Ya	31	73,8	8	40,0
- Tidak	11	26,2	12	60,0

Sandang

Kemampuan keluarga dalam memenuhi kebutuhan sandang dapat dilihat dari banyaknya anggota rumah tangga yang mampu membeli baju baru dalam kurun waktu setahun terakhir. Tabel 6 menunjukkan statistik rumah tangga berdasarkan kemampuan dalam memenuhi kebutuhan sandang. Jumlah rata-rata anggota keluarga yang mampu membeli baju baru pada kelompok keluarga miskin sebesar 3,7 orang, sedikit lebih rendah bila dibandingkan dengan rumah tangga tidak miskin.

Tabel 6. Statistik rumah tangga berdasarkan kemampuan membeli baju.

Kebutuhan Sandang	Kategori Rumah Tangga	
	Miskin	Tidak Miskin
Banyaknya anggota rumah tangga yang membeli baju baru	$3,7 \pm 1,9$	$3,9 \pm 1,5$
Rasio banyaknya anggota rumah tangga yang membeli baju baru dibandingkan total anggota rumah tangga	$79,6 \pm 29,2$	$92,5 \pm 19,1$
Jumlah baju baru yang dibeli	$6,4 \pm 4,7$	$7,4 \pm 3,8$

Rasio anggota rumah tangga yang dapat membeli baju baru pada kelompok rumah tangga tidak miskin adalah sebesar 92,5%, angka persentase ini lebih tinggi dibandingkan pada kelompok rumah tangga miskin (79,6%). Rumah tangga tidak miskin membeli baju baru setahun sekali dengan rata-rata jumlah baju yang dibeli sebanyak 7,4 buah. Secara keseluruhan dapat diketahui bahwa rumah tangga miskin memiliki akses lebih kecil dalam memenuhi kebutuhan sandangnya.

Papan

Tabel 7 menunjukkan statistik rumah tangga berdasarkan kemampuan dalam memenuhi kebutuhan papan. Keadaan rumah yang sehat dapat tergambar dari cukup tidaknya ventilasi udara. Berdasarkan luas ventilasi udara, rumah tangga tidak miskin memiliki ventilasi udara yang lebih luas yaitu ($5,1 \text{ m}^2$) bila dibandingkan dengan keluarga miskin yang hanya sebesar $3,3 \text{ m}^2$.

Terjadinya perbedaan yang signifikan antara keluarga miskin dan tidak miskin tidak hanya terlihat dari luas ventilasi udara tetapi juga dari total pengeluaran listrik rumah tangga per bulan. Rata-rata pengeluaran listrik per bulan

keluarga rumah tangga tidak miskin 2 kali lipat (Rp98 100) dari pengeluaran listrik per bulan rumah tangga miskin yang hanya Rp50 667.

Tabel 7. Statistik rumah tangga berdasarkan kemampuan dalam memenuhi kebutuhan pangan.

Papan	Kategori Rumah Tangga	
	Miskin	Tidak Miskin
Luas ventilasi udara (m^2)	$3,3 \pm 3,7$	$5,1 \pm 6,6$
Pengeluaran listrik rumah tangga satu bulan terakhir (Rp)	$50\ 667 \pm 27\ 058$	$98\ 100 \pm 103\ 561$
Jumlah kamar mandi yang dimiliki rumah tangga	$0,9 \pm 0,4$	$1,3 \pm 0,9$
Luas total kamar mandi yang dimiliki rumah tangga (m^2)	$2,5 \pm 1,7$	$3,8 \pm 2,9$
Pengeluaran bahan bakar (minyak tanah/gas) satu bulan terakhir (Rp)	$36\ 607 \pm 17\ 981$	$50\ 450 \pm 22\ 192$
Luas rumah (m^2)	$66,5 \pm 40,5$	$121,5 \pm 121,4$
Luas pekarangan rumah (m^2)	$18,5 \pm 49,1$	$56,8 \pm 165,8$

Rata-rata kepemilikan kamar mandi pada rumah tangga miskin yang kurang dari 1 buah per rumah tangga (0,9 buah) menunjukkan bahwa beberapa rumah tangga miskin yang diteliti tidak memiliki akses sama sekali terhadap ketersediaan kamar mandi di dalam rumah. Berbeda halnya dengan rumah tangga miskin, akses kepemilikan kamar mandi pada rumah tangga tidak miskin lebih besar dengan nilai rata-rata sebesar 1,3 buah.

Selain itu, rumah tangga tidak miskin memiliki nilai rata-rata luas total kamar mandi lebih besar ($3,8\ m^2$) dibandingkan dengan rumah tangga miskin ($2,5\ m^2$). Kemampuan rumah tangga dalam memenuhi kebutuhan pangan tidak hanya dilihat dari keadaan fisik rumah tetapi juga kemampuan dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar, sebagaimana ditunjukkan Tabel 7 bahwa keluarga dengan kategori rumah tangga tidak miskin menghabiskan dana untuk bahan bakar lebih besar (Rp50 450) dibandingkan dengan rumah tangga miskin (Rp36 607). Hal lainnya adalah bahwa luas rumah dan pekarangan rumah tangga miskin umumnya lebih sempit dibandingkan rumah tangga tidak miskin.

Ekonomi

Apabila ditinjau berdasarkan alokasi pengeluaran pangan dan non pangan, terlihat bahwa dengan rata-rata pengeluaran pangan Rp186 184 pada rumah

tangga miskin telah menghabiskan hampir setengah pendapatannya (47,7%). Sementara pada rumah tangga tidak miskin, rasio alokasi pengeluaran untuk pangan hanya 40,8% (Tabel 8). Temuan ini sejalan dengan pendapat Becker bahwa semakin miskin sebuah rumah tangga maka alokasi pengeluaran untuk pangan pun semakin tinggi, sebaliknya semakin baik pendapatan rumah tangga maka alokasi pengeluaran untuk pangan menjadi lebih rendah karena dialokasikan untuk kebutuhan lain.

Tabel 8. Karakteristik ekonomi rumah tangga.

Variabel	Kategori Rumah Tangga	
	Miskin	Tidak Miskin
	rata-rata ± sd	rata-rata ± sd
Pengeluaran (Rp/kap/bln)		
- Pangan	186 184 ± 76 753	289 574 ± 136 926
- Non Pangan	225 295 ± 146 101	455 310 ± 255 794
Total Pengeluaran (Rp/kap/bln)	411 479 ± 200 283	744 884 ± 358 400
Rasio Pengeluaran (%)		
- Pangan	47,7 ± 11,4	40,8 ± 12,0
- Non Pangan	52,3 ± 11,4	59,2 ± 12,0

Fungsi Diskriminan

Fungsi diskriminan dibangun berdasarkan variabel-variabel terpilih yang dapat menjadi indikator kemiskinan. Sebagaimana terlihat pada Tabel 9, fungsi diskriminan untuk pengkategorian rumah tangga miskin/tidak miskin dipengaruhi oleh indikator tingkat pendidikan suami, luas rumah dan jumlah tempat tidur.

Tabel 9. Fungsi diskriminan untuk miskin dan tidak miskin.

Variabel	Fungsi Diskriminan		
	Miskin	Tidak Miskin	Fungsi
	f1	f2	g=f1-f2
Konstanta	-2,94896	-6,26510	-3,31614
X ₁ = Tingkat pendidikan suami (tahun)	0,38698	0,50791	0,12093
X ₂ = Luas rumah (m ²)	0,00623	0,01526	0,00903
X ₃ = Jumlah tempat tidur	1,30165	1,67122	0,36957

Fungsi Diskriminan:f=-(f1-f2)

$$f(x_1, x_2, x_3) = 0,12093X_1 + 0,00903X_2 + 0,36957X_3 - 3,31614$$

keterangan:

X₁=pendidikan suami dalam tahun

X₂=luas rumah (m²)

X₃=jumlah tempat tidur (buah)

Kriteria suatu rumah tangga miskin atau tidak adalah sebagai berikut:

Jika $f(x_1, x_2, x_3) < 0$ maka rumah tangga tersebut miskin, atau
jika $f(x_1, x_2, x_3) > 0$ maka rumah tangga tersebut tidak miskin

Penggunaan indikator kemiskinan untuk penetapan rumah tangga miskin/tidak miskin lebih sederhana dibandingkan harus mencari informasi tentang penghasilan atau pendapatan rumah tangga. Rumah tangga yang berprofesi sebagai petani/nelayan atau bekerja di sektor informal mempunyai tingkat penghasilan yang agak sulit diprediksi, tidak seperti PNS atau karyawan. Tabel 10 menunjukkan bahwa fungsi diskriminan dapat untuk mendeteksi rumah tangga miskin dengan tingkat akurasi 97,6 persen. Penggunaan fungsi diskriminan dengan variabel-variabel yang mudah diukur di tingkat lapangan akan membuat penapisan rumah tangga miskin menjadi lebih operasional.

Tabel 10. Sebaran rumah tangga miskin menurut fungsi diskriminan.

Gold standard	Statistik	Fungsi Diskriminan		Total
		Miskin	Tidak Miskin	
Miskin	n	41	1	42
	%	97,6	2,4	100,0

KESIMPULAN

Biaya hidup minimum untuk setiap rumah tangga akan berbeda-beda tergantung pada susunan anggota rumah tangganya. Dari hasil penelitian ini diperoleh *gold standard* garis kemiskinan sebesar Rp544.019 per kapita per bulan (US\$1,97 per kapita per hari).

Dalam penelitian ini telah diperbandingkan *gold standard* garis kemiskinan dengan garis kemiskinan lainnya (BPS, Bank Dunia, dan Sajogyo). BPS (2006) menetapkan garis kemiskinan untuk Kabupaten Bogor sebesar Rp.183.067 /kap/bulan. Bank Dunia menggunakan dua ukuran garis kemiskinan yaitu pendapatan senilai US\$1 dan US\$2 /kap/hari, sedangkan Sajogyo menetapkan garis kemiskinan berdasarkan pengeluaran setara beras sebesar 320 kg/kapita/tahun. Dengan menggunakan nilai kurs dan harga beras saat ini, diperoleh garis kemiskinan Bank Dunia adalah Rp.276.000 –

Rp.552.000 /kap/bulan dan garis kemiskinan Sajogyo Rp160 000 /kap/bulan. *Gold standard* garis kemiskinan temuan penelitian ini (\$1,97/kap/hari) hampir setara dengan garis kemiskinan Bank Dunia US\$2/kap/hari.

Dengan menggunakan kriteria *gold standard*, maka jumlah rumah tangga miskin di lokasi penelitian di Kabupaten Bogor adalah 67,7% dan yang tidak miskin 32,3%. Distribusi rumah tangga miskin/tidak miskin ini hampir sama dengan kriteria Bank Dunia (\$2/kap/hari). Penggunaan kriteria BPS dan Sajogyo menempatkan sampel penelitian ini sebagian besar atau bahkan semuanya sebagai rumah tangga tidak miskin.

Fungsi diskriminan untuk pengkategorian rumah tangga miskin/tidak miskin dipengaruhi oleh variabel tingkat pendidikan suami, luas rumah dan jumlah tempat tidur. Fungsi ini dapat mendeteksi rumah tangga miskin dengan tingkat akurasi sebesar 97,6%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada LPPM IPB yang telah membiayai penelitian ini, serta kepada Dekan FEMA IPB yang telah memberikan dukungan atas dilaksanakannya studi tentang kemiskinan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bank Dunia. 2006. Ikhtisar: Era Baru dalam Pengentasan Kemiskinan di Indonesia. Gradiasi Aksara. Jakarta. <http://www.worldbank.or.id>. Diakses: 12 September 2011.

Berita Resmi Statistik. 2010. Profil Kemiskinan di Indonesia Maret 2010. Berita Resmi Statistik No. 45/07/Th. XIII; 1 Juli 2010.

Ritonga H. 2004. Mengapa Kemiskinan di Indonesia Menjadi Masalah Berkelanjutan? Sumber: <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0402/10/ekonomi/847162.htm>. Diakses: 12 September 2011.

Suhanda S, Amalia L, Khairunisa, & Sukandar D. 2009. Indikator Kemiskinan Pada Rumah Tangga Petani di Subang, Jawa Barat (Analisis Pangan, Gizi, Pertanian dan Sosio-Ekonomi). Center for Management of Agricultural Human Development, Agricultural Human Resources Development Agency, Ministry of Agriculture, Indonesia and Neys-van Hoogstraten Foundation (NHF).

**PENGEMBANGAN MODEL MILLENIUM ECO-VILLAGE:
OPTIMALISASI TRANSAKSI PANGAN DAN ENERGI KELUARGA
UNTUK PERBAIKAN GIZI**

(Model Eco-Village Transactions Through the Optimization of Food and Energy
to Improve Family Nutrition)

**Clara M. Kusharto¹⁾, Ikeu Tanziha¹⁾, Euis Sunarti²⁾,
Siti Amanah³⁾, Anna Fatchiya³⁾**

¹⁾Dep. Gizi Masyarakat, IPB

²⁾Dep. Ilmu Keluarga dan Konsumen, IPB

³⁾Dep. Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia IPB

ABSTRAK

Dalam konsep tujuan pembangunan milenium (MDGs) masyarakat desa, yang dibutuhkan adalah pengembangan sistem yang lebih baik untuk memenuhi kebutuhan kesehatan, ekonomi rumah tangga, aspek kelembagaan kelompok masyarakat serta meningkatkan kualitas lingkungan. Penelitian ini telah dilakukan selama tujuh bulan dari bulan April sampai November 2011. Desa Petir dan Situgese dipilih menjadi lokasi penelitian ini karena merupakan desa dengan majoritas penduduknya petani/peternak serta bagian dari desa lingkar kampus IPB Dramaga. Tujuan penelitian ini umum untuk mengembangkan model mellenium eco-village melalui optimalisasi transaksi pangan dan energi keluarga untuk perbaikan gizi. Sebanyak 30 Keluarga terpilih sebagai responden (15 keluarga Petani (KP) dan 15 keluarga non-petani (KNP)). Penelitian dilakukan dengan menggunakan metoda pre dan post untuk mengukur dampak intervensi terhadap perubahan pengetahuan, sikap, dan praktek hidup bersih dan sehat (PHBS) dan peran kelembagaan masyarakat dalam percepatan pencapaian MDGs. Hasil penelitian di Desa Petir menunjukkan perubahan pada, proporsi pengeluaran untuk pangan dan non pangan. Pada KP dari 61.7% menjadi 53.9%, sedangkan pada KNP dari 59.9% menjadi 41 %. Perubahan pengeluaran pangan yang semakin kecil proporsinya menunjukkan bahwa kesejahteraan petani menjadi lebih baik. Namun perubahan ini baik pada kedua kelompok tidak signifikan. Terjadi perbaikan status gizi balita yang sangat signifikan ($p=0,009$). Dan terjadi perubahan konsumsi pangan balita menjadi lebih Beragam, Bergizi dan Berimbang (3B). PHBS pada KP maupun KNP menjadi lebih baik. **Di Desa Situgede**, setelah intervensi, keluarga memiliki potensi untuk menghemat pengeluaran listrik sebesar 8.90 persen, gas sebesar 33.08 persen, bensin 48.96 persen, dan air sebesar 9.13 persen. Keberhasilan pencapaian *Millennium Eco Village* dapat terwujud melalui kerjasama antar berbagai pihak pemangku kepentingan (*stakeholder*) baik di tingkat pusat, daerah maupun desa/masyarakat. Masing-masing pihak memiliki kewenangan yang bisa difungsikan sesuai dengan kapasitasnya dalam rangka memecahkan permasalahan yang muncul di desa.

Kata kunci: MDGs, pangan dan energi, status gizi, kesehatan lingkungan, kelembagaan sosial.

ABSTRACT

In the concept of the millennium development goals (MDGs) village community, that is required is the development of better systems to fulfill needs of health, home economics, institutional aspects of community groups and improve environmental quality. This research has been conducted for seven months from April to November 2011. Petir and Situgede village chosen as the location of this study because it is included in the village

the circumference of Dramaga IPB Campus, and mostly they are farmers. The purpose of this study is generally to develop a model eco-village transactions through the optimization of food and energy to improving family nutrition. Study was conducted with using the method pre and post test. The study will measure the impact of interventions to change knowledge, attitudes, and practices of consumption and the role of community institutions in accelerating the achievement of the millennium. In the Petir village the results indicate the occurrence of changes, the proportion of expenditure for food and non food. At the farm families from 61.7% to 53.9%, whereas in the non farm families from 0.009). There is a change of food consumption toddlers become more diverse, nutritious and balanced. PHBS on family farmers and non farmers become better. In the village of Situgede, after the intervention, the family has the potential to save on electricity expenditures by 8.90 percent, gas by 33.08 percent, 48.96 percent gasoline, and water at 9:13 percent. To achieve the *Millennium Eco Village* it is possible under collaboration activities between the Community, Government and *Stakeholder* in different levels. Where each side has responsibility to takes into account in problem solving

Keywords: MDGs, nutritional status, food and energy, environment health, social institutions.

PENDAHULUAN

Dari 236 juta penduduk Indonesia, terdapat sekitar 36 juta masyarakat yang berada dalam kondisi kemiskinan dan kekurangan pangan, yang sebagian besar bermukim di perdesaan. Persoalan kemiskinan tersebut sampai saat ini belum seluruhnya dapat diselesaikan. Witoro (2005) mengemukakan bahwa persoalan kemiskinan yang dihadapi oleh 1,2 miliar jiwa dari 6 miliar penduduk dunia, dapat dibantu pemecahannya melalui peran para pemimpin dunia. Hal ini disepakati oleh pemimpin dunia dalam deklarasi Millennium Development Goals (MDGs) oleh 191 negara anggota PBB termasuk Indonesia. Pada tahun 2004, *Standing Committee Nutrition* (SCN) dari PBB menetapkan status gizi sebagai indikator kunci untuk *goal* pertama MDGs (kemiskinan, kelaparan/ gizi kurang). Waktu pencapaian tujuan pembangunannya dipertegas untuk tahun 2015 dalam kesepakatan global yang disebut *Millennium Development Goals* (MDGs) 2015. Dalam upaya mencapai tujuan *MDGs*. Pemerintah sudah dan masih melanjutkan program pembangunan diantaranya revitalisasi pertanian, kehutanan, kelautan, dan ekonomi perdesaan untuk mengurangi kemiskinan. Umumnya masyarakat perdesaan adalah petani dan ketahanan pangan pada masyarakat petani sangat bergantung pada proses pertanian yang sebagian besar dipengaruhi oleh faktor iklim. Kondisi agroekosistem perdesaan sangat unik, oleh karenanya diperlukan pengelolaan desa dengan merujuk pada keseimbangan antara ekonomi, sosial,

dan daya dukung lingkungan. Penelitian Sunarti (2008, 2009) tentang transaksi pangan dan energi menunjukkan bahwa perilaku konsumsi rumah tangga dapat dioptimalkan. Pengelolaan sumber daya yang dimiliki sebagai pola adaptasi dapat dikembangkan sebagai model bagi desa untuk mencapai tujuan pembangunan millenium.

Peran serta masyarakat dalam pengelolaan sumberdaya pertanian dan lingkungan di perdesaan sangat penting. Usaha masyarakat dapat didorong melalui peran motivasi dari perguruan tinggi dan sektor usaha. Kajian aksi yang dilakukan Kusharto *et al.*, (2009) dalam Program Posdaya Geulis Bager adalah pengelolaan sampah organik rumah tangga menjadi kompos, cukup berhasil menanamkan “konsep hijau” bagi masyarakat desa di sekitar kampus. Pemeliharaan lingkungan melalui peran serta masyarakat dan juga pengembangan usaha ekonomi produktif di tingkat rumah tangga dapat dilakukan melalui peran kepemimpinan dan partisipasi masyarakat. Sebelumnya, di Desa Neglasari dan Desa Cikarawang pada 2006, dilakukan pengembangan kemampuan perangkat dan perwakilan masyarakat untuk mengembangkan potensi yang dimiliki untuk peningkatan pendapatan dan perbaikan kondisi lingkungan. Kegiatan difasilitasi oleh Bagian Kesejahteraan Sosial Kabupaten Bogor bekerja sama dengan IPB. Keberlanjutan program tersebut dipengaruhi oleh komitmen pimpinan desa, peran pendamping desa, dan adanya kesertaan perempuan pegiat program pembangunan di desa (Amanah & Fatchiya, 2006).

Berdasarkan latar belakang pemikiran tersebut, maka optimalisasi transaksi materi dan energi di tingkat keluarga dan masyarakat, merupakan bagian dari ruang lingkup pengembangan *ecovillage*, yaitu pengembangan kawasan yang mempertimbangkan pencapaian kualitas individu, keluarga, masyarakat serta kualitas lingkungan alam yang berkelanjutan (Sunarti, 2009).

Penelitian bertujuan untuk mengembangkan model eco-village melalui optimalisasi transaksi pangan dan energi keluarga untuk perbaikan gizi. Secara khusus, tujuan penelitian adalah 1. Memetakan kondisi dan potensi Keluarga dan ekologi wilayah desa penelitian. 2. Meningkatkan pengetahuan sikap dan

keterampilan keluarga dalam mengelola lingkungan permukiman yang sehat, asri, nyaman.3. Menganalisis peran para pihak yakni pemerintah, masyarakat, dan swasta dalam mewujudkan desa milenium berwawasan lingkungan. 4. Menganalisis pengaruh intervensi gizi, sosial, kelembagaan, ekonomi keluarga dalam akselerasi pencapaian millinium eco-village. 5. Membantu masyarakat mengatasi masalah melalui perbaikan gizi dan optimalisasi transaksi materi dan energi di tingkat keluarga.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metoda pre dan post test. Penelitian akan mengukur dampak intervensi terhadap perubahan pengetahuan, sikap, dan praktek konsumsi dan peran kelembagaan masyarakat dalam percepatan pencapaian milenium. Tahapan pelaksanaan penelitian aksi ini meliputi :1) persiapan (perumusan instrumen, protokol lapang, koordinasi dan konsolidasi tim peneliti, pelatihan enumerator, pengurusan izin dan sosialisasi), 2) pelaksanaan (pengumpulan data awal, penentuan intervensi yang dibutuhkan, perumusan bahan-materi intervensi, pelaksanaan intervensi, pengumpulan data akhir), dan 3) analisis data, penulisan laporan, dan diseminasi hasil penelitian aksi. Penelitian ini dilakukan di dua lokasi yaitu Desa Petir, Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor dan Desa Situ Gede, Kecamatan Bogor Barat. Kedua desa tersebut merupakan desa sekitar Kampus Dramaga yang sebagian besar masyarakatnya bermata pencarian sebagai petani/peternak Penelitian dilaksanakan selama 7 bulan mulai April-November, 2011. Responden dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu keluarga petani (KP) dan keluarga non petani (KNP) yang memiliki balita. Jumlah responden total sebanyak 30 orang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik keluarga, sebagian besar Kepala Keluarga baik dari KP maupun KNP lulusan Sekolah Dasar (SD), dan masih ada yang tidak bersekolah/tidak tamat SD. Pada KNP, yang lulusan SD lebih banyak (46,7%) daripada KP (4%). Dan yang berpendidikan sampai SMP sama pada kedua

kelompok (masing-masing 20%). Namun, pada KP yang mengenyam pendidikan sampai dengan SMA lebih banyak daripada KNP. Tetapi pd KNP ada yang mengenyam pendidikan sampai ke Perguruan Tinggi, meski hanya 6,67%. Hal ini menarik untuk disikapi, dengan adanya yang berpendidikan sampai tingkat SMA atau sampai ke Perguruan Tinggi, bisa dianggap sebagai potensi, karena relatif mereka lebih mudah untuk diajak berkomunikasi dan berdiskusi melakukan perubahan di desa nya.

Pendidikan ibu balita dari KP sebagian besar merupakan lulusan SD yaitu sebesar 46,67%, sedangkan ibu balita dari KNP sebagian besar lulusan SMP yaitu sebesar 60%. Secara keseluruhan sebagian besar ibu balita memiliki pendidikan terakhir SMP.43,33%. Tetapi, ada juga Ibu yang berpendidikan sampai SMA, proporsinya sama dengan Kepala Keluarga untuk KP lebih banyak daripada KNP (20% vs 13,33%). Seperti umumnya di pedesaan lain, pendidikan nampaknya belum menjadi perhatian utama, mengingat masih ada Ibu yang tidak sekolah atau putus sekolah, dan tidak ada seorangpun ibu balita yang sampai ke Pendidikan Tinggi. Mengenai jenis pekerjaan kepala keluarga terbagi menjadi 9 kategori yaitu petani, pedagang, PNS, karyawan, buruh, jasa angkutan, wiraswasta, guru dan lainnya. Umumnya, Kepala keluarga dari KP (40%) tidak memiliki pekerjaan sampingan. Hal ini diduga karena waktunya sudah habis bekerja di lahan/sawah/kebun garapannya sendiri. Selain itu mereka sudah merasa cukup puas dengan penghasilan yang diperolehnya, atau karena mereka mempunyai andalan untuk memperoleh kebutuhan pangan rumah tangganya, dari hasil kebunnya sendiri, tidak usah membeli. Selebihnya 60% mempunyai pekerjaan sampingan seperti pedagang, buruh kasar, pekerja jasa angkutan (supir angkot, ojek) dan karyawan (satpam). Sedangkan pekerjaan KNP, sebagian besar buruh kasar (33,33%); pedagang (20%), jasa angkutan (26,7%); karyawan (13,33%); dan wiraswasta (6,67%). Sebagian besar pekerjaan utama ibu KP dan KNP adalah ibu rumah tangga dan tidak memiliki pekerjaan sampingan (60% vs 86,67%) Ada 26.67% ibu yang bekerja sebagai petani/membantu suami di lahan pertaniannya, selebihnya ada berdagang dan nekerja sebagai buruh (buruh cuci, pembantu rumah tangga). Hal ini perlu disikapi, mengingat banyak nya yang tidak bekerja, perlu dicarikan peluang pemberdayaan untuk ibu. Misalnya, bila

dikaitkan dengan pendidikan, maka untuk yang berpendidikan sampai SD diberi pekerjaan yang lebih banyak mengandalkan kecakapan hidup (misalnya membuat produk kerajinan) dan bagi ibu-ibu yang relatif mempunyai latar belakang pendidikan lebih tinggi sampai dengan SMP dan SLA, dapat diberdayakan dengan mengisi sebagian waktunya dengan usaha ekonomi produktif (misalnya: mengajar/membuka PAUD, membuka industri rumah tangga, mengelola jasa simpan pinjam dan menjadi kader).

Pencapaian desa millenium berwawasan lingkungan tidak terlepas dari permasalahan, menyangkut aspek sosial, ekonomi, lingkungan. Secara umum sumber masalah dibagi atas masalah yang terkait dengan kondisi alam seperti letak geografis, potensi alam, iklim dll, serta perilaku masyarakat itu sendiri dalam menyikapi kondisi alam tersebut. Selain itu kebijakan dan komitmen pemerintah baik dari tingkat pusat, daerah hingga tingkat desa pada pembangunan desa juga berpengaruh terhadap munculnya masalah, khususnya komitmen pada pembangunan pertanian di perdesaan. Hasil FGD mengenai desa millennium berwawasan lingkungan, dapat terungkap beberapa permasalahan yang terjadi terkait lingkungan seperti terbatasnya sarana air bersih; terbatasnya jumlah tempat MCK/jamban dan rendahnya kesadaran menggunakan jamban. menumpuknya sampah; tidak lancarnya pasokan air irigasi ke sawah-sawah penduduk; masalah gizi dan kesehatan, pendidikan dan kependudukan serta ekonomi juga perlunya beberapa *stakeholder* untuk dilibatkan dalam solusi permasalahan tersebut. Berdasarkan permasalahan, dan keinginan masyarakat dipilih beberapa program intervensi yang didahului dengan pengambilan data agar perubahannya dapat terukur.

Program-program intervensi yang dilakukan mengacu pada Kusharto (2011), yaitu intervensi dengan tiga pendekatan. 1. Intervensi berbasis pangan (*Food based approach*) yaitu: Pelatihan Pembuatan Kebun Bergizi dipilih sebagai alternatif terpilih yang efektif dan aplikatif, hasil kebunnya dapat langsung diimplementasikan untuk demo masak. memberi contoh pemanfaatan hasil kebun untuk kebutuhan pangan keluarga. 2. Intervensi berbasis Lingkungan yaitu : Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Cair, Pengolahan Sampah Plastik dan Keterampilan Ekonomi Produktif (Pembuatan kerajinan berbahan plastik

daur ulang). 3. Intervensi berbasis Edukasi yaitu Penyuluhan berupa pembelajaran dengan memberi contoh-contoh dengan melihat, mendengar dan praktek. Ketiga macam intervensi ini amat efektif, dan diakui lebih banyak yang terserap dalam memori peserta pelatihan. Salah satu materi penyuluhan yang diberikan adalah dengan instrument bergambar dan brosur-brosur menarik, serta demo/praktek langsung, antara lain Demo Masak Menu 3 B (Bergizi, Beragam, Berimbang) serta Pelatihan PHBS.

Pengaruh Intervensi terhadap Keluarga Balita

Intervensi yang dilakukan di Desa Petir

Untuk data pendapatan total keluarga per bulan KP sebelum (rata-rata total pendapatan Rp $1.231.367 \pm 612.485$) dan setelah intervensi (Rp $1.201.667 \pm 610.734$) tidak jauh beda dengan pendapatan KNP, sebelum (rata-rata total pendapatan Rp $1.353.800 \pm 634.562$) dan setelah intervensi (Rp $1.503.800 \pm 892.168$). Setelah dilakukan intervensi pendapatan total per bulan KP maupun KNP belum mengalami perubahan yang signifikan dari sebelum intervensi. Untuk pendapatan KP dari usaha tani per bulan setelah intervensi tidak mengalami perubahan yang signifikan ($p=0,422$). Namun untuk pendapatan KNP dari usaha tani, setelah intervensi mengalami perubahan signifikan ($p=0,035$) menjadi lebih besar yaitu berkisar antara Rp 317.000 hingga Rp 900.000, dengan rata-rata total pendapatan adalah Rp $611.166,70 \pm 215.332,70$. Pendapatan KP dari usaha non tani per bulan setelah intervensi mengalami sedikit peningkatan, namun tidak signifikan ($p=0,136$). Sedangkan pada KNP tidak terjadi perubahan.

Pengeluaran keluarga contoh perbulan sebelum intervensi pada KP sebesar Rp 1.901.592, sedangkan pada KNP sebesar Rp 1.648.479. Baik pada KP maupun KNP, sebagian besar pengeluaran adalah untuk pangan yaitu masing-masing sebesar 61.7% dan 59.9% dari total (Tabel 1). Masih besarnya persentase pengeluaran untuk pangan, menunjukkan keluarga belum sejahtera, mengingat uang pendapatan keluarganya yang ada baru diperuntukan untuk pangan, bukan nya untuk keperluan hidup yang lainnya seperti papan, sandang, pendidikan, kesehatan dan kepuasan hidup lainnya (hiburan dll). Dari rincian pengeluaran

untuk pangan baik pada KP maupun KNP, pengeluaran untuk jajanan sangat tinggi dan lebih tinggi dibandingkan pengeluaran untuk beras. Hal ini menunjukkan bahwa keluarga tersebut lebih mendahulukan kebiasaan jajan pada anaknya dibanding mendahulukan gizi keluarga.

Tabel 1. Rata-rata dan proporsi pengeluaran keluarga setelah intervensi.

Jenis Pengeluaran	Keluarga Petani (%)		Keluarga Non Petani (%)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Pangan				
1. Beras	15,0	19,8	16,3	18,2
2. Lauk Pauk	31,2	30,3	19,2	27,2
3. Sayur	8,2	9,8	10,2	10,0
4. Buah	3,4	4,5	6,1	4,1
5. Minyak Goreng	8,9	5,4	4,3	5,0
6. Minuman	9,7	4,1	10,3	3,3
7. Jajanan	19,5	21,1	30,4	27,2
8. Lain-lain (bumbu dll)	4,0	5,0	3,2	5,1
Subtotal	61,7	53,9	59,9	41,0
Non Pangan				
1. Kesehatan	16,0	8,7	7,4	7,9
2. Pendidikan Anak	17,3	21,7	8,8	10,2
3. Pakaian	6,9	12,1	4,3	75,7
4. Bahan Bakar	17,1	10,9	13,1	11,2
5. Rokok	28,6	17,4	17,1	17,7
6. Lain-lain	14,0	14,8	16,2	21,2
Subtotal	38,3	46,1	40,1	59,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Untuk pengeluaran non pangan, baik pada KP maupun KNP proporsi pengeluaran terbesar adalah untuk rokok yaitu masing-masing 28,6 persen dan 17,1 persen dari total pengeluaran yaitu sebesar masing-masing Rp 208.800 dan Rp 169.000. Pada KP pengeluaran non pangan lainnya yang besar adalah untuk pendidikan, menyusul untuk bahan bakar, kesehatan, pengeluaran lain-lain dan pakaian. Sedangkan pada KNP, pengeluaran non pangan besar lainnya adalah untuk bahan bakar, pendidikan, kesehatan dan pakaian.

Status gizi anak adalah indikator untuk melihat pertumbuhan anak. Berdasarkan indeks BB/TB baik anak keluarga petani maupun non petani pada saat sebelum intervensi sebagian besar berada pada status gizi normal, artinya

anak tumbuh secara proporsional antara berat badan dan tinggi badannya, meskipun ada diantaranya yaitu 6.7% balita pada keluarga petani dan 13% balita pada keluarga non petani yang mengalami wasted. Namun setelah dilakukan intervensi ada kecenderungan status gizi anaknya berubah, dari yang tadinya tidak ada satupun balita yang berstatus gizi gemuk, sekarang ada 26.7% balita pada keluarga petani dan 6.7% balita pada keluarga non petani berstatus gizi gemuk. Perubahan ini signifikan pada KP dengan nilai $p = 0,023$, namun tidak signifikan ($p=0,918$) perubahannya pada KNP. Setelah dilakukan intervensi, terjadi perubahan status gizi balita yang signifikan pada KP ($p=0,009$) yaitu menurunnya proporsi balita dengan status gizi kurang dan buruk menjadi masing-masing 13.3 persen, dan bertambahnya proporsi balita dengan status gizi normal menjadi 73,3% (Tabel 2).

Tabel 2. Status gizi anak dari keluarga petani dan non petani, sebelum dan sesudah intervensi.

Kriteria	Status Gizi	Keluarga Petani (%)		Keluarga Non Petani (%)	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
BB/TB	Gemuk	0,0	26,7	0,0	6,7
	Normal	93,3	66,7	86,7	86,7
	Kurus	6,7	6,7	13,3	6,7
	Total	100	100	100	100
BB/U	Buruk	40,0	13,3	0,0	0,0
	Kurang	26,7	13,3	40,0	26,7
	Normal	33,3	73,3	60,0	73,3
	Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Pada KNP pun terjadi perubahan proporsi status gizi balita, yaitu menurunnya proporsi balita dengan status gizi kurang menjadi 26.7% dan meningkatnya proporsi balita dengan status gizi normal menjadi 73.3%. Setelah dilakukan intervensi ada kecenderungan status gizi anaknya berubah, dari yang tadinya tidak ada satupun balitanya yang berstatus gizi gemuk, sekarang ada 26.7% balita pada KP dan 6.7% balita pada KNP berstatus gizi gemuk. Perubahan ini signifikan pada KP dengan nilai $p = 0,023$, namun tidak signifikan ($p=0,918$) perubahannya pada KNP.

Konsumsi Gizi. Rata-rata konsumsi gizi balita menggambarkan konsumsi harian yang juga merupakan indikator adanya masalah gizi, keberhasilan

intervensi pada status konsumsi pangan dapat terlihat dari keseimbangan zat gizi yang diperoleh. Pada saat sebelum intervensi konsumsi zat besi pada balita KNP melebihi 100% AKG, namun energi masih 89.6% dan Vitamin-C hanya 19.8%, sedangkan setelah intervensi terjadi penurunan konsumsi Fe menjadi 85.4%, tetapi hal itu tidak signifikan, namun konsumsi energi meningkat secara signifikan ($p=0.033$) menjadi 109.9%, dengan konsumsi protein tetap tinggi, yakni 126%, dan vitamin C meningkat hampir dua kali lipat dari sebelum intervensi menjadi 36.2% (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata konsumsi dan tingkat konsumsi gizi balita.

Variable	Rata-rata zat gizi menurut kelompok contoh			
	Keluarga Petani		Keluarga Non Petani	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Energi (Kal)	1282	1340	1014	1244
Energi (% AKG)	113.3	118.4	89.6	109.9
Protein (g)	33.7	35.1	30.1	35.9
Protein (% AKG)	118.7	123.6	106.0	126.4
Vitamin C (mg)	11.5	12.4	8.1	14.9
Vitamin C (% AKG)	27.9	30.1	19.8	36.2
Zat Besi (mg)	6.5	8.2	8.9	7.0
Zat Besi (% AKG)	79.3	100.0	108.5	85.4

Penyuluhan PHBS relatif telah banyak menunjukkan perubahan, Untuk KP, setelah intervensi PHBS, relatif telah banyak menunjukkan perubahan, misalnya Mencuci tangan sebelum dan sesudah makan (60% - 93%), Mengkonsumsi buah dan sayur (13,3-53,3%; Buang air di jamban (66,7-73,2%); Membasmi jentik nyamuk (66,7-73,2%); Melakukan aktivitas fisik atau olahraga teratur (33,3%- 53,3%); pekarangan ditanam 13,3%-66,7%. Secara statistik perubahan PHBS pada keluaraga petani sangat nyata ($p < 0.01$).Dan untuk KNP, setelah intervensi banyak terjadi perubahan ke PHBS yang baik, misalnya Mencuci tangan sebelum dan sesudah makan (60% vs 93%), Mengkonsumsi buah dan sayur (13,3-53,3%; Buang air di jamban (66,7-73,2%); Membasmi jentik nyamuk (66,7-73,2%); Melakukan aktivitas fisik atau olahraga teratur (33,3%-53,3%); pekarangan ditanam 13,3%-66,7%. Secara statistik perubahan PHBS pada keluaraga petani sangat nyata ($p < 0.01$).

Intervensi yang dilakukan di Desa Situgede

Contoh merupakan keluarga dari dua RW yang berbeda di Kelurahan Situgede. Contoh di RW 05 merupakan kelompok kontrol yang tidak diberikan intervensi. Contoh di RW 03 merupakan kelompok yang mendapatkan intervensi berupa penyuluhan selama 5 kali. Usia suami pada kelompok kontrol memiliki rata-rata yang lebih tinggi (46.07 tahun) dibandingkan dengan usia suami pada kelompok perlakuan (41.40 tahun). Persentase suami yang berusia dewasa madya (41-60 tahun) pada kelompok kontrol lebih besar (86.67%) dibandingkan dengan kelompok perlakuan (53.33%). Hal ini sesuai dengan rata-rata usia istri pada kelompok kontrol, yaitu sebesar 43.2 tahun, lebih tinggi dibandingkan rata-rata usia istri pada kelompok perlakuan, yaitu sebesar 35.47 tahun. Kelompok kontrol cenderung memiliki usia lebih tua dibandingkan kelompok perlakuan.

Rata-rata pendapatan kelompok kontrol (Rp 4,604,667) lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata pendapatan kelompok perlakuan (Rp 1,694,000). Persentase terbesar kelompok kontrol (53.33%) memiliki pendapatan per bulan antara Rp 2,000,001-5,000,000.00. Kelompok perlakuan memiliki persentase terbesar pendapatan per bulan pada rentang Rp 1,000,001-2,000,000.00 yaitu sebesar 46.67 persen. Hasil uji beda Mann Whitney menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pendapatan per bulan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan ($p<0.05$). Rata-rata pendapatan perkapaita kelompok kontrol (Rp 1,068,722.00) lebih tinggi dibandingkan kelompok perlakuan (Rp 400,166.00).

Presentase terbesar pekerjaan suami pada kelompok perlakuan adalah pekerja swasta (40%) dan sebanyak 93.33 persen istri kelompok perlakuan adalah ibu rumah tangga. Presentase terbesar pekerjaan suami pada kelompok kontrol adalah Swasta (33.33%) dan Wiraswasta (33.33%). Sebanyak 40 persen pekerjaan istri pada kelompok kontrol adalah PNS dan 53.33 persen sebagai ibu rumah tangga. Hal ini sesuai dengan pendapatan keluarga kelompok kontrol yang lebih tinggi dibandingkan kelompok perlakuan. Sebanyak 53.33 persen kelompok kontrol memiliki sumber penghasilan lebih dari satu, istri pada kelompok kontrol menyumbang pendapatan keluarga.

Kegiatan intervensi diberikan kepada kelompok perlakuan. Peserta berjumlah 15 orang dengan jumlah intervensi sebanyak 4 kali dan satu kali praktek (aksi) pembuatan lubang resapan bipori. Setiap minggu, kegiatan intervensi diikuti oleh lebih dari tiga perempat peserta intervensi dari kelompok perlakuan. Kegiatan intervensi diawali oleh pre-test dan diakhiri post-test. Rata-rata nilai post-test selalu meningkat dari nilai pre-test. Perubahan nilai terbesar terjadi saat minggu ke empat dengan jumlah peserta yang hadir sebanyak seratus persen.

Sebelum dan sesudah intervensi pengeluaran dan konsumsi rata-rata untuk gas (rupiah/bulan), bensin (rupiah/bulan), listrik (rupiah/bulan), air (liter/kapita/hari), dan plastik (item) antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan berbeda nyata. Rata-rata pengeluaran dan konsumsi pada kelompok kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok perlakuan. Kecuali, untuk konsumsi kertas pada kedua kelompok tidak berbeda secara nyata. Setelah intervensi, pengeluaran rata-rata gas, bensin dan listrik mengalami penurunan pada kelompok perlakuan. Pada kelompok intervensi pengeluaran rata-rata bensin tidak mengalami perubahan. Perilaku konservasi gas, listrik, air, plastik, kertas dan pekarangan sebelum intervensi tidak berbeda pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Persentase rata-rata perilaku konservasi sebelum intervensi pada kelompok kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok perlakuan, kecuali untuk konservasi air dan kertas. Setelah intervensi persentase rata-rata pada kelompok perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Selain itu, setelah intervensi terdapat perbedaan nyata antara perilaku konservasi gas dan BBM serta konservasi air pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Hal tersebut menunjukkan bahwa setelah intervensi terdapat pengurang pengeluaran serta perubahan perilaku konservasi ke arah yang lebih baik pada kelompok perlakuan.

Pengeluaran gas pada saat sebelum dan sesudah intervensi berbeda secara nyata pada kelompok perlakuan, sesudah intervensi rata-rata pengeluaran gas menjadi berkurang. Pada kelompok kontrol pengeluaran listrik berbeda secara nyata antara sebelum dan sesudah intervensi, rata-rata pengeluaran listrik menjadi meningkat. Pemanfaatan pekarangan, konservasi gas dan BBM, listrik,

air, plastik dan kertas pada kelompok kontrol tidak mengalami perubahan. Pada kelompok perlakuan terdapat perbedaan nyata antara sebelum dan sesudah intervensi untuk pemanfaatan pekarangan, konservasi gas dan BBM, listrik, air, plastik dan kertas.

Pendapatan keluarga berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga, kecuali jumlah anggota keluarga. Usia suami berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga, kecuali lama pendidikan suami dan jumlah anggota keluarga. Usia istri berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga kecuali jumlah anggota keluarga. Lama pendidikan suami berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga kecuali usia suami dan jumlah anggota keluarga. Lama pendidikan istri berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga kecuali jumlah anggota keluarga. Jumlah anggota keluarga tidak berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga.

Sebelum intervensi pengeluaran listrik berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga, kecuali jumlah anggota keluarga, pengeluaran gas, pengeluaran bensin, dan konsumsi kertas. Sesudah intervensi semua variabel yang berhubungan dengan pengeluaran listrik saling berhubungan, kecuali konsumsi kertas. Sebelum intervensi pengeluaran gas hanya berhubungan nyata dengan usia suami dan usia istri, sesudah intervensi berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga, kecuali jumlah anggota keluarga. Sebelum intervensi pengeluaran bensin berhubungan nyata dengan lama pendidikan suami dan pendapatan keluarga. Sesudah intervensi pengeluaran bensin berhubungan nyata dengan usia suami, lama pendidikan suami dan pendapatan keluarga. Sebelum intervensi pemanfaatan pekarangan berhubungan nyata dengan seluruh karakteristik keluarga, kecuali jumlah anggota keluarga dan konservasi air. Sesudah intervensi, hanya usia istri, lama pendidikan istri dan konservasi air yang berhubungan nyata dengan pemanfaatan pekarangan. Sebelum intervensi konservasi plastik berhubungan negatif dengan lama pendidikan istri. Sesudah intervensi konservasi plastik berhubungan negatif dengan lama pendidikan istri dan konservasi gas dan BBM. Sesudah intervensi, konservasi air berhubungan dengan pemanfaatan pekarangan, konservasi listrik, dan konservasi gas dan

BBM. Sesudah intervensi, konservasi gas dan BBM berhubungan dengan seluruh variabel konservasi materi dan energi, kecuali pemanfaatan pekarangan.

Usia suami berhubungan negatif dengan perubahan konservasi listrik, perubahan konservasi air, dan perubahan konservasi gas dan BBM. Usia istri berhubungan negatif dengan perubahan konservasi listrik dan perubahan konservasi air. Pendapatan keluarga berhubungan nyata dengan perubahan pengeluaran gas dan berhubungan negatif dengan perubahan konservasi gas. Perubahan pengeluaran gas berhubungan nyata dengan pengeluaran listrik, perubahan pemanfaatan pekarangan, perubahan konservasi listrik, dan perubahan konservasi air. Perubahan pemanfaatan pekarangan berhubungan nyata dengan perubahan konservasi listrik, perubahan konservasi air, dan perubahan konservasi gas dan BBM. Perubahan konservasi plastik berhubungan nyata dengan perubahan konservasi air. Perubahan konservasi kertas berhubungan nyata dengan perubahan konservasi air dan kertas, serta berhubungan negatif dengan perubahan pengeluaran bensin.

Intervensi yang dilakukan terhadap kelompok perlakuan berhasil mengubah perilaku konservasi materi dan energi, terjadi peningkatan perilaku ke arah yang lebih baik . Hal ini diperkuat dengan uji statistik yang menunjukkan hasil bahwa intervensi mempengaruhi perubahan pemanfaatan pekarangan, perubahan konservasi listrik, perubahan konservasi air, perubahan konservasi gas dan BBM, perubahan konservasi plastik, dan perubahan konservasi kertas. Setelah intervensi, keluarga memiliki potensi untuk menghemat pengeluaran listrik sebesar 8.90 persen, gas sebesar 33.08 persen, bensin 48.96 persen, dan air sebesar 9.13 persen.

Pencapaian desa millenium berwawasan lingkungan dimungkinkan terwujud melalui kerjasama antar berbagai pihak dalam mencari solusi atas permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat desa. Permasalahan yang ada terkait dengan aspek sosial ekonomi dan ekologis seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Untuk itu terlebih dahulu perlu dilakukan identifikasi pihak-pihak yang terlibat dalam masalah tersebut. Pengidentifikasian mengarah pada siapa dan apa kepentingan masing-masing stakeholders, termasuk juga peran, fungsi

dan tanggungjawab masing-masing pihak tersebut dalam membantu mengatasi masalah di masyarakat. Peran stakeholders tidak hanya pada tingkat masyarakat atau desa melainkan juga di tingkat Kecamatan, Kabupaten, Propinsi sampai Pemerintah pusat.

KESIMPULAN

Di Desa Petir, setelah intervensi terjadi sedikit perubahan pada proporsi pengeluaran untuk pangan dan non pangan yaitu pada KP dari 61.7% menjadi 53.9%. Sedangkan pada KNP pengeluaran untuk pangan berubah dari 59.9% menjadi 41 %; Terjadi perbaikan status gizi balita yang signifikan ($p=0,009$) baik pada keluarga petani maupun non petani; Terjadi perubahan konsumsi pangan balita menjadi lebih beragam, bergizi dan berimbang. Konsumsi energi meningkat secara signifikan ($p=0.033$) dari 89,6% menjadi 109.9%; PHBS pada keluarga petani maupun non petani banyak menunjukan perubahan. Secara statistik perubahan PHBS pada keluarga petani sangat nyata ($p< 0.01$); Di Desa Situgede, setelah intervensi terjadi peningkatan perilaku ke arah yang lebih baik. Hal ini diperkuat dengan uji statistik yang menunjukkan hasil bahwa intervensi mempengaruhi perubahan pemanfaatan pekarangan, perubahan konservasi listrik, perubahan konservasi air, perubahan konservasi gas dan BBM, perubahan konservasi plastik, dan perubahan konservasi kertas; Setelah intervensi, keluarga memiliki potensi untuk menghemat pengeluaran listrik sebesar 8.90 persen, gas sebesar 33.08 persen, bensin 48.96 persen, dan air sebesar 9.13 persen; Keberhasilan pencapaian *Millennium Eco Village* dapat terwujud melalui kerjasama antar berbagai pihak pemangku kepentingan (*stakeholder*) baik di tingkat pusat, daerah maupun desa/masyarakat. Masing-masing pihak memiliki kewenangan yang bisa difungsikan sesuai dengan kapasitasnya dalam rangka memecahkan permasalahan yang muncul di desa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis sampaikan pada Dekan FEMA IPB yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini melalui dana DIPA IPB skim PUF tahun 2011. Terimakasih juga penulis sampaikan pada

Kepala Desa serta masyarakat Desa Petir yang sangat kooperatif dan menyambut baik kegiatan penelitian ini, juga kepada Bapak Camat Dramaga atas dukungannya sehingga penelitian ini berjalan lancar sesuai dengan rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanah S., 2010. Model Pemberdayaan Petani-Nelayan Berbasis Kelembagaan Lokal dan Keunikan Agroekosistem untuk Peningkatan Daya Saing dan Pendapatan. Laporan Penelitian Tahun 1, Hibah Kompetensi, DP2M DIKTI KEMDIKNAS. Bogor: LPPM IPB.
- Amanah S dan A. Fatchiya. 2006. Implementasi Tata Kelola Pemerintahan Desa dalam Pengarusutamaan Gender di Dua Desa di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor. Bogor: PSP3 LPPM IPB
- Kusharto CM. 2011. Gizi dan Kesehatan Masyarakat: Tantangan dan Intervensi Gizi Menghadapi Krisis Pangan Global. Orasi Ilmiah Guru Besar. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Kusharto, CM, I.Tanziha, H.E. Widyasari. 2009. Aplikasi Model Geulis (Gerakan untuk Lingkungan Sehat) untuk Meningkatkan Kualitas Lingkungan Hidup di Desa Wilayah Lingkar Kampus IPB Darmaga. Laporan Penelitian. Kerjasama Penelitian IPB dengan Dikti – Depdiknas.
- Sunarti E. 2009. Ekosistem Keluarga: Transaksi Keluarga dengan Lingkungannya untuk Kehidupan Keluarga serta Lingkungan yang Berkualitas. Dalam Pengembangan *Eccovillage*. Sunarti E (ed). Bogor: Crestpent Pers.
- Witoro. 2005. Desa Baru Tanpa Kelaparan. Makalah untuk Seminar: Pangan untuk Rakyat; Tinjauan Desa-Kota. 22 Juli 2005.

**PROBLEMATIKA MAHASISWA IPB DALAM MENULIS SKRIPSI:
DITINJAU DARI SUDUT PANDANG KEBAHASAAN**
(Problems Faced by IPB Students in Thesis Writing: Linguistic Perspective)

**Defina¹⁾, Henny Krishnawati²⁾, Endang Sri Wahyuni³⁾,
Krishandini⁴⁾, Mukhlis Ansori⁵⁾**

Program Mata Kuliah Dasar Umum, IPB

ABSTRAK

Mahasiswa memiliki kemampuan menulis gagasan dalam bahasa Indonesia, tetapi banyak yang menulis tidak sesuai dengan aturan. Untuk itu, ada empat tujuan penelitian, yaitu: 1) mendeskripsikan penerapan teori bahasa baku bahasa Indonesia dalam proses penulisan skripsi mahasiswa; 2) menganalisis kesalahan materi yang paling banyak dilakukan oleh mahasiswa; 3) menganalisis penyebab terjadinya kesalahan penerapan bahasa tulis; 4) menganalisis materi yang perlu mendapat penekanan dalam mata kuliah Bahasa Indonesia. Secara umum mahasiswa IPB menyatakan bahwa mereka tidak mengalami kesulitan dalam pemakaian tata bahasa baku bahasa Indonesia saat menyusun skripsi, tetapi dilihat per materi, mereka mengalami kendala. Selanjutnya, kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam menulis skripsi dari segi bahasa menurut dosen, jarang, tetapi dilihat per materi, ternyata berbeda-beda. Kesalahan paling banyak adalah penyusunan kalimat, paragraf dan pengutipan. Penyebab terjadinya kesalahan itu ada lima, yaitu 1) tidak menggunakan buku-buku pedoman dalam penulisan karya ilmiah; 2) kurang membaca dan memiliki literatur; 3) kurang latihan; 4) lebih banyak berbicara; 5) faktor kelelahan. Materi yang perlu penekanan dan pendalaman berdasarkan hasil wawancara dengan responden berbeda-beda. Kesimpulan adalah mahasiswa mengalami kendala yang berbeda-beda dari segi bahasa.

Kata kunci: Skripsi, tata bahasa baku bahasa Indonesia, penerapan, kendala, penekanan materi.

ABSTRACT

Students have capabilities in expressing their ideas in Indonesian language; however, many of them do not write correctly in terms of the contemporary writing rules. This study aims at 1) describing the application of contemporary Indonesian linguistic theory in students' thesis writing; 2) analyzing the most frequent mistakes found in their writing; 3) analyzing the causes of the mistakes; 4) identifying the course materials that need to be emphasized in Indonesian language subject. The study showed that in general IPB students did not experience a lot of difficulties in using contemporary Indonesian grammar in their thesis writing although their mistake areas varied. In lecturers' view students rarely made mistakes in terms of the language although when the materials were examined, there were various mistakes found. The most frequent mistakes made were sentence construction, paragraph writing, and use of quotations. These were mainly because students: 1) did not use writing guideline books when writing their thesis; 2) did not read enough nor had adequate reference materials; 3) did not practice enough writing; 4) tended to put more emphasis on oral language; 5) were tired. Based on the results of interviews, respondents identified different points as to which materials needing to be emphasized and discussed deeper. Overall it can be concluded that students did not face any significant difficulty in writing their thesis although some mistakes could still be found in their thesis.

Keywords: Thesis, contemporary grammar of Indonesian language, application, mistakes, emphasis.

PENDAHULUAN

Setiap mahasiswa di Indonesia pasti dapat menggunakan bahasa Indonesia dalam kegiatan berkomunikasi baik secara lisan maupun tulisan. Akan tetapi, tidak semua mahasiswa memiliki kemampuan menulis dalam bahasa Indonesia dengan susunan kalimat yang teratur. Masih banyak mahasiswa yang menulis tidak sesuai dengan tata aturan penulisan dalam bahasa Indonesia.

Selama ini, ada anggapan bahwa bahan pengajaran yang disediakan tidak sesuai dengan kebutuhan mahasiswa untuk dapat menulis. Terutama, belajar bahasa Indonesia untuk dapat menulis efektif. Pengulangan pokok bahasan yang sama selama bertahun-tahun mengakibatkan kebosanan pemelajar tanpa mencapai hasil yang memadai (Moeliono 1996).

Kemampuan menulis memang dianggap lebih sulit daripada berbicara. Ketika kita menulis, ada keterbatasan ruang dan waktu. Sementara itu, ketika berbicara, tidak dibatasi oleh ruang dan waktu. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan Rivers (1975).

Meny who know how to “write things down” in their native language avoid expressing themselves in writing almost completely, even in personal letters. To write so that one is really communicating a message, isolated in place and time, is an art which requires consciously directed effort and deliberate choice of language. The old saying, “if you can say it, you can write it,” is simplistic in its concept of communicative aspect of writing.

Sementara itu, di IPB sering terdengar keluhan dari dosen-dosen berbagai program studi berkaitan dengan lemahnya kemampuan menulis pada mahasiswa program S-1. Kelemahan tersebut dapat dilihat dari tulisan-tulisan mahasiswa saat membuat proposal atau skripsi. Kesalahan tersebut meliputi berbagai hal, seperti: penulisan yang tidak sesuai dengan EYD; kesalahan struktur kalimat; kalimat yang tidak logis sehingga menimbulkan salah arti bagi pembaca; paragraf yang tidak padu sehingga sulit dipahami gagasannya.

Belum diketahui dengan pasti apa penyebab kesalahan tersebut dilakukan oleh mahasiswa. Berdasarkan latar belakang di atas, pertanyaan penelitian adalah

apakah permasalahan bahasa yang dialami mahasiswa ketika menulis skripsi dan permasalahan apakah yang paling banyak mereka hadapi?

Tujuan penelitian ini adalah: 1) mendeskripsikan penerapan teori bahasa baku bahasa Indonesia dalam penulisan skripsi; 2) menganalisis kesalahan materi yang paling banyak dilakukan oleh mahasiswa; 3) menganalisis penyebab terjadinya kesalahan penerapan bahasa tulis; 4) menganalisis materi yang perlu mendapat penekanan dalam MK BI.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dan kualitatif. Sifat penelitian adalah deskriptif analisis. Populasi dari penelitian ini adalah mahasiswa IPB yang sedang menulis skripsi dan dosen pembimbing skripsi. Sampel yang diambil sebanyak 54 responden dengan teknik *purposive sampling*, yakni mahasiswa (36 responden) dan dosen (18 responden) di sembilan fakultas di IPB. Penelitian ini dilaksanakan selama tujuh bulan (Mei-November 2011) di kampus IPB Dramaga, Bogor. Instrumen yang digunakan adalah kuesioner, pedoman wawancara, dan *tape recorder*.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengisian kuesioner dan wawancara. Data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber, penelitian terdahulu, laporan dan dokumen. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis statistik dengan melihat korelasi antarvariabel melalui program SPSS dan menghitung persentasenya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Penerapan Teori Tata Bahasa Baku Bahasa Indonesia

Dari hasil kuesioner mahasiswa (bagian A no 1), mahasiswa IPB tidak banyak yang mengalami kesulitan dalam pemakaian teori tata bahasa baku bahasa Indonesia dalam skripsi. Dari 36 responden mahasiswa yang sedang menulis skripsi, pernyataan responden jarang (41,7%), sangat jarang (27,8%), dan tidak pernah (13,9%) (Tabel 1).

Dilihat dari rataan kendala mahasiswa dalam menulis skripsi, jawabannya mendekati jarang (skor=3), yakni 2,97. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak begitu mengalami kesulitan dalam menulis skripsi dari segi bahasa (Tabel 2).

Tabel 1. Persentase total kendala mahasiswa dalam menulis skripsi.

	Pernyataan	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Selalu	1	2.8	2.8	2.8
	Sering	5	13.9	13.9	16.7
	Jarang	15	41.7	41.7	58.3
	Sangat Jarang	10	27.8	27.8	86.1
	Tidak Pernah	5	13.9	13.9	100.0
Total		36	100.0	100.0	

Tabel 2. Rataan kesulitan mahasiswa dalam menulis skripsi.

No	Kesulitan dalam Penulisan Skripsi	Rataan skor
1	Kendala menulis	2.97
2	Mengabaikan kesalahan	3.75
3	Huruf capital	3.67
4	Huruf miring	3.39
5	Tanda baca	3.42
6	Lambang bilangan	3.39
7	Istilah	3.08
8	Baku dan nonbaku	2.81
9	Subjek dan predikat	3.03
10	Membuat kalimat	3.14
11	Pilihan kata	3.08
12	Merangkai kalimat	3.11
13	Menuliskan gagasan ke paragraph	3.08
14	Judul skripsi	3.56
15	Judul bab dan subbab	3.47
16	Mengembangkan <i>outline</i>	3.03
17	Penulisan kutipan	3.19
18	Penulisan daftar pustaka	3.19
Rataan total		3.24

Ctt: selalu =1, sering=2, jarang=3, sangat jarang=4, tidak pernah=5

Dari tabel di bawah terlihat bahwa responden menyatakan tidak mengalami kendala 63,9%. Angka 63,9% tersebut dari pernyataan jarang 30,6 %, sangat jarang 25%, dan tidak pernah 8,3% (Tabel 3).

Tabel 3. Persentase kesulitan mahasiswa dalam menulis skripsi.

	Pernyataan	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak menjawab	1	2.8	2.8	2.8
	Selalu	1	2.8	2.8	5.6
	Sering	11	30.6	30.6	36.1
	Jarang	11	30.6	30.6	66.7
	Sangat jarang	9	25.0	25.0	91.7
	Tidak pernah	3	8.3	8.3	100.0
Total		36	100.0	100.0	

Data ini juga diperkuat dengan melihat korelasi nilai mata kuliah (MK) Bahasa Indonesia (BI) dengan tingkat kesulitan dalam menulis skripsi (Tabel 4). Berdasarkan analisis data, dapat diartikan bahwa semakin tinggi nilai BI, semakin tinggi tingkat kesulitan. Akan tetapi, karena skala kuesioner dibuat negatif, hasil analisis di atas dapat diinterpretasikan bahwa semakin tinggi nilai BI, semakin rendah tingkat kesulitan. Berdasarkan kuesioner, dari 36 responden, sebanyak 19 responden memeroleh nilai MK Bahasa Indonesia A (52,8%); 13 responden B (36,11%); 4 responden memeroleh nilai C (11,1%).

Tabel 4. Korelasi antara nilai BI dengan tingkat kesulitan (total).

			Nilai BI	Tingkat kesulitan
Spearman's rho	NilaiBI	<i>Correlation Coefficient</i>	1.000	.340
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	.	.042
		N	36	36
Tingkat kesulitan		<i>Correlation Coefficient</i>	.340*	1.000
		<i>Sig. (2-tailed)</i>	.042	.
		N	36	36

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Akan tetapi, dilihat per materi maka kendala mahasiswa dalam menulis skripsi berbeda-beda. Perbedaan tersebut dapat dilihat dari tabel di bawah ini (Tabel 5).

Tabel 5. Persentase kendala mahasiswa dalam menulis skripsi.

Materi	Jawaban Mahasiswa	
	Selalu (%)	Sering (%)
Huruf capital	0	16.7
Huruf miring	5.6	13.9
Tanda baca	2.8	13.9
Lambang bilangan	2.8	13.9
Istilah	5.6	27.8
Baku dan nonbaku	11.1	38.9
Subjek dan predikat	11.1	22.2
Membuat kalimat	8.3	22.2
Pilihan kata	5.6	30.6
Merangkai kalimat menjadi paragraf	8.3	22.2
Menuliskan gagasan ke paragraph	8.3	25.0
Judul skripsi	2.8	16.7
Judul bab dan subbab	8.3	8.3
Mengembangkan <i>outline</i>	5.6	25.0
Penulisan kutipan	11.1	22.2
Penulisan daftar pustaka	8.3	16.7

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa kendala mahasiswa per materi MK Bahasa Indonesia paling tinggi 38,9% (untuk jawaban sering), yaitu kendala dalam pemilihan kata baku dan nonbaku. Persentase paling tinggi yang menjawab selalu adalah 11,1%, yaitu: materi kata baku dan nonbaku, materi menentukan subjek dan predikat, dan materi penulisan kutipan.

Berdasarkan definisi bahasa bagian kedua yang diungkapkan Rakhmad (1988) bahwa bahasa merupakan semua kalimat yang dapat dibuat menurut peraturan tata bahasa, mahasiswa pun harus menulis dengan bahasa yang sesuai dengan tata bahasa yang berlaku, yaitu bahasa Indonesia. Dari hasil wawancara, semua responden mahasiswa (sembilan orang) mengatakan telah menerapkan teori tata bahasa baku bahasa Indonesia. Alasan mereka pun bermacam-macam. Hanya saja, mereka mengaku belum mengetahui dengan pasti bahwa penerapan bahasa Indonesia baku tersebut sudah tepat, seperti ungkapan mahasiswa Fahutan dan Fateta. “Sudah berusaha untuk menerapkannya, masih ada beberapa kata atau masih kurang tepat karena kalimat jarang dipakai dalam kehidupan sehari-hari jadi diterapkan dalam penulisan masih ada kesalahan (mahasiswa Fateta, September 2011).”

Meskipun telah menerapkan teori tata bahasa baku bahasa Indonesia, mereka masih mengalami kesulitan dan kesulitan itu pun berbeda-beda. Ada yang kesulitan dalam pemakaian EYD, seperti yang diungkapkan mahasiswa FPIK, Fahutan, Fateta, dan FMIPA. Mahasiswa Fateta, misalnya, mengatakan bahwa ia masih bingung dalam pemakaian huruf kapital untuk buah belimbing dewa. Mahasiswa Fahutan tidak hanya mengalami kesulitan dalam penulisan huruf, tetapi juga pemakaian tanda baca.

Kesulitan selanjutnya yang dialami mahasiswa adalah pemakaian lambang bilangan. Dari hasil wawancara, ada mahasiswa yang masih kebingungan dalam pemakaian angka. Mereka mempertanyakan, kapan angka digunakan dan kapan angka diganti dengan huruf.

Kesulitan ketiga yang dialami mahasiswa adalah tata kata dan tata istilah. Untuk tata kata, mahasiswa masih terkendala dalam memastikan sebuah kata sudah baku atau belum dan kata serapan, yakni apakah kata serapan yang mereka gunakan sudah Indonesia atau masih asing. Sementara itu, untuk tata istilah, mereka masih kesulitan dalam pemilihan kata-kata sehingga kata-kata yang sama berulang-ulang digunakan.

Kesulitan keempat yang dialami mahasiswa adalah penulisan kalimat. Mahasiswa masih kesulitan dalam penentuan subjek dan predikat kalimat. Hal tersebut diungkapkan oleh mahasiswa FKH, Fema, FEM, FPIK, dan Fateta.

Kesulitan kelima yang dialami mahasiswa adalah dalam penyusunan paragraf. Mahasiswa masih kesulitan dalam mengembangkan paragraf, khususnya dalam merangkai kalimat-kalimat agar tercipta paragraf yang utuh dan padu.

Selanjutnya, untuk materi jenis tulisan, mahasiswa tidak terlalu banyak yang mengalami kendala. Dari hasil wawancara, mahasiswa yang mengalami kendala adalah mahasiswa Faperta, Fateta, dan FMIPA. Mahasiswa FMIPA, misalnya, mengalami kesulitan dalam membedakan penulisan tulisan argumentasi dan tulisan eksposisi. Sementara itu, mahasiswa Faperta kesulitan dalam menulis tulisan deskripsi.

Beda halnya dengan materi-materi sebelumnya, untuk materi karya ilmiah, mahasiswa mengatakan tidak mengalami kendala. Mereka sudah menyusun skripsi sesuai dengan pedoman penulisan karya ilmiah.

Terakhir, untuk materi pustaka rujukan, masih ada mahasiswa yang mengalami kendala. Alasanya, variasi penulisan daftar pustaka sangat banyak. Mahasiswa Faperta mengatakan bahwa ia juga mengalami kesulitan dalam penulisan kutipan dan daftar pustaka karena teorinya berubah terus, berbeda-beda cara penulisannya, acuannya yang mana yang benar, pemecahannya mengikuti saran pembimbing. Sebaliknya, mahasiswa Fema mengatakan bahwa ia mengalami kesulitan dalam penulisan daftar pustaka karena antara aturan IPB dan aturan departemen/fakultas berbeda; akhirnya, yang digunakan aturan departemen/fakultas.

Analisis Kesalahan Materi dan Keterkaitannya dengan Tingkat Kesulitan Materi

Kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam menulis skripsi dari segi bahasa menurut dosen, jarang. Dari 18 responden, 55,6% menyatakan mahasiswa jarang melakukan kesalahan dalam penulisan skripsi dari segi bahasa dan 44,4% menyatakan sering. Artinya, mahasiswa tidak mengalami kesulitan dari segi bahasa. Akan tetapi, dilihat per materi maka hasilnya berbeda-beda (Tabel 7). Untuk urutan pertama, persentase mahasiswa yang dinilai selalu melakukan kesalahan ada pada materi tata kalimat (struktur kalimat) dan materi penulisan daftar pustaka, yakni 16,7%.

Sebaliknya, ada enam materi yang dinyatakan dosen bahwa mahasiswa tidak selalu melakukan kesalahan, yaitu: huruf miring, tanda baca, lambang bilangan, tata istilah, pilihan kata (diksi), dan penulisan judul skripsi. Akan tetapi, urutan di atas berbeda dengan pengurutan berdasarkan persentase dosen yang menyatakan selalu ditambah dengan dosen yang menyatakan sering. Untuk urutan pertama dengan persentase 77,8%, ada tiga materi, yaitu: materi struktur kalimat (tata kalimat), tata aturan penulisan karya ilmiah, dan materi penulisan kutipan. Untuk materi lambang bilangan, dinilai bahwa mahasiswa sangat jarang melakukan kesalahan. Total persentase mahasiswa yang dinilai selalu dan sering melakukan kesalahan untuk materi lambang bilangan adalah 11,1%.

Tabel 7. Persentase mahasiswa yang melakukan kesalahan.

Materi	Jawaban Dosen (%)				
	Selalu	Sering	Jarang	Sangat Jarang	Tidak pernah
Huruf capital	5.6	33.3	33.3	27.8	0
Huruf miring	0	50.0	27.8	22.2	0
Tanda baca	0	66.7	33.3	0	0
Lambang bilangan	0	11.1	61.1	27.8	0
Istilah	0	33.3	50.0	16.7	0
Membuat kalimat	16.7	61.1	22.2	0	0
Pilihan kata*	0	55.6	33.3	5.6	0
Menyusun paragraph	5.6	66.7	27.8	0	0
Tata aturan karya ilmiah	5.6	72.2	16.7	5.6	0
Penulisan kutipan	11.1	66.7	22.2	0	0
Penulisan daftar pustaka	16.7	55.6	27.8	0	0

Ctt: 0=tidak ada, tanda bintang (*)= satu responden tidak menjawab

Terjadinya kesalahan ini tidak dapat dipisahkan dengan penguasaan unsur-unsur gramatika, retorika bahasa, dan unsur-unsur yang bersifat konseptual. Seperti, yang dikemukakan Heaton (1999) bahwa ada lima kemampuan yang menentukan kualitas. Dari kelima kemampuan itu, mahasiswa masih melakukan kesalahan pada tiga kemampuan, yaitu: penggunaan bahasa, kemampuan mekanik, dan kemampuan gaya bahasa.

Hubungan antara Kesalahan Materi dengan Tingkat Kesulitan Materi

Pada bagian ini dipaparkan hubungan antara kesalahan materi dengan tingkat kesulitan materi. Analisis ini berdasarkan hasil kuisioner mahasiswa bagian B. Dari hasil rataan pertanyaan kuisioner mahasiswa bagian B, jawabannya mendekati sedang (skor=3), yaitu 2,75 (Tabel 8). Artinya, materi bahasa Indonesia tidak sulit.

Sementara itu, dilihat per materi maka materi yang menekati sulit (skor=4) ada tiga. Ketiga materi itu adalah jenis tulisan (3,28), pengembangan kerangka karangan (3,11), dan materi pilihan kata. Selanjutnya, dilihat dari persentase tingkat kesulitan meteri maka persentase paling tinggi adalah yang menyatakan sedang (58,3%). Sebaliknya, yang menyatakan sulit kurang dari 50%, yaitu 33,3%. Begitu juga halnya dengan membandingkan antara tingkat kesulitan dengan materi yang sering salah dalam penerapannya, terjadi perbedaan.

Persentase kesalahan yang paling tinggi adalah pada materi struktur kalimat (tata kalimat), tata aturan penulisan karya ilmiah, dan materi penulisan kutipan. Sebaliknya, tingkat kesulitan materi tersebut mendekati sedang (skor=3). Untuk materi struktur kalimat, misalnya, rataan skornya 2,75. Rataan ini lebih rendah daripada skor materi kutipan, yaitu 2,81. Sementara itu, pada materi tata kata (istilah) persentase kesalahan yang dilakukan mahasiswa berada pada urutan kedua rendah (setelah lambang bilangan=11,1%), yaitu 33,3%, tetapi berada pada urutan ketiga dari atas dalam rataan skor tingkat kesulitan materi (3,03).

Tabel 8. Rataan tingkat kesulitan semua materi MK bahasa Indonesia.

No	Tingkat kesulitan materi	Rataan Skor
1	Huruf kapital	2.31
2	Huruf miring	2.53
3	Tanda baca	2.44
4	Lambang bilangan	2.61
5	Istilah	2.69
6	Kalimat	2.75
7	Pilihan kata	3.03
8	Pengembangan paragraf	2.86
9	Jenis ulasan	3.28
10	Pengembangan kerangka karangan	3.11
11	Judul skripsi	2.61
12	Judul bab dan subbab	2.72
13	Kutipan	2.81
14	Daftar pustaka	2.75
Rataan Total		2.75

Ctt: Sangat mudah=1; Mudah=2; Sedang=3; Sulit=4; Sangat sulit=5

Analisis Penyebab Terjadinya Kesalahan Penerapan Bahasa Tulis

Dari hasil wawancara, terlihat bahwa penyebab terjadinya kesalahan dalam penerapan bahasa Indonesia baku dalam karya tulis ada beberapa. Penyebab tersebut adalah 1) tidak menggunakan buku-buku pedoman dalam penulisan karya ilmiah, seperti: KBBI, EYD dan glosarium; 2) kurang membaca dan kurang literatur; 3) kurang latihan; 4) lebih banyak berbicara; 5) faktor kelelahan.

Penyebab pertama adalah mahasiswa tidak terbiasa membuka *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, buku EYD (*Ejaan Yang Disempurnakan*) dan glosarium istilah bidang ilmu. Hal tersebut dapat dilihat dari ungkapan mahasiswa

Fema, FMIPA, Fapet, dan FEM. Mahasiswa FEM mengatakan bahwa saat membuat skripsi ia tidak pernah melihat kamus dan buku EYD.

Penyebab kedua adalah mahasiswa kurang membaca dan kurang referensi. Hal tersebut terlihat dari penuturan mahasiswa FMIPA, Fahutan, Fateta, Fema, dan FEM. Mahasiswa FMIPA mengatakan bahwa ia kurang membaca dan referensi bidang ilmunya lebih banyak berbahasa Inggris sehingga ia kesulitan dalam menentukan istilah-istilah yang dibaca dari literatur tersebut sudah diindonesiakan atau masih asing.

Penyebab ketiga adalah kurang latihan. Kurangnya latihan menulis ini sesuai dengan yang dikatakan Lorch (1984). Menurut Lorch (1984) kemampuan menulis bukanlah bakat, bukan bawaan sejak lahir, tetapi dimiliki seseorang melalui latihan yang terus menerus dikembangkan. Dari hasil wawancara mendalam diketahui bahwa mahasiswa kurang latihan dalam menulis karya ilmiah. Kalaupun ada, menulis dilakukan hanya untuk memenuhi tugas mata kuliah. Mahasiswa Fapet mengatakan bahwa ia jarang latihan menulis, terutama karya ilmiah karena malas. Kemalasan yang diungkapkan mahasiswa Fapet ini sesuai dengan yang dikemukakan Graves. Menurut Graves (dalam Suparno 1978), seseorang enggan menulis karena tidak mengetahui tujuan menulis, tidak berbakat, dan tidak mengetahui cara harus menulis. Ketidaksukaan tidak lepas dari pengaruh lingkungan keluarga dan masyarakatnya, serta pengalaman pembelajaran penulis atau mengarang di sekolah yang kurang memotivasi dan mengarang minat. Jadi, tidak heran kalau mahasiswa mengalami kendala dalam menulis karena kurangnya latihan menulis.

Penyebab keempat adalah lebih banyak melakukan aktivitas berbicara daripada membaca dan menulis. Alasan mereka adalah berbicara lebih mudah dilakukan daripada menulis. Kondisi ini sesuai dengan yang dikatakan Mc Crimmon. Mc Crimmon (1984) mengatakan bahwa menulis adalah pekerjaan yang sukar, namun penulis mempunyai kesempatan untuk menyampaikan sesuatu tentang dirinya, mengomunikasikan ide-ide, bahkan dapat belajar sesuatu yang belum diketahuinya. Seperti, ungkapan mahasiswa Fema dan FEM, “Lebih sering berbicara daripada menulis karena berbicara lebih mudah daripada menulis.”

Faktor penyebab kelima adalah kelelahan. Mahasiswa banyak mengeluhkan bahwa mereka mangalami kelelahan dan tidak konsentrasi dalam menulis skripsi. Hal ini sesuai dengan pendapat Zaques (2008). Menurutnya, kemacetan menulis adalah gejala yang wajar. Penulis yang belum matang akan mudah dipatahkan semangatnya oleh masalah-masalah yang menghambat proses kreatif mereka. Tidak sanggupnya penulis menghadapi masalah-masalah dalam proses menulis diungkapkan oleh responen. “Dalam proses penulisan skripsi, kadang saya khilaf. Hal tersebut terjadi karena rasa capek, lelah, jemu (mahasiswa Fahutan, September 2011).” Mahasiswa Faperta (September 2011) mengatakan kendala menulis itu sangat dipengaruhi *mood*, kalau lagi *mood*-nya baik tulisan mengalir terus, tetapi kalau tidak *mood* tidak dapat menulis.

Analisis Materi yang Perlu Mendapat Penekanan

Berdasarkan wawancara, mahasiswa Fateta dan Fapet mengatakan semua materi dalam MK Bahasa Indonesia penting. Mahasiswa Faperta menekankan pendalaman materi pilihan kata, frasa, kalimat, kalimat efektif, paragraf, dan jenis tulisan. Mahasiswa FKH menekankan pendalaman materi kalimat, ejaan, paragraf, dan kutipan. Mahasiswa FMIPA mengusulkan tiga materi yang perlu ditekankan, yaitu: tata istilah, jenis tulisan, dan pengutipan. Mahasiswa FEM mengusulkan dua materi yang perlu ditekankan, yaitu: kata baku dan tidak baku dan daftar pustaka.

Tabel 9. Rataan skor materi yang memerlukan pendalaman menurut mahasiswa.

No	Materi yang memerlukan pendalaman	Rataan Skor
1	Huruf	3.75
2	Tanda baca	3.75
3	Lambang bilangan	3.89
4	Istilah	4.17
5	Struktur kalimat	4.22
6	Pilihan kata	4.22
7	Penulisan paragraph	4.28
8	Penulisan jenis tulisan	4.25
9	Penulisan kutipan	4.28
10	Penulisan daftar pustaka	3.94
Rataan Total		4.08

Ctt: Sangat perlu=5, Perlu=4, Tidak perlu=3, Ragu-ragu=2, Tidak tahu=1

Dari tabel di atas terlihat bahwa semua materi pada MK Bahasa Indonesia perlu diperdalam dengan rataanya 4,08. Yang prioritas pendalaman adalah materi penulisan paragraf dan penulisan kutipan (4,28). Sebaliknya, materi yang mendekati jawaban tidak perlu pendalaman adalah penghurufan dan materi tanda baca (3,75).

Perlunya semua materi mendapat penekanan juga terlihat dari kuisioner mahasiswa (Tabel 10), yakni: perlu (50%) dan sangat perlu (30,6%). Artinya, mahasiswa yang menyatakan materi perlu dan sangat perlu diperdalam, 80,6%.

Tabel 10. Persentase materi yang memerlukan pendalaman menurut mahasiswa.

Pernyataan		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ragu-Ragu	1	2.8	2.8	2.8
	Tidak Perlu	6	16.7	16.7	19.4
	Perlu	18	50.0	50.0	69.4
	Sangat Perlu	11	30.6	30.6	100.0
	Total	36	100.0	100.0	

Ctt: Sangat perlu=5, Perlu=4, Tidak perlu=3, Ragu-ragu=2, Tidak tahu=1

Dari hasil kuisioner dosen, sebanyak 77,8% responden menyatakan perlu dan 22,2% mengatakan sangat perlu (Tabel 11). Artinya, dosen menyetujui semua materi pada MK Bahasa Indonesia perlu diperdalam.

Tabel 11. Persentase materi yang memerlukan pendalaman menurut dosen.

Pernyataan		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Perlu	14	77.8	77.8	77.8
	Sangat Perlu	4	22.2	22.2	100.0
	Total	18	100.0	100.0	

Korelasi tingkat kesulitan materi dengan pendalaman materi menurut mahasiswa berbeda-beda (Tabel 12). Materi yang korelasinya tidak signifikan (tidak ada tanda bintang) ada empat materi, yaitu: tanda baca, istilah (tata kata), jenis tulisan, dan daftar pustaka. Materi yang korelasinya signifikan (tanda bintang satu) ada tiga materi dengan taraf kepercayaannya 95%, yaitu: materi penghurufan (huruf kapital dan huruf miring), tata kalimat, dan materi kutipan. Materi yang korelasinya sangat signifikan (tanda bintang dua) dengan taraf

kepercayaannya 99% juga ada tiga materi, yaitu: lambang bilangan, diksi (pilihan kata), dan materi paragraf.

Tabel 12. Korelasi tingkat kesulitan materi (B) dengan perlunya materi dipelajari (C).

No	Obyek yang dikorelasikan		Koefisien Korelasi Spearman
	B	C	
1	1 dan 2	1	0,330*
2	3	2	0,348
3	4	3	0,563**
4	5	4	0,285
5	6	5	0,335*
6	7	6	0,491**
7	8	7	0,447**
8	9	8	0,285
9	13	9	0,332*
10	14	10	0,052

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, mahasiswa IPB mengalami kesulitan yang berbeda-beda dalam pemakaian tata bahasa baku bahasa Indonesia saat menyusun skripsi. Meskipun, mereka mengatakan bahwa sudah menerapkan tata bahasa baku.

Selanjutnya, kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam menulis skripsi dari segi bahasa per materi berbeda-beda. Untuk tingkat kesulitan materi, dari hasil rataan pertanyaan kuisioner mahasiswa bagian B, jawabannya mendekati sedang (2,75).

Sementara itu, penyebab terjadinya kesalahan dalam penerapan tata bahasa baku bahasa Indonesia dalam karya tulis ada lima. Kelima penyebab itu adalah 1) tidak menggunakan buku-buku pedoman dalam penulisan karya ilmiah, seperti: KBBI, EYD dan glosarium; 2) kurang membaca dan memiliki literatur; 3) kurang latihan; 4) lebih banyak berbicara; 5) faktor kelelahan.

Materi yang prioritas pendalamannya menurut mereka adalah materi penulisan paragraf dan penulisan kutipan. Sebaliknya, dosen menyatakan semua materi perlu dipelajari. Berdasarkan korelasi antara tingkat kesulitan materi dengan

materi yang memerlukan pendalaman menurut mahasiswa ada tidak signifikan, ada signifikan, dan ada sangat signifikan.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan tim dosen MK Bahasa Indonesia perlu melakukan revisi silabus untuk memberikan prioritas materi yang menurut mahasiswa lebih mendapatkan penekanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi Hasan dkk. 2003. *Tata Bahasa Baku Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Bloom B. 1976. *Human Characteristic and School Learning*. New York: McGraw-Hill.
- Heaton JB.1999. *Writing English Language Test*. London: Longman.
- Lorch Sue.1984. *Basic Writing:Practical Approach*. Boston: Brown and Company.
- Mc Crimmon Jammes M.1984. *Writing with a Purpose*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Moeliono Anton. 1996. “Kata Aluan” dalam *Berbagai Pendekatan dalam Pengajaran Bahasa dan Sastra* (Sumardi, editor). Jakarta: Sinar Harapan.
- Rahmat Djalaludin. 1998. *Psikologi Komunikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Ramelan.1985. “Penerapan teori linguistik untuk pengajaran bahasa” dalam *Perkembangan Linguistik di Indonesia*. Jakarta: Arcan.
- Rivers WM. 1975. *A practical Guide to the Teaching of French*. New York: Oxford.
- Semi Atar. 2003. *Menulis Efektif*. Padang: Angkasa Raya.
- Zaqeus Edy. 2008. *Resep Cespleng Menulis Buku Bestseller*. Tangerang: Fivestar Publishing.

**INTERNALISASI BIAYA EKSTERNAL DAN DESAIN SISTEM
PENGELOLAAN SAMPAH KOMUNAL (STUDI KASUS KAWASAN
HUNIAN DI KOTA BOGOR DAN CIPINANG MUARA JAKARTA)**
(Internalization External Cost and System Design on Communities Waste
Management a Case Study in Neighbourhood Bogor Urban and
Cipinang Muara Jakarta)

Eka Intan Kumala Putri, Rizal Bahtiar
Dep. Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB

ABSTRAK

Unit Pengolah Sampah (UPS) di perumahan merupakan solusi untuk mengatasi masalah timbulan sampah yang semakin menumpuk dengan bertambahnya penduduk. Penelitian ini menghitung manfaat ekonomi melalui internalisasi biaya eksternal dan daya dukung lingkungan bagi UPS "Rumah Kompos" (RK) di perumahan Gria Melati (GM) dan UPS "Mutu Elok" (ME) di perumahan Cipinang Elok (CE). Nilai ekonomi internalisasi biaya eksternal UPS "RK" Rp.60.630.000,- dan UPS "ME" Rp.278.614.000,-. Daya dukung lingkungan dengan pendekatan KLH bagi UPS "RK" dan UPS "ME" relatif rendah, sedangkan dengan pendekatan SNI, daya dukung lingkungan UPS "RK" relatif tinggi dan UPS "ME" relatif rendah. Biaya transaksi UPS "RK" sebesar Rp 83.333,-/trip dan UPS "ME" sebesar Rp 13.333,-/trip. Kemitraan kelembagaan dalam pengolahan sampah perlu adanya keikutsertaan dari kelompok tani. Analisis kelayakan finansial UPS "RK" dan UPS "ME" layak jika ada bantuan dan iuran retribusi, dan sebaliknya, tidak layak jika tanpa bantuan dan iuran retribusi.

Kata kunci: Internalisasi, pengolahan sampah, daya dukung lingkungan, kelembagaan, biaya transaksi.

ABSTRACT

Waste Processing Units could be a solution to solve the increasing of waste problem due to the increasing of population. This study calculates the economic benefits through the internalization of external costs and carrying capacity for UPS "*Rumah Kompos*" (RK) and UPS "*Mutu Elok*"(ME). The economic value of internalizing the external costs "RK" IDR 60,630,000 and "ME" IDR 278,614,000. Using KLH's approach, carrying capacity of the "RK" and "ME" are relatively low, i.e. 0.65 and 0.63. When using SNI's approach, carrying capacity of the "RK" is relatively high, while "ME" is low. The transaction cost of "RK" is IDR 83,333/trip and UPS "ME" is IDR 13,333/trip. Institutional partnerships in the processing of waste need the involvement of farmer groups. Financial analysis of the "RK" and "ME" is feasible if there are some aids and retribution, and conversely, it is not feasible without the aids and retribution.

Keywords: Internalization, waste management, environmental capacity, institutional, transaction cost.

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah merupakan upaya penting untuk mengatasi permasalahan lingkungan karena semakin rendahnya daya dukung lingkungan

untuk menetralisir sampah yang dihasilkan oleh manusia. Rata-rata timbulan sampah per kapita di kota besar 2.8 liter/orang/hari, sedangkan rata-rata sampah terangkut hanya 74% dari total sampah dan sisanya 26% yang tidak terangkut.

Selama ini tanggungjawab masyarakat masih rendah dan cenderung bersikap tak peduli (asalkan *not in my backyard/NIMBY*) terhadap pengelolaan sampah, yang semestinya tidak hanya menjadi tanggung jawab Pemerintah semata. Pemerintah menerbitkan UU No.18/2008 tentang 'Pengelolaan Sampah', yang mengamanatkan "*Pengelola kawasan permukiman, kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas social, dan fasilitas lainnya wajib menyediakan fasilitas pemilahan sampah*" (Pasal 13). Adanya regulasi tersebut, menjadi dasar untuk pengelolaan sampah komunal di perumahan.

Pertanyaannya, apakah adanya regulasi tersebut dapat menjadi insentif bagi perumahan untuk membangun Unit Pengolahan Sampah (UPS)? Melalui internalisasi biaya pengelolaan sampah kawasan pemukiman dapat diperoleh nilai ekonomi *tangible* dan *intangible* dari UPS yang akan dinikmati warga selaku konsumen dan pengembang/developer selaku produsen. Dari aspek lingkungan, bagaimanakah keberadaan UPS tersebut terhadap *carrying capacity* kawasan pemukiman masing-masing dan bagaimanakah kelembagaan dengan *transaction cost*-nya dalam melestarikan pengelolaan sampah komunal?

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menilai manfaat ekonomi dan desain sistem pengelolaan sampah di kawasan permukiman. Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah: 1) Mengkaji faktor internalisasi biaya pengelolaan sampah dalam usaha pengembangan kawasan hunian; 2) Menghitung nilai ekonomi pengelolaan sampah di kawasan hunian; dan 3) Merancang sistem pengelolaan sampah komunal dengan menganalisis daya dukung lingkungan, kelembagaan dan *willingness to pay* penghuni

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ditentukan secara *purposive* yakni Perumahan Grya Melati (GM) Bogor dan Cipinang Muara (CM) Jakarta, karena pada ke-2 perumahan

tersebut telah dibangun UPS komunal, yaitu UPS "Rumah Kompos" (RK) di Grya Melati dan UPS "Mutu Elok" (ME) di Cipinang Muara. Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu pada tahun 2009 dan tahun 2011.

Metode Pengambilan Sampel

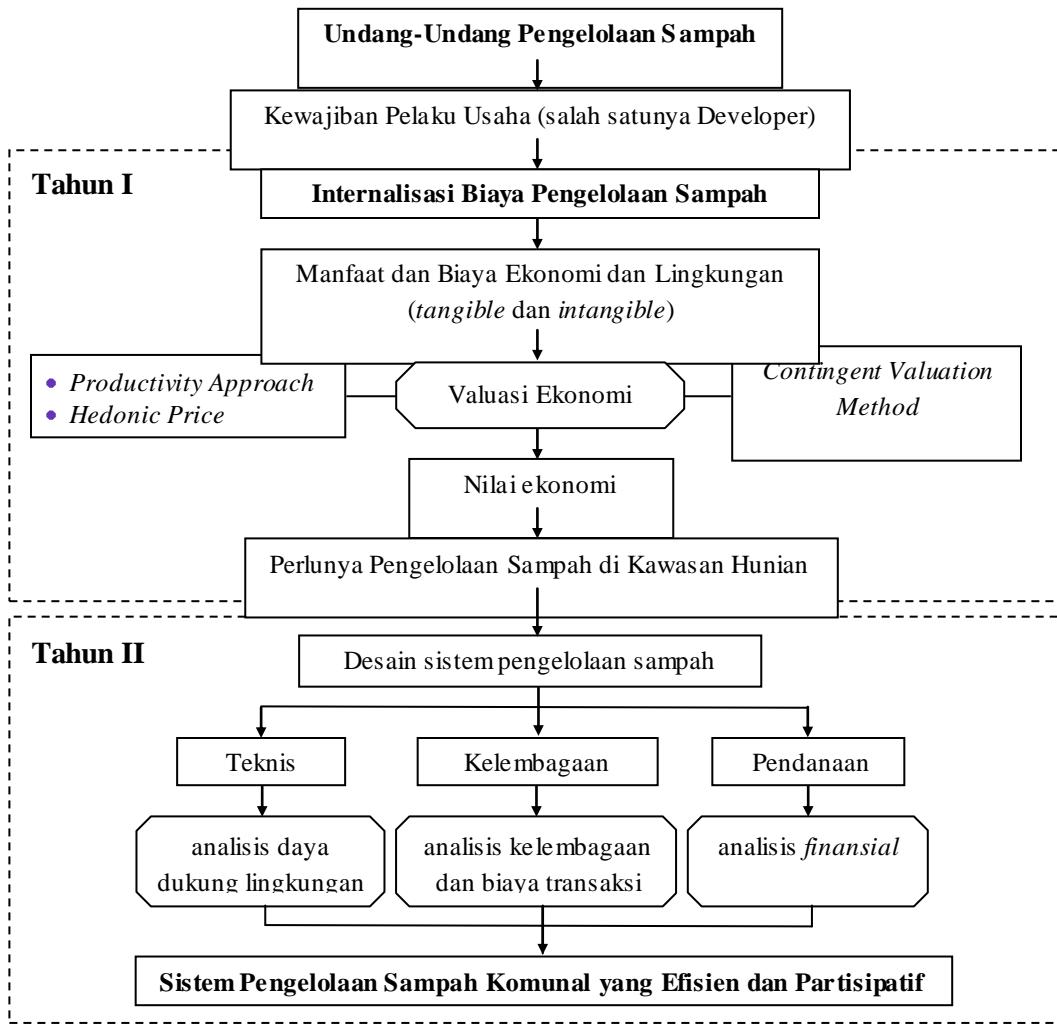
Penelitian tahap ke-1 dan tahap ke-2 merupakan penelitian kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan teknik langsung untuk menghitung internalisasi biaya dan nilai ekonomi yang bersifat *intangible* dari pengelolaan sampah. Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive*, yaitu terdiri dari 2 orang pengelola masing-masing UPS dan 40 orang responden, yang masing-masing merupakan warga GM dan CM.

Metode Pengumpulan Data

Data primer dan sekunder dipergunakan, baik untuk penghitungan internalisasi biaya eksternal maupun desain sistem pengelolaan sampah komunal. Data primer dikumpulkan melalui pengisian kuisioner dengan menggunakan teknik penilaian langsung, dengan *contingent valuation*, *transaction cost*, dan analisis kelayakan finansial. Teknik penilaian tidak langsung, dengan menggunakan *productivity approach*, *hedonic price*, daya dukung lingkungan dengan pendekatan KLH dan SNI, serta analisis kelembagaan.

Alur Kegiatan Penelitian

Tahun pertama: mengkaji kebutuhan kawasan hunian terhadap pengelolaan sampah dari aspek teknis, sosial dan ekonomi, dan mengkaji internalisasi biaya pengelolaan sampah sebagai biaya eksternal, kemudian dihitung manfaat dan biaya ekonomi *tangible* dan *intangible* dari pengelolaan sampah. **Pada tahun kedua,** merancang sistem pengelolaan sampah yang memperhatikan aspek daya dukung, kelembagaan dan finansial. Lebih ringkas mengenai alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Internalisasi Biaya Eksternal Pengelolaan Sampah di Perumahan

Deskripsi Pengolahan Sampah Komunal

UPS "Rumah Kompos" di Perumahan Grya Melati

Perumahan GM terdiri 250 KK dengan jumlah penduduk 545 jiwa (tahun 2009). Kegiatan kebersihan lingkungan yang dilakukan warga adalah kegiatan penanggulangan sampah melalui pemilahan sampah organik dan non organik. Keterkaitan warga dalam kebersihan lingkungan berupa retribusi kebersihan yang dibayarkan Rp7.500,-/KK/bulan, yang digunakan untuk biaya operasional pengelolaan sampah dan membayar tenaga kerja.

Pengelolaan sampah dengan membangun UPS “RK” ini sudah berjalan 5 tahun dan bertempat pada fasum yang diberikan developer. Investasi awal Rp 2.000.000,- untuk biaya bongkar dan pembuatan bak sampah, sedangkan mesin pencacah dan mesin ayakan pemberian dari PT. Mitran. Produksi usaha “RK” adalah 150 kg (75 pak) kompos, sehingga omzet penjualan Rp.262.500/bulan (harga jual Rp 3500,-/pak).

UPS ”Mutu Elok” di Perumahan Cipinang Muara

Perumahan CM terdiri dari 43 blok dan 679 buah kavling, dihuni 718 KK (2.886 orang). Kegiatan kebersihan lingkungan yang dilakukan warga adalah penanggulangan sampah melalui pemilahan sampah organik dan non organik dan pemeliharaan saluran air secara berkala oleh petugas kebersihan, dimana lumpur hasil pembersihan saluran air digunakan untuk penyubur taman yang berada di sepanjang jalan perumahan CM.

Ide pengelolaan sampah muncul dari pengurus RW (Bp. SS), untuk mengurangi volume sampah ($30 \text{ m}^3/\text{minggu}$) yang diangkut ke TPST Bantar Gebang, yang melebihi kapasitas dari daya angkut kontainer (12 m^3), sehingga pada tahun 2005 didirikan bangunan UPS “ME” sebagai upaya untuk mengurangi volume sampah yang diangkut ke TPST Bantar Gebang, dengan memanfaatkan kembali sisa sampah organik menjadi bahan baku kompos. Dana untuk mendirikan UPS “ME” ini berasal dari PPMK, iuran retribusi warga, dana operasional RT/RW dan bantuan lain berupa mesin penggiling dan mesin penyaring dari Dinas Kebersihan DKI Jakarta.

Biaya Eksternal dalam Pengelolaan Sampah

Bila perumahan GM *without waste management*, maka biaya eksternal yang dihasilkan dari beban buangan sampah RT Rp 2.500.000/bulan atau Rp. 30.000.000/tahun. Pengeluaran itu belum termasuk biaya yang harus dikeluarkan RW di GM Rp 400.000/bulan sebagai tips petugas sampah untuk mengangkut sampah warga perumahan. Bagi perumahan CM retribusi sampah untuk perumahan di DKI Jakarta telah dihapuskan (sesuai dengan Perda No 1/2006 tentang Retribusi Daerah). Namun, karena pengolahan sampah komunal melalui UPS ”ME” butuh biaya operasional secara swadana maka iuran (tarif) retribusi

kebersihan tetap diberlakukan, yang besarnya tergantung pada luasan tempat tinggal, yaitu dari Rp 16.000 hingga Rp 60.000/bulan/RT.

Internalisasi Biaya Pengolahan Sampah

Internalisasi biaya adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengelola sampah di dalam lingkungan perumahan. Biaya internalitas sampah UPS “RK” di GM mencapai Rp 10 juta/tahun, terdiri dari biaya asset Rp 1,6 juta (tahun 2009 setelah dikurangi nilai penyusutan) dan biaya operasional Rp 8,4 juta/tahun. Aset “RK” merupakan bantuan dari KLH (mesin pencacah) dan developer (lahan), dan biaya pembuatan bak penampung sampah Rp 2 juta. Biaya operasional pengelolaan sampah Rp 700 ribu/bulan terdiri dari: biaya TK Rp 300 ribu/bulan dan biaya *container* Rp 400 ribu/bulan untuk mengangkut sampah ke TPA “Galuga”.

Biaya internalitas sampah UPS “ME” di CM Rp 61.686.667/tahun, terdiri dari: biaya asset sebesar Rp 23.286.667 (tahun 2009 setelah dikurangi penyusutan, dari nilai awal tahun 2005 Rp 33.505.000) dan biaya operasional Rp 3,2 juta/bulan (Rp 38,4 juta/tahun), terdiri dari Rp 1.050.000 untuk pembelian dedak dan cairan aktif mikroba, biaya TK Rp 1,75 juta dan biaya *container* Rp 400 ribu/bulan untuk mengangkut sampah ke TPST “Bantar Gebang” oleh petugas sampah pihak ketiga (swasta).

Penilaian Ekonomi Dampak Internalisasi Biaya Pengolahan Sampah

Nilai manfaat ekonomi *tangible* dan *intangible* yang dihitung pemeliharaan kebersihan lingkungan perumahan, kesuburan taman perumahan, sumber penerimaan masyarakat dari penjualan sampah organik yang telah terproses menjadi kompos, dan pengaruh terhadap harga rumah.

- (i) **Nilai Kebersihan Lingkungan Perumahan** diperhitungkan dengan WTP total, untuk Perumahan GM Rp 3.337.500/bulan dan Perumahan CE adalah Rp. 16.334.500/bulan.
- (ii) **Nilai Pemasukan dari penjualan kompos**, masing-masing UPS memproduksi kompos adalah 150 kg/minggu (UPS “RK” di GM) dan 300 kg/minggu (UPS “ME” di CM). Kompos umumnya dijual kepada masyarakat, sehingga penerimaan kompos di perumahan GM Rp 12,6 juta/tahun dan Rp 20,16 juta/tahun di perumahan CE.

- (iii) **Nilai Kesuburan Taman Perumahan.** Nilai kesuburan tanah sebagai dampak dari adanya UPS untuk perumahan GM Rp 420 ribu/tahun dan perumahan CM Rp 70 juta/tahun.
- (iv) **Pengaruh terhadap Harga Rumah.** Pengembang menetapkan **tambahan harga jual rumah** yang harus dibayarkan konsumen Rp 2-2,5 juta/rumah, jika seandainya Pemkab Bogor mengharuskan developer membangun fasum untuk UPS, sesuai UU No. 18 tahun 2008.

Total Nilai Ekonomi Manfaat Internalisasi Biaya Eksternal UPS

Nilai total manfaat internalisasi biaya eksternal UPS “RK” di GM dan UPS “ME” CM dapat dilihat pada Tabel 1 :

Tabel 1. Total nilai ekonomi internalisasi biaya eksternal pengelolaan sampah.

Perumahan	Nilai (Rp/Tahun)				Nilai Total (Rp/Tahun)
	Kebersihan Lingkungan	Penjualan Kompos	Kesuburan Taman	Peningkatan Harga Rumah	
GM (Bogor)	40.050.000	20.160.000	420.000	2.250.000	60.630.000
CM (Jakarta)	196.014.000	12.600.000	70.000.000	2.250.000	278.614.000

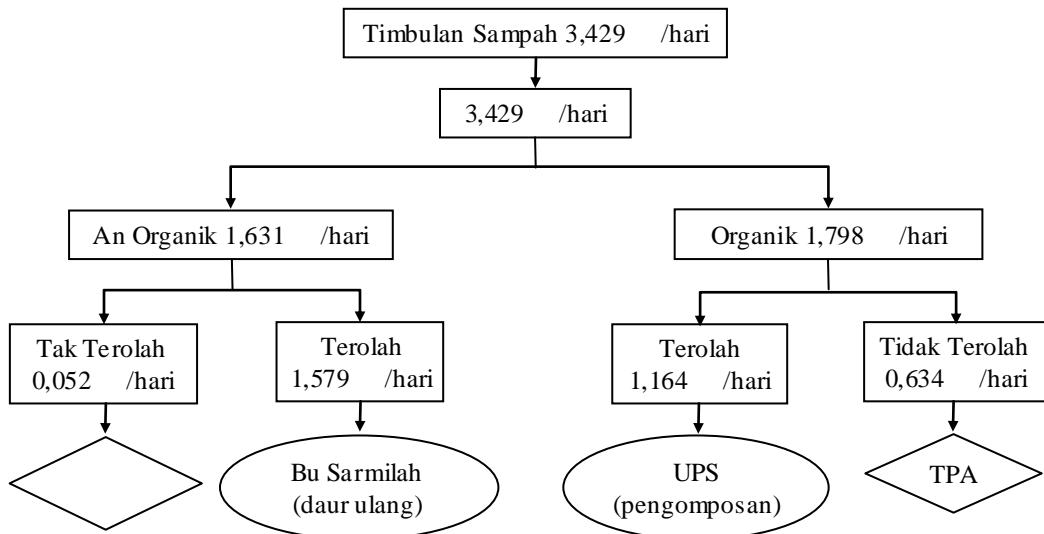
Sumber: Diolah dari data Primer (2009).

Total nilai ekonomi yang didapatkan dengan menginternalisasi biaya eksternal pengelolaan sampah cukup besar, untuk GM Rp 60,63 juta dan untuk CM Rp 278,614 juta, artinya manfaat menginternalisasi biaya eksternalitas dalam pengelolaan sampah di pemukiman memiliki manfaat yang lebih besar bila dibandingkan dengan hanya melalui pembiayaan eksternalitas yang selama ini dilakukan di berbagai perumahan. Hal ini menunjukkan bahwa dari sampah yang semula merupakan residu tak berguna, ternyata jika diolah dapat memberi *tangible benefit* Rp 60,63 juta/tahun bagi Perumahan GM dan Rp 278,614 juta/tahun bagi Perumahan CE (Putri dan Rizal, 2010).

Desain Sistem Pengelolaan Sampah Komunal

Daya Dukung Lingkungan

Daya dukung lingkungan diperhitungkan dari timbulan sampah dan volume sampah organik dan anorganik yang terolah atau tidak terolah (Khana *et.al.*, 1993). Komposisi sampah pada masing-masing perumahan ditunjukkan dengan pohon pengelolaan sampah, yaitu:



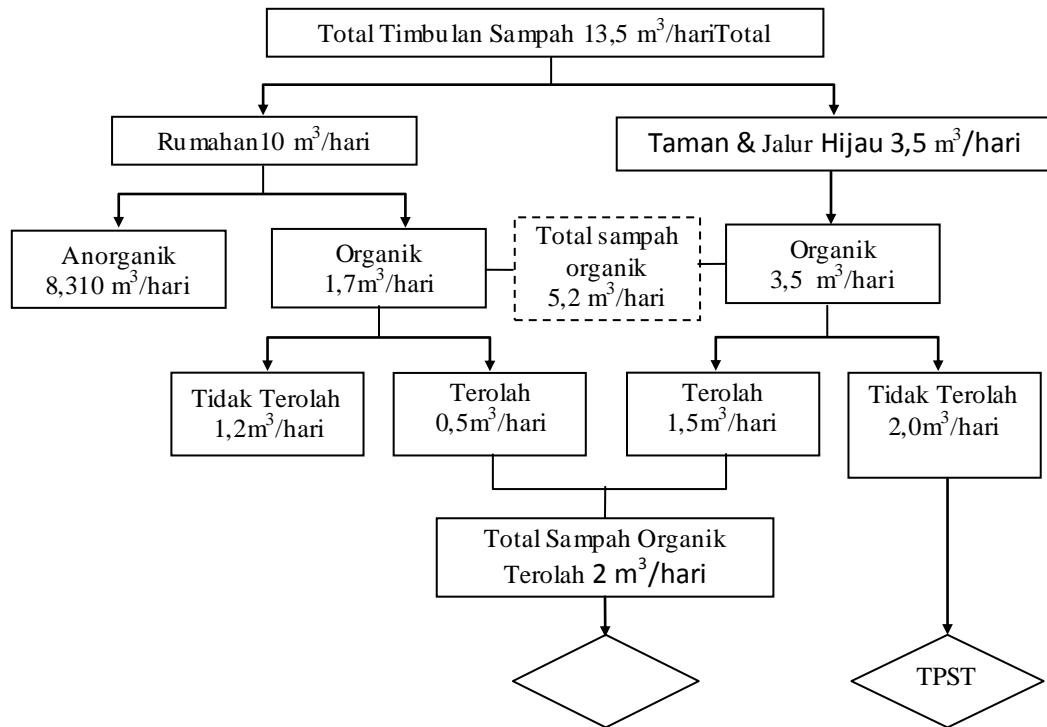
Sumber: Data Primer (2011)

Gambar 2. Pohon pengelolaan sampah di Perumahan Grya Melati.

Gambar 2 menunjukkan bahwa 80% sampah dari total timbulan sampah yang terkumpul, baik organik maupun anorganik telah terolah. Pengolahan dilakukan pada 2 tempat yang berbeda, yaitu 46% sampah anorganik didaur ulang, yang kelak menjadi jasa lingkungan yang dapat memberikan *income generating* (ibu S, pendaur ulang di GM); dan 34% sampah organik terolah di UPS “RK”.

Gambar 3 menunjukkan pohon pengelolaan sampah di Perumahan CM dengan UPS ‘ME’, yang jumlah timbulan sampahnya jauh lebih besar daripada di Perumahan GM karena jumlah rumah tangga dan jumlah rumah jauh lebih banyak. Hanya 15% dari total timbulan 13,5m³ yang terolah di UPS ‘ME’ dan sisanya 6,6% sampah anorganik di daur ulang oleh pemulung, serta 78,4% dibuang ke TPST Bantar Gebang di Bekasi.

Ketergantungan pengelolaan sampah komunal di CM jauh lebih tinggi daripada di GM, ditunjukkan dengan 78,4% sampah (organik dan anorganik) dari CM yang tetap dibuang ke TPST Bantar Gebang dibandingkan dengan 20% sampah (organik dan anorganik) dari GM yang tetap dibuang ke TPA Galuga.



Sumber: Data Primer (2011)

Gambar 3. Pohon pengelolaan sampah di Perumahan Cipinang Elok.

Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa jumlah timbulan sampah yang dihasilkan Perumahan GM adalah 3,429 /hari, jika dibandingkan dengan kapasitas bangunan pengelolaan sampah sebesar 6,743 m³ sehingga selisih 3,314 /hari, yang berasal dari kelebihan kapasitas bangunan pengelolaan (KPS, KDU dan KPO). Selisih volume sampah 3,314 m³/hari ini mengindikasikan bahwa DDL di GM masih baik, karena jumlah timbulan sampah yang dihasilkan belum melebihi kemampuan lingkungan dalam menerima beban sampah. Jumlah timbulan sampah di CM adalah 13,5 /hari, jika dibandingkan dengan kapasitas pengelolaan ada selisih 0,64 /hari, yang mengindikasikan bahwa DDL di CM sangat sensitif walaupun belum terlampaui, karena jumlah sampah yang dihasilkan belum melebihi kemampuan lingkungan dalam menerima beban sampah.

Penentuan indeks DDL dalam pengendalian perkembangan kawasan dengan pendekatan KLH didasarkan pada **ketersediaan sarana prasarana** untuk pemenuhan kebutuhan kawasan sesuai peruntukannya, sehingga DDL dianalisis dengan membandingkan antara potensi sampah terolah dan potensi mesin pencacah. Parameter lain yang digunakan dalam analisis DDL, didekati dari

standar luas bangunan UPS suatu kawasan perumahan sesuai dengan rumus SNI 3242-2008. Jika luas bangunan UPS perumahan melebihi dari standar luas bangunan, maka **terdapat kesesuaian antara sarana prasarana dengan jumlah kebutuhan** sehingga DDL tinggi, demikian sebaliknya (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010). Tabel 3 menunjukkan bahwa DDL UPS “RK” di GM dan UPS “ME” di CM relatif rendah.

Tabel 2. Perbandingan jumlah timbulan sampah dengan kapasitas pengelolaan sampah UPS di perumahan Grya Melati dan Cipinang Muara.

Variabel	Volume Sampah Perumahan (m ³ /hari)	
	Grya Melati	Cipinang Muara
Jumlah timbulan sampah	3,429	13,50
Kapasitas pengelolaan:		
-Kapasitas penampungan sementara (KPS)	4,000	12,00
-Kapasitas daur ulang (KDU)	1,579	0,89
-Kapasitas pengomposan (KPO)	1,164	1,25
Total Kapasitas Pengelolaan UPS	6,743	14,14
SELISIH	3,314	0,64

Sumber: Diolah dari Data Primer (2011).

Tabel 3. Daya dukung lingkungan dengan pendekatan KLH di UPS “rumah kompos” Grya Melati dan UPS “Mutu Elok”Cipinang Muara.

Indikator Pengukuran Sampah	Timbulan Sampah di Perumahan (m ³ /hari)		
	UPS “RK” Grya Melati	UPS “ME” Cipinang Muara	
		Konvensional	Mesin
Potensi	1,789	2,00	4,00
Termafaatkan	1,164	1,25	1,25
Daya dukung	Rendah	Rendah	Rendah
Indeks daya dukung	0,65	0,63	0,31

Keterangan:

Tinggi → jika potensi ≤ termanfaatkan (Indeks DDL ≥ 1)

Rendah → jika potensi > termanfaatkan (Indeks DDL < 1)

Sumber: Data Primer diolah, 2011.

Potensi kapasitas UPS “RK” mencapai 1,789 m³/hari, sedangkan UPS “RK” termanfaatkan 1,164 m³/hari sehingga indeks DDL UPS “RK” = 0,65 (< 1). Artinya, ketersediaan sarana dan prasarana UPS “RK” masih dibawah kesesuaian dari jumlah sampah organik yang dihasilkan, sehingga indikasi DDL belum terlampaui (*under carrying capacity*). Perumahan CM menghasilkan 5,2 /hari timbulan sampah organik, potensi sampah organik terolah di UPS “ME” adalah 2

/hari. Dari hasil penghitungan, didapat indeks DDL UPS “ME” = **0,63 untuk timbulan** dan **0,31 untuk mesin** (mesin pencacah yang dimiliki UPS “ME” berkapasitas 4 /hari, tapi hanya digunakan 1,25 m³). Artinya UPS “ME” memiliki DDL **rendah** karena ketersediaan sarana dan prasarana UPS masih dibawah kesesuaian dari jumlah sampah organic.

Indikator lain, menentukan DDL UPS juga dilakukan dengan pendekatan SNI (Badan Standardisasi Nasional, 2008), diperoleh Vbk (volume 1 cetakan bahan kompos) UPS “RK” 1m³ sedangkan jumlah sampah organik terolah 1,164 m³ sehingga diperoleh luasan standar bangunan 174,6 m² (saat ini 240 m²), sehingga disimpulkan UPS “RK” memiliki DDL **cukup tinggi (belum terlampaui)** dari sisi kesesuaian dan ketersediaan lahan bangunan karena luas standar bangunan > luas bangunan yang ada saat ini. Sedangkan di perumahan CM, Vbk pada UPS “ME” 0,96 m³ sedangkan jumlah sampah organik yang terolah 2m³ sehingga diperoleh luasan standar bangunan 312,5 m² (saat ini hanya 75m²), artinya bahwa UPS “ME” memiliki DDL **cukup rendah (sudah terlampaui)** dari sisi kesesuaian dan ketersediaan lahan bangunan karena luas standar bangunan < luas bangunan yang ada saat ini.

Analisis Biaya Transaksi dan Kelembagaan Pengelolaan Sampah

Transaction cost, diadopsi dari konsep Pomeroy, *et al.* (1998), pada pengelolaan sampah di GM dan CM ditentukan oleh banyaknya timbulan sampah terangkut dan besarnya tips yang dikeluarkan masing-masing pengelola UPS, semakin banyak sampah terangkut ke TPA maka biaya transaksi semakin besar.

Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah timbulan sampah di GM 3,429m³. Jika *without waste management*, maka timbulan sampah diangkut *dump truck (container)* berkapasitas 4 m³, dilakukan 1 hari sekali atau 30 trip/bulan. Biaya transaksi yang dikeluarkan di GM Rp 30 juta/tahun, sehingga diperoleh biaya transaksi Rp 83.333,-/trips. Bila *with waste management* timbulan sampah 2,743 m³/hari, maka sisa sampah yang tidak terolah dan terangkut *dump truck* 0,686 m³/hari atau dengan frekuensi pengangkutan 5 hari sekali atau 6 trips/bulan. Jika biaya Rp 83.333,-/trips maka biaya Rp 6 juta/tahun. Adanya pengolahan sampah

organik menjadi kompos memiliki manfaat ekonomi dengan terjadinya penurunan biaya transaksi Rp 24 juta/tahun.

Tabel 4. Biaya transaksi perumahan GRYA Melati di Kota Bogor sebelum (*without*) dan saat (*With*) pengolahan sampah.

Keterangan	Biaya Transaksi Masing-Masing UPS			
	UPS "RK" GRYA Melati		UPS "ME" Cipinang Muara	
	<i>Without</i>	<i>With</i>	<i>Without</i>	<i>With</i>
Timbulan Sampah (m ³ /hari)	3,429	3,429	13,5	13,5
Kapasitas <i>Dump Truck</i> (m ³)	4	4	12	12
Pengolahan Kompos (m ³ /hari)	-	2,743	-	4,28
Sampah Tidak Terolah (m ³ /hari)	3,429	0,686	13,5	9,22
Pengangkutan Sampah ke TPA (hari per kali angkut)	1	5	1	1,5
Pengangkutan/bulan (<i>trips</i>)	30	6	27	20
Biaya per bulan (Rp)	2,5 juta	500 ribu	360.000	266.667
Biaya per tahun (Rp)	30 juta	6 juta	4,8 juta	3,2 juta
Biaya transaksi /trips (Rp)	83.333	83.333	13.333	13.333

Sumber: Diolah dari data primer (2011).

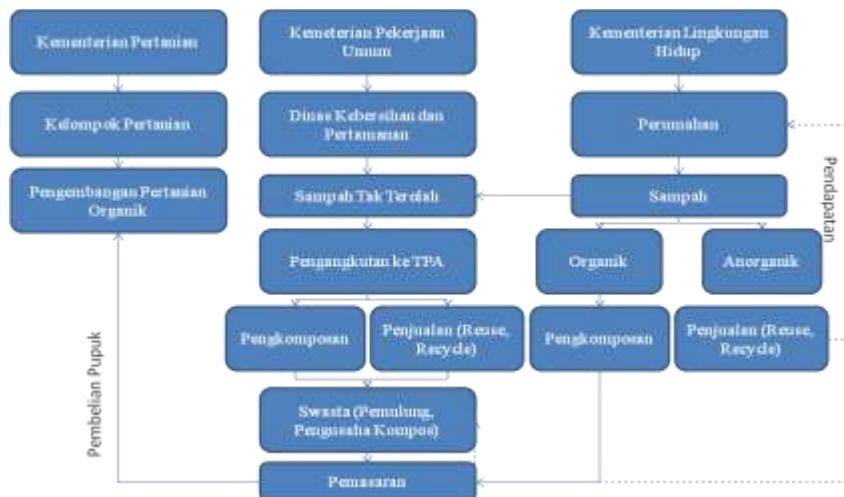
Di Perumahan CM, timbulan sampah di UPS "ME" 13,5 m³/hari, pengangkutan sampah *without waste management* sehari sekali dengan menggunakan *dump truck* 12 m³, biaya yang dikeluarkan Rp 4,8 juta/tahun (untuk 30 trips/bulan), sehingga biaya transaksi sampah Rp. 13.333,-/trip. Penghitungan biaya transaksi *with waste management* didapatkan bahwa timbulan sampah 13,5 m³/hari, dapat terolah 4,28 m³/hari, sisa sampah 9,22 m³/hari diangkut ke TPST dengan menggunakan *dump trucks* dan dilakukan 20 trips/bulan, sehingga didapatkan biaya transaksi sebesar Rp 3,2 juta/tahun. Penurunan biaya transaksi *without waste management* dengan *with waste management* Rp 1,6 juta/tahun.

Analisis Model Kelembagaan Pengelolaan Sampah

Pembentukan model ini tidak dimaksudkan untuk men-zero-kan iuran retribusi yang selama ini dibayarkan warga perumahan karena bertentangan dengan konsep *polluter pay principle*. Oleh karena itu, model pengolahan sampah ini dibangun mulai lokal hingga nasional.

Di tingkat lokal, kelembagaan yang dibangun dalam pengelolaan sampah komunal dengan melibatkan kelompok tani yang berorientasi pada pupuk

organic/kompos dalam proses budidayanya, sehingga kelompok tani merupakan pasar potensial bagi kompos yang dihasilkan UPS “RK” dan UPS “ME”.



Gambar 4. Kerjasama antar sektor dalam pengelolaan sampah perumahan.



Gambar 5. Kerjasama perumahan dan kelompok tani dan manfaat seseorang.

Analisis Kelayakan Finansial

UPS “RK” layak secara financial, dilihat dari besarnya NPV (umur proyek 20 tahun) = Rp 22.044.142,4; BCR = 1,13 dan nilai IRR tidak diperoleh, karena adanya bantuan investasi berupa mesin penyaring dan motor beroda tiga untuk mengangkut sampah ke TPS. Namun, jika tidak ada bantuan maka UPS tersebut tidak layak, terlihat dari NPV (Rp 36.887.864,37) dan nilai BCR= 0,81. Bila tidak

ada bantuan kas warga maka UPS "RK" semakin tidak layak diusahakan karena nilai NPV (Rp 143.282.531,2) dan BCR = 0,13 (<1).

Sedangkan, UPS "ME" secara finansial layak, dilihat dari NPV (umur proyek 20 tahun) = Rp 100.433.565,4; BCR = 1,42 dan nilai IRR tidak diperoleh karena ada bantuan mesin pencacah dan mesin pengayak, dana PPMK dan subsidi listrik dari RW. Bila UPS tidak mendapat bantuan dana PPMK dan subsidi listrik dari RW serta asumsi membeli mesin sendiri, maka UPS "ME" ini masih layak dilihat dari NPV = Rp 712.836,43; IRR = 12,28% dan BCR = 1,01, dengan *payback period* 19 tahun 1 bulan. Apabila UPS "ME" tidak memperoleh bantuan apapun, maka NPV = (Rp 179.987.943,7) dengan BCR = 0,31 maka UPS "ME" ini dinyatakan tidak layak.

Analisis kelayakan finansial bagi UPS "RK" pada keadaan sampah organik terolah 65,74% dan di UPS "ME" 38,46% adalah layak jika ada bantuan dan iuran retribusi sampah, sebaliknya tidak layak jika tidak ada bantuan atau iuran retribusi. Analisis sensitivitas dilakukan pada kondisi jika pengolahan sampah optimal (100%) pada masing-masing UPS, maka hasil analisis menunjukkan tetap layak jika bantuan dan iuran retribusi sampah tetap ada.

KESIMPULAN

Biaya internalitas sampah di GM Rp 10 juta/tahun dan Rp 61.686.667/tahun di CM. Nilai ekonomi manfaat total di GM Rp 60,63 juta/tahun dan di CM Rp 278,614 juta/tahun; Penghitungan DDL dari pendekatan KLH, baik UPS "RK" maupun UPS "ME" **relatif rendah** dan dari pendekatan SNI DDL UPS "RK" **cukup tinggi** dan UPS "ME" memiliki DDL **cukup rendah**; *Transaction cost* di GM diukur dengan selisih *with and without waste management* Rp 24 juta/tahun, sedangkan selisih *with and without waste management* di CM Rp 1,6 juta/tahun. Model kelembagaan pengelolaan sampah komunal dibangun dengan melibatkan kelompok tani; Analisis kelayakan finansial bagi UPS "RK" dan UPS "ME" adalah layak jika ada bantuan, sebaliknya tidak layak jika tidak ada bantuan dan iuran retribusi.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. 2008. Pengelolaan Sampah di Permukiman. SNI 3242:2008. Jakarta.

Khana et.al (1993) dalam Konsep Awal Naskah Akademis RPP tentang Tata Cara Penetapan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup. Deputi Bidang Tata Lingkungan KLH. 2010. Jakarta.

Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. Panduan Daya Dukung Lingkungan Hidup. Jakarta

Putri, EIK dan Rizal Bahtiar. 2010. Manfaat Tangible dan Intangible Pengolahan Sampah Komunal (Studi Kasus Hunian Bogor dan Jakarta). Jurnal Ekonomi Lingkungan Vol. 14/No.1/2010 ISSN: 0853 - 7194 9 770853 719404. Pencetakan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) didukung *Danida Environmental Sector Program 2*.

Pomeroy, *et al*. 1998. “*Transaction Cost and Fisheries Co-Management*”.

ANALISIS TRANSMISI HARGA DALAM SUPPLY CHAIN BERAS INDONESIA

(Price Transmit Analysis in Indonesian's Rice Supply Chain)

Harmini, Rita Nurmala, Ratna Winandi, Tintin Sarianti

Dep. Agribisnis, Fakultas Ekonomi Manajemen, IPB

ABSTRAK

Harga beras terbentuk dari rangkaian proses tataniaga dari produsen hingga konsumen akhir di dalam sistem pemasaran beras. Hal ini menjadikan aspek pemasaran beras sebagai kegiatan yang penting dalam pembangunan pertanian. Untuk mencapai sistem pemasaran beras yang efisien dibutuhkan informasi pasar beras yang memadai dan baik. Penelitian bertujuan menealah pemasaran beras, transmisi harga beras vertikal dan spasial internasional, menggunakan data primer sebanyak 34 responden petani padi Kabupaten Karawang dan 12 pedagang beras serta data sekunder. Metode analisis meliputi: (1) lembaga, saluran, margin, farmer's share, rasio keuntungan biaya pemasaran dan struktur pasar, (2) regresi berganda model Ravalion, (3) model VAR/VEC. Pelaku-pelaku yang terlibat dalam pemasaran beras adalah petani padi yang menjual seluruh hasil panennya ke penggilingan padi, penggilingan padi yang menjual beras ke pedagang grosir di kecamatan dan di pasar Cipinang, dan selanjutnya disalurkan pada para pedagang pengecer di daerah Jabodetabek. Marjin pemasaran terbesar diterima oleh penggilingan. *Farmer's share* terbesar pada saluran dari petani ke pedagang grosir kecamatan ke pengecer pasar Kabupaten Karawang. Rasio keuntungan dan biaya pemasaran terbesar pada saluran dari petani ke penggilingan ke pasar grosir Cipinang ke pasar pengecer Jabodetabek. Struktur pasar petani mendekati persaingan sempurna, sedangkan pelaku lainnya menghadapi oligopoli dan oligopsoni. Petani memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Cipinang dan tidak memiliki integrasi dengan penggilingan dan pasar Karawang. Penggilingan memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Karawang tetapi memiliki integrasi yang kuat dengan pasar Cipinang. Pasar Karawang memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Cipinang. Elastisitas transmisi harga beras tertinggi terjadi antara penggilingan dengan Pasar Cipinang. Terdapat integrasi jangka panjang antara harga beras di Indonesia, Thailand, dan Vietnam. Harga beras Thailand secara signifikan menjadi barometer bagi harga beras Indonesia dan Vietnam.

Kata kunci: Beras, pemasaran beras, transmisi harga beras, model VAR/VEC.

ABSTRACT

The rice price has formed from marketing processes from producer to final customer in rice marketing system. The condition, can make rice marketing aspect as imfortance activity in agriculture development. To achieve efficient rice marketing system, needed good rice market information. The destinations of research are identifying rice marketing, vertical and international spatial of rice price transmit, uses sum of primer data (paddy farmer in Karawang, and rice traders) and secunder data. Analysis method consist of (1) organization, market flow, margin, farmer's share, benefit marketing cost ratio and market structure, (2) Model Ravalion multiple regression, (3) VAR/VEC model. The actors to involved in rice marketing are paddy farmer who selling all of harvest result to paddy's huller who selling rice to wholesaler in district and Cipinang market, and finally flowed to retailer in Jabodetabek. The biggest market margin has excepted by huller. The biggest farmer's share is from farmer to district trader to retailer in Karawang flow's. The biggest benefit market cost ratio is from farmer to huller to Cipinang market to

Jabodetabek's retailer flow's. Farmer's market structure closed to perfect market completion, but the other actors have oligopoly and oligopsony market structure. The farmer has weekly integration with Cipinang market, huller and Karawang market. The huller has weekly integration with Karawang market, but it has strongly integration with Cipinang market. The Karawang market has weekly integration with Cipinang market. The highest elasticity of rice price transmit happened between huller and Cipinang market. There is long term integration between rice price in Indonesia, Thailand and Vietnam. Significantly, Thailand's rice price has become barometer for Indonesian's and Vietnam's rice price.

Keywords: Rice, marketing of rice, transmit of rice price, VAR/VEC model.

PENDAHULUAN

Beras di Indonesia diposisikan sebagai komoditas strategis, baik dari sisi ekonomis maupun sosial politis, karena (1) beras merupakan bahan pangan pokok bagi 95% penduduk Indonesia, (2) menyediakan kesempatan kerja dan sumber pendapatan bagi sekitar 21 juta rumah tangga tani, (3) sekitar 30% dari total pengeluaran rumah tangga miskin dialokasikan untuk beras (Suryana, 2003). Disamping itu, data BPS menunjukkan bahwa garis kemiskinan yang bersumber dari makanan, terutama beras, jauh lebih besar pengaruhnya apabila dibandingkan dari bukan makanan. Pada bulan Maret 2011, sumbangan pengeluaran beras terhadap garis kemiskinan sebesar 32.81 persen di pedesaan dan 25.45 persen di perkotaan (Harianto, 2011).

Berbagai kebijakan perberasan diupayakan oleh pemerintah agar ketahanan pangan dapat tercapai sesuai yang diamanatkan dalam UU no. 7 tahun 1996 tentang Pangan. Ketahanan pangan meliputi ketersediaan pangan dalam jumlah cukup, dengan mutu dan gizi yang seimbang, aman dikonsumsi serta dapat dijangkau masyarakat. Secara umum kebijakan perberasan Indonesia ditujukan agar pasokan beras berjalan stabil dengan harga di pasar cukup baik bagi pendapatan produsen dan sekaligus tidak terlalu memberatkan bagi konsumen (Pusdatin Kementan, 2010). Ke depan fluktuasi harga beras nasional diduga juga akan dipengaruhi oleh perilaku permintaan dan penawaran di pasar beras internasional hal tersebut implikasi logis dari fakta bahwa Indonesia juga terlibat dalam perjanjian ASEAN China FTA (ACFTA) dan telah menyepakati program penurunan tarif produk dalam kelompok *highly sensitive* menjadi 0-5% dan hambatan nontarif akan dihapus. Beras adalah salah satu produk yang akan

diliberalisasi penuh, paling lambat pada tahun 2018. Oleh karena itu, dalam beberapa tahun mendatang produsen padi dan beras Indonesia akan langsung menghadapi persaingan dengan Vietnam, Thailand, China, Kamboja, dan Laos (Soesastro 2005 dalam Sawit 2011).

Harga beras terbentuk dari rangkaian proses tataniaga dari produsen hingga konsumen akhir di dalam sistem pemasaran beras. Hal ini menjadikan aspek pemasaran beras sebagai kegiatan yang penting dalam pembangunan pertanian. Untuk mencapai sistem pemasaran beras yang efisien dibutuhkan informasi pasar beras yang memadai dan baik. Informasi pasar beras dikatakan baik jika pasar di wilayah produksi terintegrasi cukup kuat dengan wilayah konsumsi. Pasar produksi dan konsumsi yang terintegrasi cukup kuat mengakibatkan perubahan harga di pasar konsumen dapat segera diketahui oleh pasar produsen. Harga beras yang stabil akan memberikan kepastian bagi masyarakat atau konsumen dalam memenuhi kebutuhan hidupnya dan akan melindungi produsen beras dari ketidakpastian pendapatan usahatani.

Perumusan masalah

Berdasarkan atas uraian di atas menjadi penting untuk kemudian ditelaah: *Pertama* bagaimana sesungguhkan sistem pemasaran beras Indonesia apakah sistem pemasaran beras tersebut menguntungkan bagi petani dan semua pihak yang terlibat dalam sistem pemasaran beras. *Kedua* bagaimana sesungguhkan keragaan transmisi harga beras yang terjadi dari pasar acuan (pasar beras konsumen) ke pasar lokal (petani padi) atau dengan kata lain apakah *signal* harga beras di pasar konsumen dapat direspon dengan baik oleh petani. Semakin tinggi kemampuan petani merespon signal harga di pasar acuan akan semakin memampukan petani dalam mengalokasikan sumberdayanya guna mengurangi resiko kerugian akibat ketidakpastian harga. *Ketiga* bagaimana sesungguhkan transmisi harga beras internasional.

Penelitian bertujuan untuk: 1) Menganalisis sistem pemasaran beras di sentra produksi beras Indonesia; 2) Menganalisis transmisi harga beras secara vertikal dari pasar konsumen ke pasar produsen; dan 3) Menganalisis transmisi harga beras internasional.

METODE PENELITIAN

Jenis dan sumber data

Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga November 2011, dengan mengambil kasus Desa Lemah Dhuhur Kecamatan Tempuran Kabupaten Karawang Jawa Barat. Untuk analisis pemasaran beras dan transmisi harga beras vertikal dari sentra produksi beras hingga ke konsumen akhir digunakan data primer, dengan cara menelusuri pergerakan komoditas beras dari mulai produsen/petani padi di daerah Karawang hingga konsumen akhir, dengan menggunakan responden petani padi sebanyak 34 orang dan 12 pedagang beras. Untuk analisis transmisi harga beras spasial pasar Internasional digunakan data sekunder harga beras bulanan dari Januari 2006 hingga Desember 2010 yang bersumber dari Perum Bulog (2011) untuk tiga Negara ASEAN, yakni Indonesia, Thailand, dan Vietnam.

Metode analisis data

Metode analisis data pada penelitian ini meliputi:

1) Analisis sistem pemasaran beras

Yang terdiri dari analisis saluran dan lembaga pemasaran, margin pemasaran, *farmer's share*, Analisis rasio keuntungan biaya pemasaran dan analisis struktur pasar.

2) Analisis transmisi harga vertikal

Dengan pendekatan analisis berganda sebagaimana yang dikembangkan oleh Ravallion (1986), yang diformulasikan sebagai,

dimana, y_{it} = harga beras di pasar lokal i pada waktu t, y_t = harga beras di pasar acuan pada waktu ke-t (pasar yang mempengaruhi pasar lokal i), dalam penelitian ini karena keterbatasan data maka tidak memasukkan variabel-variabel yang relevan mempengaruhi ϵ_{it} , ϵ_t = *error term* dan t menunjukkan waktu ke-t.

Dari persamaan tersebut kemudian dapat dihitung indeks keterkaitan pasar (IKP) yang didefinisikan sebagai $\frac{y_t}{y_{it}}$. Suatu pasar acuan dengan pasar

lokal dikatakan terpadu sempurna dalam jangka pendek apabila diperoleh nilai IKP = 0. Apabila IKP<1 maka dapat disimpulkan pasar rujukan ada hubungan yang kuat, sebaliknya apabila IKP>1 maka, pasar rujukan tidak ada koneksi dengan pasar lokal. Pasar acuan dengan pasar lokal dikatakan terpadu dalam jangka panjang apabila diperoleh $b_2 = 1$.

Elastisitas transmisi harga digunakan untuk mengukur respon harga beras di tingkat petani produsen sebagai akibat adanya perubahan harga di tingkat konsumen, yang diformulasikan sebagai, $\frac{\Delta P_f}{P_f} = \eta$, dimana, ΔP_f = perubahan harga beras di pasar lokal, P_f = harga beras di pasar lokal, η = perubahan harga beras di tingkat acuan, P_r = harga beras di pasar acuan. Nilai ET = 1 artinya perubahan harga beras di pasar acuan akan direspon dalam proporsi yang sama oleh pasar lokal, (2) ET > 1 artinya perubahan harga beras di pasar acuan akan direspon dalam proporsi lebih besar di pasar lokal, (3) ET < 1 artinya artinya perubahan harga beras di pasar acuan akan direspon dalam proporsi lebih kecil di pasar lokal. Elastisitas transmisi harga umumnya bernilai lebih kecil satu. Apabila nilai ET suatu pasar lebih tinggi dari pasar yang lain, berarti pasar tersebut lebih efisiensi karena perubahan harga di pasar acuan (konsumen) ditransmisikan dengan lebih sempurna ke pasar lokal (produsen).

3) Analisis transmisi harga beras internasional

Dengan pendekatan model VAR/VEC (*Vector Autoregressive/ Vector Error Correction*). Pengolahan data menggunakan program *Eviews 7*.

Pembentukan model VAR meliputi lima langkah berikut: *Pertama* identifikasi stasioneritas data deret waktu, untuk itu digunakan *Uji Augmented Dickey Fuller* (Uji ADF), apabila dari Uji ADF data deret waktu stasioner maka digunakan *Model VAR in Level (Unrestricted VAR)*; *Kedua* apabila dari Uji ADF data deret waktu tidak stasioner maka dilakukan proses *differencing* hingga stasioner dan kemudian dilakukan *Uji Kointegrasi Johansen*; *Ketiga* apabila dari Uji Johansen disimpulkan tidak ada kointegrasi maka digunakan *Model VAR in Difference (Structural VAR)*; *Keempat* apabila dari Uji Johansen terdapat

kointegrasi maka digunakan *Model VEC (Vector Error Correction)* (Enders, 1995 dan Gujarati, 2003).

(a) Uji ADF

Data deret waktu dikatakan stasioner apabila data tersebut memiliki rata-rata, varian dan kovarian pada setiap lag bernilai konstan sepanjang waktu. Uji ADF melalui formulai , dimana,

= ; t adalah periode waktu waktu, merupakan koefisien model, sedangkan ε_t adalah galat model. Hipotesis statistik dinyatakan dalam H_0 : (data deret waktu x_t bersifat tidak stasioner). Pengujian melalui statistik uji , dimana adalah nilai dugaan dan adalah simpangan baku dari .

. Apabila nilai kritis dalam tabel Dickey Fuller, maka disimpulkan tolak H_0 yang berarti data deret waktu bersifat stasioner.

(b) Uji Kointegrasi Johansen

Data yang tidak stasioner selanjutnya distasionerkan melalui proses pendiferensian, yang dapat dilakukan beberapa kali (d kali) hingga diperoleh pola data yang stasioner. Untuk selanjutnya dilakukan *Uji Kointegrasi Johansen*, untuk melihat apakah terdapat hubungan jangka panjang antara variabel-variabel yang digunakan dalam Model VAR (Enders, 1995). Hipotesis statistik yang diuji adalah: H_0 : ; H_1 : . Statistik uji dinyatakan , dimana, T adalah jumlah observasi; adalah akar ciri ke-i yang diperoleh dari matriks Nilai akar ciri berurut dari terbesar hingga terkecil ($\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 >$). Jika maka terima H_0 yang artinya terjadi kointegrasi pada rank r. Dari Uji Kointegrasi Johansen, jika diperoleh rank kointegrasi sama dengan nol, maka model yang digunakan adalah *Model VAR Differencing lag p*. Namun jika diperoleh rank kointegrasi lebih besar dari nol, maka model yang digunakan adalah model *VEC lag p rank r*.

(c) Penentuan lag p dalam Model VAR

Panjang selang variabel yang optimal di dalam Model VAR perlu ditentukan untuk menangkap pengaruh dari setiap variabel terhadap variabel yang lain di dalam sistem VAR. Untuk itu dapat dilakukan dengan melakukan pendugaan parameter model VAR pada setiap lag p yang mungkin. Nilai p yang optimal ditentukan berdasarkan nilai *Akaike Information Criteria* (AIC) minimum, yakni model VAR yang dipilih adalah ordo p yang menghasilkan AIC terkecil. Nilai AIC diformulasikan sebagai, $AIC = T \log|\Sigma| + 2N$, dimana, T adalah jumlah observasi, $|\Sigma|$ adalah nilai determinan dari matriks ragam peragam galat dan N adalah jumlah parameter yang diduga.

(d) Model VAR/VEC

Model VAR dengan ordo p dan n buah variabel pada periode ke-t diformulasikan sebagai (Enders, 1995),

$$y_t = A_0 + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + \varepsilon_t, \text{ dimana } y_t = \text{vektor harga beras di pasar ke-i waktu}$$

ke-t = [y_{1t}, y_{2t}, ..., y_{nt}]; =vektor intersep berukuran nx1; =matriks parameter berukuran nxn untuk setiap i=1, 2, ..., p; ε_t =vektor sisaan (ε_{1t} , ε_{2t} , ..., ε_{nt}) berukuran nx1; n=banyaknya pasar yang dianalisis, untuk pasar internasional n = 3 (Thailand, Vietnam dan Indonesia).

Apabila data nonstasioner terdapat kointegrasi pada rank r, maka untuk mengatasi masalah *spurious regression* digunakan model model VEC *lag p* dengan *rank* kointegrasi r, yang diformulasikan sebagai berikut (Enders, 1995):

, dimana, , β adalah matriks kointegrasi dengan ukuran nxr, α adalah matriks *adjustment* (penyesuaian) dengan ukuran nxr dan .

HASIL DAN PEMBAHASAN

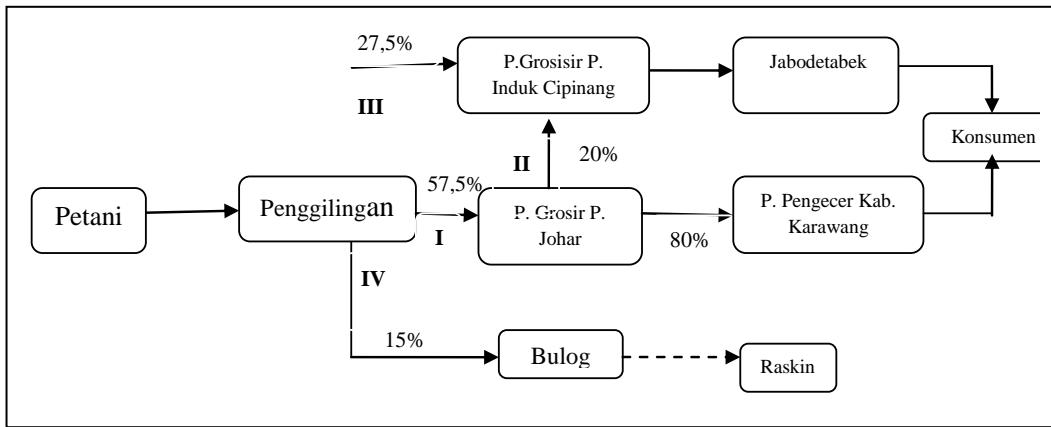
Kegiatan usahatani akan berjalan dengan baik jika didukung dengan sistem pemasaran yang baik.

1) Saluran Pemasaran

Secara ringkas saluran pemasaran beras desa Lemah Dhuhur Kecamatan Tempuran Kabupaten Karawang tersaji pada Gambar 1.

2) Lembaga Pemasaran yang Terlibat

Lembaga pemasaran beras yang terlibat meliputi petani, penggilingan, pedagang grosir Kecamatan, pedagang grosir Pasar Cipinang, Bulog Subdivre Karawang, pedagang pengecer Kabupaten Karawang dan Jabodetabek. Fung-fungsi pemasaran yang dijalankan oleh masing-masing lembaga adalah sebagai berikut: (a) Petani umumnya hanya menjual hasil panen dalam bentuk gabah Kering Panen (GKP); (b) Penggilingan melakukan seluruh fungsi pemasaran yang meliputi fungsi pertukaran berupa pembelian dan penjualan, fungsi fisik berupa pengangkutan, pengolahan (penjemuran dan penggilingan), pengemasan dan penyimpanan serta fungsi fasilitas berupa standardisasi, penanggungan risiko, permodalan dan informasi pasar; (c) Pedagang grosir kecamatan (Pasar Johar) hanya melakukan fungsi fisik berupa pengangkutan dan penyimpanan serta fungsi fasilitas berupa fungsi permodalan dan fungsi informasi pasar; (d) Pedagang grosir Pasar Cipinang melakukan fungsi pembelian, fungsi penjualan, fungsi pengangkutan, fungsi penanggungan risiko, fungsi permodalan dan fungsi informasi pasar; (e) Bulog Subdivre Karawang melakukan fungsi pertukaran berupa penjualan dan pembelian, fungsi fisik berupa pengolahan, pengangkutan, pengemasan dan penyimpanan serta fungsi fasilitas berupa fungsi standardisasi, fungsi penanggungan risiko, fungsi permodalan dan fungsi informasi; (f) Pedagang pengecer di Kabupaten Karawang dan di Jabodetabek melakukan fungsi pemasaran yang sama, yakni fungsi pertukaran berupa fungsi pembelian dan fungsi penjualan, fungsi fisik berupa fungsi pengangkutan dan fungsi pengemasan, serta fungsi fasilitas berupa penanggungan risiko dan fungsi permodalan.



Gambar 1. Saluran pemasaran beras Desa Lemah Dhuhur Kecamatan Tempuran Kabupaten Karawang.

3) Margin Pemasaran

Margin pemasaran digunakan untuk mendeskripsikan kinerja sistem pemasaran beras di Kabupaten Karawang. Margin pemasaran merupakan penjumlahan biaya pemasaran serta keuntungan yang didapat oleh setiap lembaga pemasaran dalam sistem pemasaran beras. Total margin pemasaran beras di Kabupaten Karawang antar saluran pemasaran tidak terdapat perbedaan signifikan (kecuali bulog, karena tidak diperoleh data bulog). Margin pemasaran terbesar diterima oleh penggilingan. Hal ini sejalan dengan fungsi-fungsi pemasaran yang dijalankan oleh penggilingan.

4) Farmer's Share

Farmer's share terbesar pada saluran I (66,03 %). Sedangkan *farmer's share* pada saluran II dan saluran III memiliki nilai yang sama (61 %).

5) Rasio Keuntungan dan Biaya

Rasio keuntungan dan biaya pemasaran pada saluran I sebesar 0,55, pada saluran II sebesar 0,65 dan pada saluran III memiliki nilai terbesar yaitu 1,02. Rasio keuntungan dan biaya terbesar pada setiap saluran diterima oleh pedagang pengecer. Pedagang pengecer di Kabupaten Karawang pada saluran I menerima rasio keuntungan dan biaya sebesar 1,80 dan pedagang pengecer di Jabodetabek pada saluran II dan III menerima rasio keuntungan dan biaya sama besar yaitu 1,99. Sedangkan lembaga pemasaran yang menerima rasio keuntungan dan biaya terkecil pada setiap saluran adalah penggilingan. Penggilingan menerima rasio

keuntungan dan biaya sebesar 0,33 pada saluran I dan saluran II serta menerima rasio keuntungan dan biaya sebesar 0,71 pada saluran III.

6) Struktur Pasar

Struktur pasar yang dihadapi oleh: (a) petani padi cenderung mendekati pasar persaingan sempurna; (b) penggilingan menghadapi pasar persaingan sempurna untuk mendapatkan gabah dan untuk memasok beras penggilingan menghadapi pasar oligopsoni; (c) pedagang grosir Kecamatan (Pasar Johar) menghadapi pasar oligopoli dan oligopsoni; (d) pedagang grosir di Pasar Cipinang menghadapi pasar oligopoli dan oligopsoni; (e) Bulog cenderung menghadapi pasar persaingan sempurna dalam hal pengadaan beras, namun pengadaan beras bagi Bulog tidak terlalu menjadi masalah karena telah terjalin kerja sama dengan penggilingan mitra; (f) pedagang pengecer di Kabupaten Karawang dan di Jabodetabek cenderung bersaing sempurna.

7) Transmisi Harga Beras Vertikal

Pada tabel 1 disajikan ringkasan hasil pengolahan tingkat keterpaduan pasar. Transmisi harga beras dalam jangka pendek, petani memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Cipinang dan tidak memiliki integrasi dengan penggilingan dan pasar Karawang. Penggilingan memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Karawang tetapi memiliki integrasi yang kuat dengan pasar Cipinang. Pasar Karawang memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Cipinang.

Tabel 1. Indeks kointegrasi pasar beras karawang, pasar beras cipinang, penggilingan dan petani padi Desa Lemah Dhuhur Kecamatan Tempuran Kabupaten Karawang serta elastisitasnya.

Pasar Lokal	Pasar Acuan	Indeks Keterpaduan Pasar (IKP)		Elastisitas
		Short Run	Long Run (β_2)	
Petani Desa	Penggilingan	19,1	0,2	0,63
Lemah dhuhur	Pasar Karawang	20,3	0,39	0,84
	Pasar Cipinang	3,49	0,54	1,22
Penggilingan	Pasar Karawang	3,58	0,91	1,15
	Pasar Cipinang	0,48	0,57	1,66
Pasar Karawang	Pasar Cipinang	-15,45	0,69	1,05

Transmisi harga beras vertikal pada jangka panjang, Petani memiliki integrasi yang lemah dengan penggilingan, pasar Karawang, dan Pasar Cipinang. Penggilingan memiliki integrasi yang kuat dengan pasar Karawang namun memiliki integrasi yang lemah dengan Pasar Cipinang. Pasar Karawang memiliki integrasi yang lemah dengan Pasar Cipinang.

8) Transmisi Harga Beras Internasional

Hasil identifikasi model transmisi harga beras internasional (Thailand, Vietnam dan Indonesia) ternyata model yang cocok adalah VEC *lag 6 rank 1*. Berdasarkan hasil estimasi dengan *Eviews 7* (Lampiran) dapat disimpulkan bahwa terdapat integrasi jangka panjang antara harga beras di Indonesia, Thailand, dan Vietnam. Harga beras Thailand secara signifikan menjadi barometer bagi harga beras Indonesia dan Vietnam pada tarafnya 5 persen. Sebaliknya harga beras di Thailand secara signifikan dipengaruhi oleh harga beras di Indonesia dan Vietnam.

KESIMPULAN

Berdasarkan atas uraian pada hasil dan pembahasan maka dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Sisa dari total hasil panen petani responden seluruhnya diserap oleh penggilingan (100%). Dari penggilingan sebanyak 57,5 persen disalurkan melalui pedagang grosir Kecamatan (Pasar Johar), sebanyak 27,5 persen disalurkan ke pedagang grosir di Pasar Cipinang dan 15 persen disalurkan ke Bulog Subdivre Karawang. Beras dari pedagang grosir Kecamatan kemudian dipasarkan ke pedagang pengecer di wilayah Kabupaten Karawang sebanyak 80 persen dan sisanya dipasarkan ke pedagang Pasar Cipinang. Beras yang masuk ke pedagang grosir di Pasar Cipinang selanjutnya dipasarkan ke pedagang pengecer yang berada di Jabodetabek. Pedagang pengecer akan menyalurkan beras ke tangan konsumen.
- 2) Lembaga pemasaran beras yang terlibat meliputi petani, penggilingan, pedagang grosir Kecamatan, pedagang grosir Pasar Cipinang, Bulog Subdivre Karawang, pedagang pengecer Kabupaten Karawang dan Jabodetabek.

- 3) Total marjin pemasaran beras di Kabupaten Karawang antar saluran pemasaran tidak terdapat perbedaan signifikan. Marjin pemasaran terbesar diterima oleh penggilingan.
- 4) *Farmer's share* terbesar pada saluran I (66,03 %). Sedangkan *farmer's share* pada saluran II dan saluran III memiliki nilai yang sama (61 %).
- 5) Rasio keuntungan dan biaya pemasaran pada saluran I sebesar 0,55, pada saluran II sebesar 0,65 dan pada saluran III memiliki nilai terbesar yaitu 1,02. Rasio keuntungan dan biaya terbesar pada setiap saluran diterima oleh pedagang pengecer. Pedagang pengecer di Kabupaten Karawang pada saluran I menerima rasio keuntungan dan biaya sebesar 1,80 dan pedagang pengecer di Jabodetabek pada saluran II dan III menerima rasio keuntungan dan biaya sama besar yaitu 1,99. Sedangkan lembaga pemasaran yang menerima rasio keuntungan dan biaya terkecil pada setiap saluran adalah penggilingan. Penggilingan menerima rasio keuntungan dan biaya sebesar 0,33 pada saluran I dan saluran II serta menerima rasio keuntungan dan biaya sebesar 0,71 pada saluran III.
- 6) Struktur pasar yang dihadapi oleh: (a) petani padi cenderung mendekati pasar persaingan sempurna; (b) penggilingan menghadapi pasar persaingan sempurna untuk mendapatkan gabah dan untuk memasok beras penggilingan menghadapi pasar oligopsoni; (c) pedagang grosir Kecamatan (Pasar Johar) menghadapi pasar oligopoli dan oligopsoni; (d) pedagang grosir di Pasar Cipinang menghadapi pasar oligopoli dan oligopsoni; (e) Bulog cenderung menghadapi pasar persaingan sempurna dalam hal pengadaan beras, namun pengadaan beras bagi Bulog tidak terlalu menjadi masalah karena telah terjalin kerja sama dengan penggilingan mitra; (f) pedagang pengecer di Kabupaten Karawang dan di Jabodetabek cenderung bersaing sempurna.
- 7) Berdasarkan analisis transmisi harga vertikal pada jangka pendek Petani memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Cipinang dan tidak memiliki integrasi dengan penggilingan dan pasar Karawang. Penggilingan memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Karawang tetapi memiliki integrasi yang kuat dengan pasar Cipinang. Pasar Karawang memiliki integrasi yang lemah dengan pasar Cipinang.

- 8) Berdasarkan analisis transmisi harga vertikal pada jangka panjang, Petani memiliki integrasi yang lemah dengan penggilingan, pasar Karawang, dan Pasar Cipinang. Penggilingan memiliki integrasi yang kuat dengan paar Karawang namun memiliki integrasi yang lemah dengan Pasar Cipinang. Pasar Karawang memiliki integrasi yang lemah dengan Pasar Cipinang.
- 9) Elastisitas transmisi antara lembaga berkisar antara 0,63 hingga 1,66. Elastisitas transmisi tertinggi terdapat pada hubungan antara penggilingan dengan Pasar Cipinang.
- 10) Analisis transmisi harga internasional menyatakan bahwa terdapat integrasi jangka panjang antara harga beras di Indonesia, Thailand, dan Vietnam. Harga beras Thailand secara signifikan menjadi barometer bagi harga beras Indonesia dan Vietnam pada tarafnya 5 persen. Sebaliknya harga beras di Thailand secara signifikan dipengaruhi oleh harga beras di Indonesia dan Vietnam.

DAFTAR PUSTAKA

- Enders, Walter. 1995. *Applied Econometric Time Series*. John Wiley & Sons, New York.
- Gujarati D. 2003. *Ekonometri Dasar*. Terjemahan : Sumarno Zain. Jakarta: Erlangga.
- Harianto 2011. *Dilema Kemiskinan di Indonesia Menghadapi Gejolak Harga Pangan dan Harga Energi (Suatu Catatan Ringkas)*. Makalah Disampaikan pada Konferensi Nasional PERHEPI yang bertema “Peran Indonesia dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan di Kawasan ASEAN”. IICC-Bogor, 11 – 13 Juli 2011.
- Ravallion, M. 1986. “Testing Market Integration. American”. *Journal of Agricultural Economics* Vol. 68 No. 1.
- Sawit, Mohamad Husein 2011. Reformasi Kebijakan Harga Produsen dan Dampaknya terhadap Daya Saing Beras. Di dalam *Pengembangan Inovasi Pertanian* 4(1), 2011: 1-13.
- Suryana, Achmad 2003. Kapita Selekta: Evolusi Pemikiran Kebijakan Ketahanan Pangan. Yogyakarta, September 2003.

**PENGUATAN TATA KELEMBAGAAN DALAM PENANGANAN
NELAYAN TRADISIONAL DI WILAYAH PERBATASAN
INDONESIA-AUSTRALIA**

(Institutional Strengthening in the Management of Traditional Fisher in the Border
Area of Indonesia-Australia)

Luky Adrianto, Akhmad Solihin, Moch. Prihatna Sobari
Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan (PKSPL), LPPM, IPB

ABSTRAK

Penanganan pemerintah Indonesia terhadap permasalahan nelayan tradisional di wilayah perikanan Australia selama ini kurang optimal dan bersifat parsial, sehingga masyarakat nelayan menilai pemerintah Indonesia tidak peduli. Tujuan penelitian ini adalah (a) mengkaji landasan hukum yang menjadi dasar pemberian *traditional fishing right*; (b) menganalisis permasalahan yang terkait dengan praktik *traditional fishing right* pada nelayan tradisional pelintas batas di wilayah MOU BOX; dan (c) mengembangkan tata kelembagaan dalam penanganan nelayan tradisional di wilayah perbatasan Indonesia – Australia. Analisis hukum mengungkapkan terdapat landasan hukum, yaitu UNCLOS 1982, MoU 1974, MoU 1981, dan MoU 1989. Sementara analisa LFA mengungkapkan bahwa masalah rendahnya pendapatan masyarakat nelayan pelintas batas perlu mendapat perhatian yang serius. Selain itu, ketiadaan modal, GPS; penghancuran kapal, jebakan hutang dan patron-klien, perlu mendapatkan perhatian serius karena hal ini terkait dengan peningkatan perekonomian masyarakat perbatasan. Berdasarkan analisis finansial, usaha penangkapan hiu dan teripang layak dijalankan karena nilai $TR > TC$, $R/C > 0$, $NPV > 0$, Net $B/C > 1$ dan IRR lebih tinggi dari tingkat suku bunga.

Kata kunci: Nelayan tradisional, mou box, hiu, teripang.

ABSTRACT

Indonesian government's handling of the problems of traditional fishermen in the fishery Australia have been less than optimal and partial, so that the fishing community to assess the Indonesian government does not care. The purpose of this study are (a) review the legal basis on which the provision of traditional fishing rights, (b) analyzing the problems related to the practice of traditional fishing rights in traditional fishing areas border crossers in the MOU Box, and (c) develop institutional procedures in the handling of fishing trardisional in Indonesia's border regions - Australia. Legal analysis reveals there is a legal basis, namely UNCLOS 1982, MoU 1974, MoU 1981, and MoU 1989 MoU. While the LFA analysis revealed that the problem of low income fishing communities border crossers should receive serious attention. In addition, lack of capital, GPS; destruction of the ship, the debt trap and patron-client, need to get serious attention because it is associated with an increase in the border community's economy. Based on financial analysis, shark and sea cucumber fishing effort viable because the value of $TR > TC$, $R / C > 0$, the $NPV > 0$, Net $B / C > 1$ and the IRR is higher than interest rates.

Keywords: Traditional fisher, mou box, shark, sea cucumbar.

PENDAHULUAN

Masyarakat nelayan tradisional Indonesia memiliki hak untuk melakukan penangkapan ikan di wilayah perikanan Australia. Hak penangkapan tersebut dikenal dengan istilah hak perikanan tradisional (*traditional fishing right*) sebagaimana yang diperjanjikan oleh Indonesia dan Australia pada tahun 1974. Pengakuan Australia terhadap hak *traditional fishing right* tersebut dikarenakan nelayan tradisional Indonesia telah melakukan penangkapan di sekitar Pulau Ashmore secara turun temurun sejak abad ke-16 (Tribawono, 2002).

Namun demikian, meski telah dilakukan penandatanganan perjanjian yang mengakui hak atas nelayan tradisional Indonesia, dalam pelaksanaannya di lapangan aparat Pemerintah Australia seringkali melakukan tindakan kekerasan terhadap nelayan-nelayan Indonesia. Menurut Stacey (2007), kompleksitas permasalahan nelayan tradisional Indonesia di wilayah perikanan Australia telah berlangsung sejak tahun 1980-an. Tindakan kekerasan tersebut mencuat pada tahun 2005, yaitu pada tragedi “Clean Water Operation” yang dilakukan oleh aparat Pemerintah Australia yang berlangsung tanggal 12-21 April 2005. Pada operasi tersebut telah mengakibatkan meninggalnya nelayan Indonesia yaitu kapten kapal KM Gunung Mas Baru yang bernama Muhammad Heri dalam masa penahanan di Darwin, Australia pada tanggal 28 April 2005.

Penanganan pemerintah Indonesia terhadap permasalahan nelayan tradisional di wilayah perikanan Australia selama ini kurang optimal dan bersifat parsial, sehingga masyarakat nelayan menilai pemerintah Indonesia tidak peduli terhadap nasib mereka. Hal ini dikarenakan, setiap tahunnya nelayan tradisional Indonesia menjadi korban kekerasan aparat pemerintah Australia. Adapun lembaga negara yang selama ini terlibat dalam menangani nelayan tradisional yaitu Kementerian Luar Negeri, TNI Angkatan Laut, dan Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Berdasarkan paparan tersebut diatas, tujuan penelitian ini adalah (a) mengkaji landasan hukum yang menjadi dasar pemberian *traditional fishing right*; (b) menganalisis permasalahan-permasalahan yang terkait dengan praktik-praktik *traditional fishing right* pada nelayan tradisional pelintas batas di wilayah MOU

BOX; dan (c) mengembangkan tata kelembagaan dalam penanganan nelayan tradisional di wilayah perbatasan Indonesia – Australia.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di dua desa yang menjadi basis atau tempat tinggal nelayan pelintas batas di Kabupaten Rotendao, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Adapun desa tersebut, yaitu Desa Oelua dan Desa Oelaba.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui *desk studi* dan *field study* yang menjadi basis ketersediaan data dan informasi yang akan dikumpulkan melalui berbagai tahapan, yaitu: (a) tahapan persiapan survei, meliputi persiapan dasar berupa pengkajian data dan literatur yang berkaitan dengan penanganan nelayan tradisional Indonesia di wilayah MOU BOX pada lokasi kegiatan yang dijadikan uji petik; (b) tahapan survei lapangan, meliputi survei data instansional; survei lapangan, dan observasi kondisi sumberdaya alam; dan wawancara dengan pejabat di lembaga terkait yang selama ini menangani permasalahan nelayan tradisional di wilayah perbatasan Indonesia – Australia.

Pengolahan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan tiga analisis, yaitu: **Pertama**, analisis hukum. Analisis hukum menggunakan pendekatan yuridis normatif yang dilengkapi dengan pendekatan yuridis empiris dan pendekatan historis,. Metode pendekatan yuridis-normatif maksudnya adalah bahwa penelitian ini menekankan pada ilmu hukum dan menitikberatkan pada pengumpulan data sekunder yang merupakan bahan-bahan hukum primer, sekunder dan tersier.

Kedua, analisis kelembagaan. Analisis kelembagaan menggunakan logical framework analysis (LFA), merupakan sebuah metode untuk mencari hubungan sebab-akibat (kausal) pada sebuah permasalahan. Analisis LFA ini memungkinkan para partisipan untuk melakukan identifikasi masalah, mencari akar permasalahan, dan mencari fungsi tujuan dari analisa permasalahan. Analisis

kelembagan juga menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan teknik pengambilan keputusan yang pertama kali dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. AHP pada dasarnya didesain untuk menangkap secara rasional persepsi orang yang berhubungan erat dengan permasalahan tertentu melalui prosedur yang didesain untuk sampai pada suatu kala preferensi diantara berbagai alternatif.

Ketiga, analisis ekonomi. Analisis ekonomi dilakukan untuk menilai keuntungan dan kelayakan investasi yang dikeluarkan pada setiap unit alat tangkap ikan. Analisis ekonomi dilakukan melalui analisis usaha dan analisis kriteria investasi. Alat ukur dalam analisis ekonomi meliputi analisis pendapatan usaha, analisis imbalan penerimaan dan biaya, *payback period*, serta analisis *return on investment* (Djamin Z 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hak Perikanan Tradisional

Rezim negara kepulauan merupakan salah satu rezim baru dalam hukum laut internasional. Hal ini dikarenakan, konsepsi negara kepulauan (*archipelago state*) mendapat pengakuan dalam UNCLOS 1982. UNCLOS 1982 merupakan *a constitution for the ocean* karena mengatur masalah kelautan secara komprehensif, termasuk pengakuan terhadap keberadaan hak perikanan tradisional (*traditional fishing rights*) pada suatu negara kepulauan.

Menurut Pasal 51 ayat (1) UNCLOS 1982, “tanpa mengurangi arti dari Pasal 49, Negara Kepulauan harus menghormati perjanjian yang ada dengan negara lain dan harus mengakui hak perikanan tradisional dan kegiatan yang lain yang sah dengan negara tetangga yang langsung berdampingan dalam daerah tertentu berada dalam perairan kepulauan. Syarat dan ketentuan bagi pelaksanaan hak dan kegiatan demikian, termasuk sifatnya, ruang lingkup dan daerah dimana hak dan kegiatan itu berlaku, atas permintaan salah satu negara yang bersangkutan harus diatur dalam perjanjian bilateral hukum antara mereka. Hal demikian tidak boleh dialihkan atau dibagi dengan negara ketiga atau warga negaranya “.

Berdasarkan Pasal 51 di atas sebagai negara kepulauan yang berbatasan dengan negara lain, setiap negara harus mengakui hak perikanan tradisional suatu negara yang sudah berlangsung lama tanpa mengurangi arti Pasal 49 tentang status hukum perairan kepulauan. Syarat untuk melaksanakan hak perikanan tradisional adalah perundingan dengan negara-negara tetangga yang bersangkutan. Menurut Djalal (1988), *traditional fishing rights* tidak sama artinya dengan *traditional rights to fish*. Hal ini dikarenakan, *traditional rights to fish* diartikan bahwa setiap negara secara tradisional atau hukum berhak menangkapkan ikan di laut bebas (*high seas*) tanpa memperhatikan apakah mereka memang pernah atau tidak melaksanakan hak itu. Sementara *traditional fishing rights* diartikan bahwa hak menangkap ikan tersebut timbul justru karena di dalam praktik mereka telah melakukan penangkapan-penangkapan ikan di perairan-perairan tertentu.



Gambar 1. Peta batas maritim Indonesia–Australia untuk penangkapan ikan di wilayah MoU BoX 1974

Pasal 51 UNCLOS 1982 ditindaklanjuti dengan tiga kesepakatan Indonesia–Australia, yaitu:

1. Perjanjian Indonesia-Australia tahun 1974

Pada Tahun 1974, Pemerintah Indonesia dan Australia telah melakukan panandatanganan perjanjian mengenai *traditional fishing rights* bagi nelayan tradisional Indonesia dalam melakukan penangkapan ikan di wilayah perairan tertentu pada zona perikanan eksklusif dan landas kontinen Australia. Perjanjian

kedua negara yang ditandatangani pada tanggal 7 November 1974 menghasilkan “*Memorandum of Understanding between the Government of Australia and the Government of the Republic of Indonesia Regarding the Operations of Indonesian Traditional Fishermen in Areas of the Australia Exclusive Fishing Zone and Continental Shelf*”. Perjanjian pertama yang dikenal dengan istilah MOU BOX 1974.

2. Perjanjian Indonesia-Australia tahun 1981

Perjanjian tahun 1981 ini dilatarbelakangi oleh berbagai perkembangan hukum. Di tingkatan internasional, perkembangan hukum terlihat dengan dikeluarkannya Resolusi 2750 C (XXV), 17 Desember 1970 mengenai pemberian mandat kepada Panitia Persiapan Konferensi Hukum Laut III dengan nama *United Sea-Bed Committe* oleh Majelis Umum PBB. Sedangkan di tingkatan naional, baik Australia maupun Indonesia adalah disebabkan Pemerintah Australia mengumumkan zona perikanan pada tanggal 1 November 1979 dari 12 mil menjadi 200 mil. Hal yang sama dilakukan juga oleh Pemerintah Indonesia pada tanggal 21 Maret 1980 yang kemudian dikukuhkan dengan Undang-undang Nomor 5 Tahun 1983 tentang Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia. Perjanjian yang berlangsung pada tanggal 27-29 Oktober 1981 ini menghasilkan “*Memorandum of Understanding between the Republic of Indonesia and the Government of Australia Concerning the Implementation of Provisional Fisheries Surveillance and Enforcement Arrangement*”.

3. Perjanjian Indonesia-Australia tahun 1989

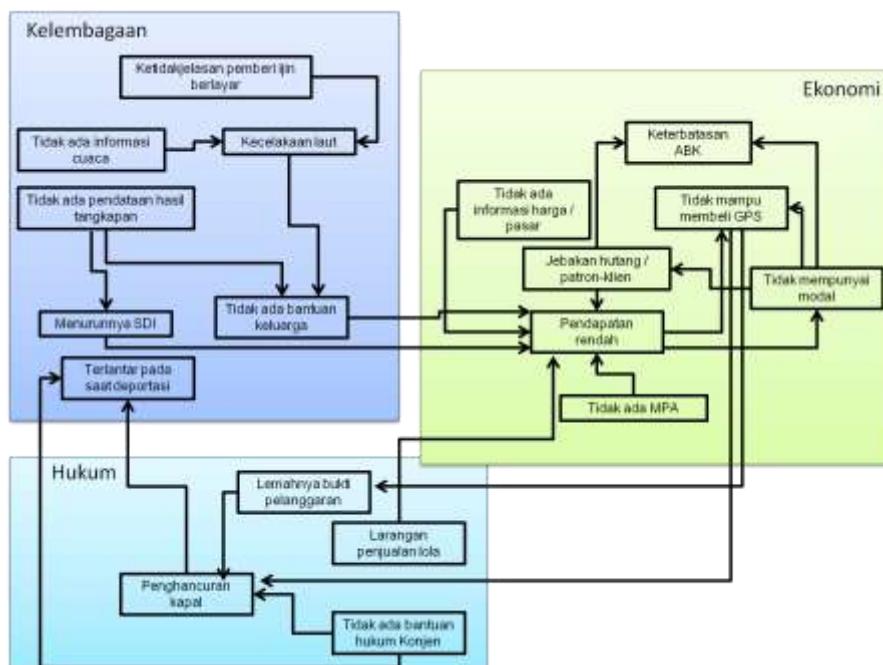
Dalam rangka menyusun penunjuk praktis pelaksanaan MOU Box 1974 serta perubahan yang dilakukan pada perjanjian tahun 1981, maka Indonesia dan Australia membicarakan hal-hal yang diatur dalam memorandum sebelumnya. Kesepakatan yang dituangkan dalam suatu perjanjian pada tanggal 29 April 1989 dikenal dengan “*Agreed Minutes of Meeting Between officials of Indonesian and Australia on Fisheries*”.

Isu Permasalahan Nelayan Pelintas Batas

Isu permasalahan yang terkait dengan penanganan nelayan pelintas batas akan digambarkan dalam diagram hubungan isu permasalahan (Gambar 2).

Diagram hubungan isu permasalahan tersebut merupakan hasil analisa melalui proses partisipatif dari *stakeholders* melalui FGD, wawancara mendalam dan pengamatan di lapangan.

Gambar 2 menunjukkan kompleksitas isu permasalahan yang terkait kegiatan nelayan tradisional pelintas batas. Sebagian isu dan masalah tersebut merupakan masalah yang menjadi penyebab, dari munculnya isu dan masalah yang lain. Makin tinggi interaksi antara masalah, menunjukkan makin tingginya kerumitan upaya penyelesaian masalah tersebut. Untuk dapat memahami sejauh mana isu dan permasalahan tersebut berkembang, maka dapat dilihat dari intensitas interaksi. Pengelompokan isu dan masalah tersebut disarikan pada Tabel 1.



Gambar 2. Hubungan LFA dari isu permasalahan nelayan pelintas batas.

Berdasarkan analisis LFA sebagaimana yang disajikan pada Tabel 1, diketahui sebanyak 18 isu permasalahan yang menjadi penyebab bagi timbulnya masalah lain. Isu permasalahan yang seharusnya mendapat perhatian besar dalam penanganan nelayan tradisional pelintas batas adalah tidak mempunyai modal, karena masalah modal paling banyak menyebabkan timbulnya masalah lain. Sedangkan masalah lain yang banyak terjadi akibat permasalahan yang ada adalah

rendahnya pendapatan masyarakat nelayan tradisional. Kelompok masalah yang berperan besar sebagai penyebab dan akibat yaitu pendapatan rendah.

Tabel 1. Pengelompokan hubungan isu permasalahan nelayan pelintas batas.

No	Isu Permasalahan	Ca (x^2)	Eff (x^1)	Skor	Grade
1	Ketidakjelasan pemberi ijin berlayar	2	0	2	III
2	Tidak mempunyai modal	6	1	7	II
3	Keterbatasan Anak Buah Kapal (ABK)	0	2	2	III
4	Tidak ada informasi cuaca	2	0	2	III
5	Tidak mampu membeli GPS	4	2	6	II
6	Kecelakaan laut	2	2	4	III
7	Sumberdaya ikan menurun	2	1	3	III
8	Lemahnya bukti pelanggaran	2	1	3	III
9	Penghancuran kapal	2	3	5	II
10	Tidak ada bantuan Konsulat Jenderal	4	0	4	III
11	Tidak ada bantuan bagi keluraga yang ditinggalkan	0	2	2	III
12	Tidak ada informasi harga dan pasar	2	0	2	III
13	Jebakan hutang dan patron-klien	4	1	5	II
14	Tidak ada mata pencarian alternatif	2	0	2	III
15	Pendapatan rendah	4	6	10	I
16	Tidak adanya pendataan hasil tangkapan	4	0	4	III
17.	Larangan penjualan lola	2	0	2	III
18.	Terlantar pada saat di deportasi	0	2	2	III

Keterangan: Ca (Causatif/Penyebab), Ef (Effect/Akibat)

Dalam penentuan urutan permasalahan yang akan di prioritaskan dalam penyelesaiannya, maka perlu dilakukan pengelompokan isu dan masalah yang ada. Secara lebih jelas, pengelompokan isu permasalahan sumberdaya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengelompokan isu permasalahan nelayan pelintas batas.

No	Prioritas	Jenis Masalah
1	I (Skor 9-12)	Pendapatan rendah
2	II (Skor 5-8)	Tidak mempunyai modal; Tidak mampu membeli GPS; Penghancuran kapal; Jebakan hutang dan patron-klien
3	III (Skor 1-4)	Tidak ada bantuan Konsulat Jenderal; Kecelakaan laut; Tidak adanya pendataan hasil tangkapan; Sumberdaya ikan menurun; Lemahnya bukti pelanggaran; Ketidakjelasan pemberi ijin berlayar; Keterbatasan ABK; Tidak ada informasi cuaca; Tidak ada bantuan bagi keluraga yang ditinggalkan; Tidak ada informasi harga dan pasar; Tidak ada mata pencarian alternatif; Larangan penjualan lola; Terlantar pada saat di deportasi

Berdasarkan pengelompokan isu permasalahan tersebut, masalah rendahnya pendapatan masyarakat nelayan tradisional pelintas batas perlu mendapat perhatian yang serius. Hal ini dikarenakan, rendahnya pendapatan berdampak pada kesejahteraan masyarakat diperbatasan. Selain itu, ketiadaan modal, GPS; penghancuran kapal, jebakan hutang dan patron-klien, perlu mendapatkan perhatian serius karena hal ini terkait dengan peningkatan perekonomian masyarakat perbatasan.

Penguatan Tata Kelembagaan dalam Penanganan Nelayan Pelintas Batas

Penguatan kelembagaan dalam penanganan nelayan pelintas batas menggunakan tiga analisa, yaitu:

1. Analisis Kebijakan

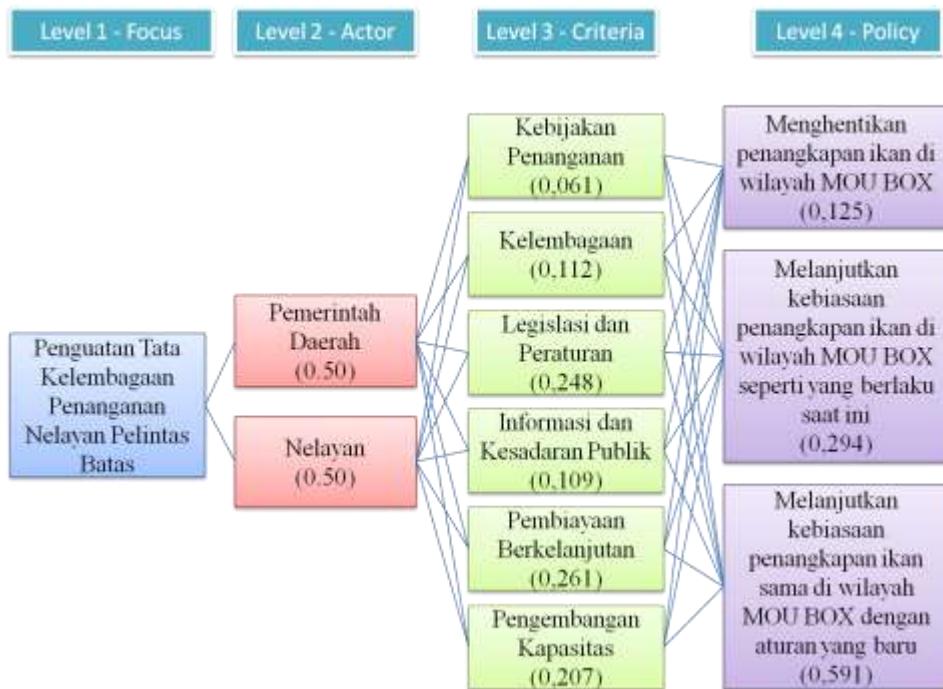
Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam menentukan prioritas ini adalah dengan menggunakan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Penyusunan struktur hirarki dimaksudkan untuk mengintegrasikan interaksi dari semua komponen yang terkait dengan penanganan nelayan pelintas batas, agar alternatif kebijakan yang dipilih benar-benar merupakan yang terbaik.

Tabel 3. Nilai bobot dan prioritas hasil pengolahan tingkat 4.

Alternatif Bentuk Kebijakan	Nilai Bobot	Prioritas
Menghentikan penangkapan ikan di wilayah MOU BOX	0,125	3
Melanjutkan kebiasaan penangkapan ikan di wilayah MOU BOX seperti yang berlaku saat ini	0,294	2
Melanjutkan kebiasaan penangkapan ikan sama di wilayah MOU BOX dengan aturan yang baru	0,581	1

Analisis pengolahan pada tingkat 4 dilakukan guna menentukan alternatif kebijakan penanganan nelayan pelintas batas dalam kaitannya dengan penguatan tata kelembagaan yang terbaik menurut persepsi para pemangku kepentingan. Berdasarkan hasil analisis tingkat 4 ini, maka diperoleh hasil, yaitu: (1) melanjutkan kebiasaan penangkapan ikan di wilayah MOU BOX dengan aturan yang baru (0,581); (2) melanjutkan kebiasaan penangkapan ikan di wilayah MOU BOX seperti yang berlaku saat ini (0,294); dan (3) menghentikan penangkapan ikan di wilayah MOU BOX (0,125). Secara lebih lengkap, hasil analisis

pengolahan vertikal pada tingkat 4 dapat dilihat pada Tabel 3. Sementara itu, pendekatan AHP secara lengkapnya disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hierarkis dan nilai bobot pendekatan AHP.

2. Analisis Kelayakan Usaha

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa usaha penangkapan hiu memerlukan biaya investasi sebesar Rp 51.600.000. Biaya investasi penangkapan hiu lebih besar dibanding dengan biaya investasi yang ditanamkan untuk usaha penangkapan teripang, yaitu sebesar Rp 44.500.000.

Tabel 4. Biaya investasi usaha penangkapan hiu dan teripang tahun 2011 (Rp).

No.	Komponen Investasi	Penangkap Hiu	Penangkap Teripang
1	Perahu Utama	40,000,000	40,000,000
2.	GPS	1,600,000	-
3.	Perlengkapan kapal	10,000,000	-
4.	Drum air	-	2,500,000
5	Bokor	-	400,000
6	Petromak	-	1,600,000
Total Investasi		51,600,000	44,500,000

Sumber: Diolah dari data primer tahun 2011

Biaya tetap adalah biaya yang jumlah tetap dan harus tetap dikeluarkan, meskipun operasi penangkapan tidak dilakukan. Biaya tetap yang dikeluarkan oleh usaha penangkapan hiu dan teripang berbeda-beda bergantung pada komponen investasi yang dimiliki. Uraian lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa biaya tetap dikeluarkan oleh usaha unit penangkapan hiu sebesar Rp 12.245.000, sedangkan usaha unit penangkapan teripang mengeluarkan biaya tetap sebesar Rp 10.110.000.

Tabel 5. Biaya tetap usaha penangkapan hiu dan teripang tahun 2011 (Rp).

No.	Biaya Tetap	Penangkap Hiu	Penangkap Teripang
1	Penyusutan perahu	6666666.667	6666666.667
2	Penyusutan GPS	160000	-
3	Surat Izin Berlayar (1 tahun)	60,000	60,000
4	Perpanjangan (SIB)	25,000	25,000
5	Biaya perawatan kapal	2,000,000	2.000.000
6	Penyusutan Perlengkapan kapal	3,333,333	-
7	Penyusutan drum		625.000
8	Penyusutan bokor		200.000
9	Penyusutan petromak		533.333,33
Total Biaya Tetap		12,245,000	10,110,000

Sumber: Diolah dari data primer tahun 2011

Biaya variabel adalah biaya tidak tetap yang dikeluarkan jika operasi penangkapan dilakukan. Komponen biaya variable berbeda antara penangkap hiu dan teripang. Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa biaya variabel dikeluarkan oleh usaha unit penangkapan teripang sebesar Rp 6.060.000 dalam setahun, sedangkan usaha unit penangkapan hiu mengeluarkan biaya variabel sebesar Rp 5.400.000.

Penerimaan yang dihasilkan dari usaha penangkapan hiu dan teripang diperoleh dari penjualan hasil tangkapan tiap meluat (trip), dimana usaha penangkap hiu lima trip dalam setahun dan usaha penangkap teripang dua trip dalam setahun. Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa penangkap hiu memiliki total penerimaan terbesar yaitu Rp 80.000.000 dalam setahun (5 trip), sedangkan total penerimaan penangkap teripang sebesar Rp 60.000.000 dalam setahun (2 trip).

Tabel 6. Biaya variabel usaha penangkapan hiu dan teripang tahun 2011 (Rp).

No.	Biaya Variabel	Penangkap Hiu	Penangkap Teripang
1	Pancing	5,000,000	
2	Garam	400.000	360,000
3	Minyak tanah		2,200,000
4.	Kayu api		1,500,000
5	Air		800,000
6	Sewa sampan		1,200,000
Total Biaya Variabel		5,400,000	6.060.000

Sumber: Diolah dari data primer tahun 2011

Tabel 7. Penerimaan usaha penangkapan hiu dan teripang tahun 2011.

No.	Biaya Variabel	Musim Puncak	Musim Sedang
1	Penangkap Hiu	30.000.000	20.000.000
2	Penangkap Teripan	20.000.000	20.000.000

Sumber: Diolah dari data primer tahun 2011

Berdasarkan jumlah biaya yang dikeluarkan dan pendapatan yang dihasilkan secara keseluruhan dalam setahun oleh unit penangkapan hiu dan teripang, maka dapat dilakukan perhitungan analisis usaha. Hasil perhitungan analisis usaha dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan analisis usaha penangkapan hiu dan teripang tahun 2011.

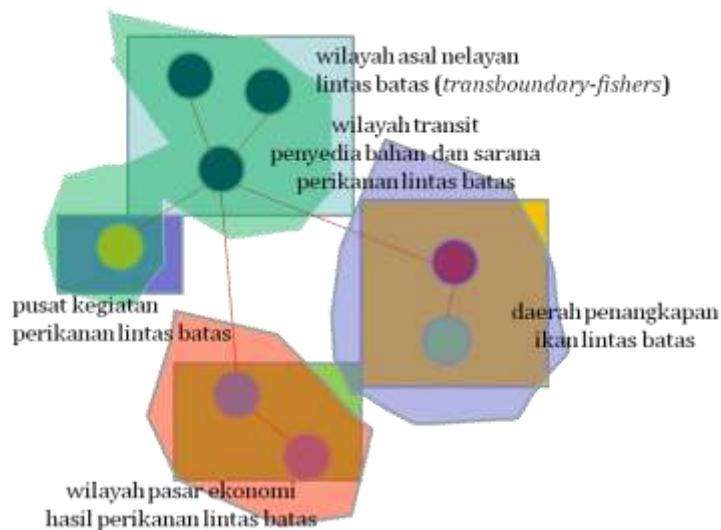
Aspek Analisis Usaha	Penangkap Hiu	Penangkap Teripang
Total Penerimaan (Rp)	80.000.000	60.000.000
Total Pengeluaran (Rp)	50.521.735	42.090.000
Keuntungan (Rp)	29.478.265	17.910.000
<i>Revenue Cost Ratio (R/C)</i>	1,58	1,42
<i>Payback Period (tahun)</i>	1,75	2,48
<i>Return On Investment (ROI)</i>	57,12	40,24

Sumber: Diolah dari data primer tahun 2011

Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa keuntungan terbesar diperoleh usaha penangkapan hiu, yaitu sebesar Rp 29.478.265. Hal ini disebabkan oleh banyaknya jumlah trip dibandingkan dengan penangkap teripang, yaitu sebanyak 5 trip. Sedangkan usaha penangkapan teripang memperoleh keuntungan sebesar Rp 17.910.000.

3. Analisis Sistem Sosial Ekologi

Aktivitas penangkapan ikan nelayan pelintas batas pada dasarnya merupakan sebuah aktivitas yang terjalin dimana sistem ekologi dan sistem sosial bertautan (bertemu). Sistem sosial ekologis (SSE) didefinisikan sebagai sebuah sistem ekologi (*system of biological/ecosystem unit*) yang terhubungkan dan dipengaruhi secara timbal balik oleh satu atau lebih sistem sosial (modifikasi dari Andries et al. 2004), dalam konteks kajian perikanan lintas batas, kondisi ekologi dimana para nelayan tinggal, yaitu Desa Papela dan Desa Oelua merupakan sebuah sistem ekologi dan sosial tersendiri, demikian pula perairan Pulau Ashmore di Australia dan sekitarnya dimana nelayan menangkap ikan dan teripang serta tata kelembagaan di Australia beserta segenap sistem yang mengaturnya adalah sistem ekologi dan sosial lainnya.



Gambar 4. Konektifitas ekologi dan sosial perikanan lintas batas.

Fenomena konektivitas sosial-ekologis dapat didefinisikan sebagai saling ketergantungan fungsional antara sistem ekologis dan sistem sosial yang terkait dengan perubahan terhadap sistem ekologis dan sistem sosial itu sendiri. Pendekatan SSE memerlukan kajian keterkaitan (*connectivity*) dalam konteks sinergi positif dan memberikan sinyal terhadap keterkaitan yang berpotensi akan menimbulkan destruksi terhadap keterkaitan itu sendiri. Berdasarkan hal tersebut, keterkaitan antara sistem ekologi dan sosial dalam konteks perikanan lintas batas

ke perairan Australia yang terkait MOU Box 1974, secara diagramik dapat disajikan pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, koneksiitas ekologi – sosial nelayan pelintas batas di Kabupaten Rote Ndao terkait dengan tiga entitas sistem ekologi dan sosial, yaitu:

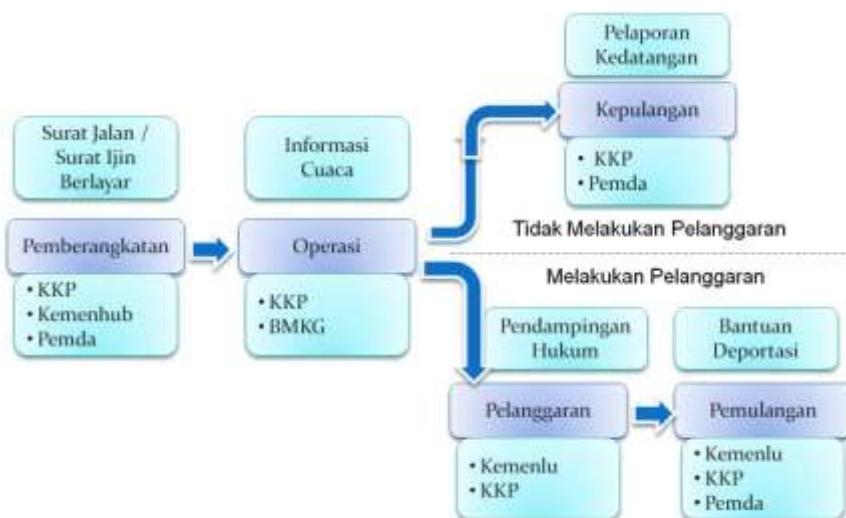
- a. Koneksiitas ekologi pada sistem ekologi pada ekosistem perairan Rote Ndao dan sekitarnya sebagai wilayah asal nelayan lintas batas dan pusat aktivitas sehari-hari serta basis basis penyediaan sarana dan prasarana penangkapan seperti perahu, alat tangkap, bahan perbekalan, dan sarana pendukung lainnya, serta tempat pendaratan hasil tangkapan ketika berangkat atau selesai menangkap ikan di Australia.
- b. Koneksiitas sistem sosial nelayan pelaku pelintas batas (dalam kajian ini nelayan asal Rote Ndao) dengan sistem ekologi di perairan Australia sebagai target operasi menangkap ikan, beserta dengan sistem kelembagaan dan hukum yang mengikat di wilayah Australia tersebut, termasuk keberadaan penjaga dan Bea Cukai (*Custom Agency*) Australia.
- c. Koneksiitas sistem sosial ekologi pemasaran hasil tangkapan nelayan pelintas batas dengan pedagang atau penampung hasil tangkapan, yang diketahui berasal dari Desa Papela dan Oelua sendiri serta dari Kota Kupang dan kemudian berhubungan dengan pedagang besar di Surabaya Jawa Timur.

Ketiga koneksiitas ekologi sosial tersebut dapat berupa interaksi yang terkait dengan mata pencaharian, sumber kehidupan, fungsi sosial, dan fungsi penunjang kehidupan lainnya. Koneksiitas ekologi – sosial yang terkait dengan mata pencaharian terlihat dari besarnya ketergantungan masyarakat terhadap sumberdaya alam hayati perairan di Australia seperti ikan hiu, teripang dan sumberdaya non hayati seperti sumber air bersih, pasir atau pulau sebagai pelindung misalnya ketika terjadi badai. Koneksiitas ekologi – sosial yang terkait dengan sumber kehidupan terlihat dari pemanfaatan sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga dan lauk pauk. Koneksiitas ekologi – sosial yang terkait dengan fungsi sosial terlihat dari aktivitas sosial di perairan laut dan pantai seperti adanya kesepakatan informal yang terbentuk sebagai bentuk kebersamaan

dalam memanfaatkan perairan untuk menambatkan perahu dan membangun rumah. Konektivitas ekologi – sosial yang terkait dengan fungsi penunjang terlihat dari penggunaan perairan dan sebagai jalur transportasi.

Rekomendasi Kebijakan Penanganan Nelayan Tradisional Pelintas Batas

Rekomendasi kebijakan penanganan nelayan tradisional pelintas batas ini diperoleh dari hasil analisis isu permasalahan pada sub bab sebelumnya. Berdasarkan pengelompokan permasalahan, maka diperlukan penataan peran lembaga-lembaga negara yang terkait dengan penanganan nelayan tradisional pelintas batas dari pemberangkatan hingga pemulangan bagi yang melakukan pelanggaran atau kepulangan bagi yang tidak melakukan pelanggaran. Adapun penataan kelembagaan tersebut, yaitu: Penataan kelembagaan berdasarkan tugas pokok dan fungsi (tupoksi) disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Sistem penanganan nelayan tradisional pelintas batas.

KESIMPULAN

- 1) Traditional fishing right memiliki landasan hukum yang jelas, yaitu Pasal 51 Konvensi PBB tentang Hukum Laut (UNCLOS 1982). Selain itu, penjabarannya dilaksanakan melalui kesepakatan dua Negara, yaitu (a) MOU 1974, MoU 1981, dan MoU 1989.
- 2) Permasalahan nelayan pelintas batas dikelompokkan menjadi empat, yaitu:
 - (a) pemberangkatan, meliputi: ketidakjelasan pemberi izin berlayar, tidak

- mempunyai modal, dan keterbatasan ABK; (b) operasi penangkapan, meliputi: tidak ada informasi cuaca, tidak mampu membeli GPS, kecelakaan laut, dan sumberdaya ikan menurun; (c) pelanggaran, meliputi: lemahnya bukti pelanggaran, penghancuran kapal, tidak ada bantuan Konsulat Jenderal, dan tidak ada bantuan bagi keluarga yang ditinggalkan; dan (d) pemulangan, meliputi: tidak ada informasi harga dan pasar, jebakan hutang dan patron-klien, tidak ada mata pencaharian alternatif, pendapatan rendah, tidak ada pendataan hasil tangkapan, larangan penjualan lola, dan terlantar pada saat dideprtasi.
- 3) Penguatan tata kelembagaan dalam penanganan nelayan tradisional pelintas batas, yaitu (a) kelembagaan, meliputi: pendataan nelayan tradisional pelintas batas, penataan pemberian izin berlayar, pendataan hasil tangkapan, penanganan deprtasi nelayan tradisional pelintas batas, dan informasi cuaca; (b) hukum, meliputi: bantaun persidangan dan penyusunan aturan penjualan lola; dan (c) ekonomi, meliputi: pengembangan mata pencaharian alternatif, bantuan sarana bantu navigasi, dan bantuan permodalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderies, J. Marty, Marco Janssen, and Elinor Ostrom. 2004. A Framework to Analyze the Robustness of Social-Ecological Systems from an Institutional Perspective. *Ecology and Society* 9(1):18.
- Djamin, Z. 1984. Perencanaan dan Analisa Proyek. Lembaga Penelitian Fakultas Ekonomi Indonesia. Jakarta.
- Saaty, T L. 1993. Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin. PT. Pustaka Binaman Pressindo: Jakarta
- Stacey, Natasha. 2007. *Boats to Burn : Bajo Fishing Activity in the Australian Fishing Zone*. Canberra-Australia. Australian National University Press.
- Tribawono, Djoko. 2002. Hukum Perikanan Indonesia. Bandung. PT. Citra Aditya Bakti.

**STRATEGI KOMERSIALISASI PRODUK HASIL INOVASI MELALUI
OPTIMALISASI MODEL KERJASAMA PADA BADAN LITBANGTAN**
(Commercialization Strategy of Innovation Product Through Optimization of
Collaborative Model in IAARD)

Ma'mun Sarma¹⁾, A. Kohar Irwanto¹⁾, Nuning Nugrahani²⁾, Erlita Adriani³⁾

¹⁾ Dep. Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB,

²⁾ Program Studi Ilmu Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB,

³⁾ Data dan Informasi, Badan Litbang Pertanian,

ABSTRAK

Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan 200 inovasi teknologi unggulan, akan tetapi hanya 13 PHI yang dikerjasamakan kepada mitra/investor. Penelitian ini memberikan informasi mengenai upaya peningkatan komersialisasi. Metodologi survei/sensus melalui *indepth interview* dilakukan terhadap 26 responden yang terdiri dari 15 inventor/peneliti dan 11 mitra/investor. Hasil skor matriks EFE dan IFE (3,03 ; 2,50); dan matriks QSPM pada strategi penyusunan valuasi hasil invenSI (7,00). Hasil pembobotan *expert choice* untuk faktor peningkatan ketersediaan hasil invenSI (0,261), dan peningkatan SDM (0,253). Upaya yang dapat dilaksanakan didalam mendukung strategi komersialisasi yaitu: melaksanakan promosi (0,402), menyusun valuasi invenSI (0,304) dan melaksanakan pra lisensi (0,294). Aktor utama adalah peneliti/inventor dan pelaksana alih teknologi (0,818). Sedangkan alternatif strategi yaitu meningkatkan PHI yang diliisensikan dan PHI yang diadopsi (0,818). Hasil pengolahan vertikal menunjukkan, peneliti/inventor menjadi aktor yang memiliki bobot tertinggi (0,364) sedangkan alternatif strategi yang perlu diutamakan adalah menyusun valuasi invenSI (0,491) dan meningkatkan PHI yang diadopsi (0,388).

Kata kunci: Komersialisasi, produk hasil inovasi (PHI), adopsi, valuasi, invenSI.

ABSTRACT

Indonesian Agency for Agricultural Research (IAARD) have 200 selective products of innovation/invention, but only 13 inventions that had been commercialized by investors. This study provides information to enhance commercialization. Survey/census to 26 respondents consisting of 15 inventors and 11 investors. Result from EFE and IFE matrix score (3.03; 2.50), and highest result from QSPM matrix on valuation of invention (7.00). Highest weight result from the expert choice for factor to increase the availability of invention (0.261) and factor to increase of HR (0.253). Efforts that can be carried out to support commercialization strategies are implementing promotion (0.402), prepare valuation of invention (0.304) and conduct a pre-license (0.294). The main actor are inventor and implementer of technology transfer (0.818). Alternative strategies that could increase amount of inventions to be commercialize are increase licensed and adopted invention (0.818). From data extraction with vertical processing, highest actor is inventors (0.364) whereas the alternative strategy is to set the valuation of invention (0.491) and increase invention to adopt (0.388).

Keywords: Commercialization, product of innovation, adoption, valuation, invention.

PENDAHULUAN

Upaya pemanfaatan hasil penelitian (invenSI) di bidang pertanian sampai saat ini masih belum banyak dilakukan, demikian pula halnya dengan komersialisasinya. Upaya komersialisasi produk hasil invenSI pertanian memerlukan peran mitra/investor dan peneliti/inventor melalui suatu kerjasama. Badan Litbang Pertanian (Badan Litbangtan) merupakan lembaga penelitian pemerintah yang ‘produknya’ merupakan hasil invenSI atau produk hasil inovasi (PHI). PHI yang dihasilkan ini diarahkan untuk dapat memecahkan masalah bagi petani dan pelaku usaha di sektor pertanian selain juga menghasilkan teknologi *trend setter* sebagai teknologi alternatif yang prospektif dalam agribisnis. Waluyo (2006) menyebutkan bahwa sedikit sekali hasil penelitian yang bersifat komersil. Oleh karenanya, hasil invenSI yang telah diperoleh tersebut, perlu diketahui posisi tawarnya. Kemitraan atau *partnership* merupakan salah satu aspek yang dinilai mampu menunjukkan posisi tawar sebelum akhirnya komersialisasi berhasil dilaksanakan. Dalam penelitian ini akan dilakukan identifikasi dan perumusan strategi komersialisasi dalam bentuk pertanyaan: Bagaimanakah strategi komersialisasi produk hasil inovasi Badan Litbangtan? Bagaimanakah sistem komersialisasi produk hasil inovasi yang optimal bagi Badan Litbangtan? Upaya apa saja yang mampu mendukung komersialisasi produk hasil inovasi Badan Litbangtan?

METODE PENELITIAN

Kerangka analisis penelitian ini diawali dengan pemikiran atas sedikitnya inovasi teknologi unggulan Badan Litbangtan yang telah dilisensi oleh mitra/investor. Dari hasil studi pustaka terhadap produk hasil inovasi teknologi yang telah dipublikasikan melalui buku 50 Inovasi Teknologi, 100 Inovasi Teknologi dan 200 Inovasi Teknologi yang telah didata sampai dengan tahun 2010, diketahui terdapat 13 perusahaan lisensor yang melaksanakan kerjasama komersialisasi (Tabel 1).

Tabel 1. Kerjasama lisensi antara Badan Litbang dengan mitra/investor.

No	Produk Hasil Inovasi	Tahun	Nama Mitra/investor
1	Jagung Hibrida Varietas Bima 2 Bantimurung	27 Sept 2007	PT. Saprotan Nusantara Agro Utama
2	Jagung Hibrida Varietas Bima 3 Bantimurung	-	PT. Redy Mulia Abadi*
3	Padi Hibrida Varietas Maro	30 Jan 2007	PT. DuPont Indonesia
4	Pupuk Mikroba Rhizo Plus	14 Apr 2008	PT. Hobson Interbuana Indonesia
5	Produksi Massal dan Pemasaran Prima BAPF	9 Jan 2008	PT. Primasid Andalan Utama
6	Pupuk Mikroba Pelarut Fosfat	8 Mei 2008	PT. Nusa Palapa Gemilang
7	Jagung Hibrida Varietas Bima 4	12 Mar 2009	PT. Bintang Timur Pasifik
8	Jagung Hibrida Varietas Bima 5	12 Mar 2009	PT. Sumber Alam Sutera
9	Jagung Hibrida Varietas Bima 6	-	PT. Makmur Sejahtera Utama*
10	Kenaf Varietas KR 15	6 Agst 2009	PT. Global Agrotek Nusantara
11	Starter Biologically Modified Cassava (Starter Bimo CF)	6 Agst 2009	PT. Multi Prima Sejahtera
12	Pupuk Bio BUS	17 Juni 2010	PT. Bio Nusantara
13	Pupuk DSA (Decomposer Super Aktif)	17 Juni 2010	PT. Bintang Timur Pasifik

*) diketahui membatalkan kontrak kerjasama lisensi di tahun 2011

Sumber: Balai Pengelola Alih Teknologi Pertanian (2010)

Prosedur pengamatan yang dilakukan yaitu: 1) Mengelompokkan jenis produk hasil inovasi apa saja yang telah diliensikan kepada pihak mitra/investor; 2) Melakukan survei pada inventor dan mitra/investor untuk identifikasi faktor-faktor internal dan eksternal yang merupakan kekuatan dan kelemahan serta peluang dan ancaman bagi proses komersialisasi produk hasil inovasi Badan Litbangtan; 3) Melakukan analisa masalah, kebutuhan dan analisis keputusan terhadap strategi komersialisasi yang sudah berjalan bagi produk hasil inovasi Badan Litbangtan; 4) Melakukan analisa situasi dengan menyusun matriks SWOT; 5) Melakukan analisa matriks QSPM (Quantitative Strategic Planning Matrix) untuk memperoleh pilihan strategi yang dapat diprioritaskan; 6) Mengolah data secara *analytical hierarchy process* (AHP) dengan program *expert choice* untuk memperoleh bobot masing-masing elemen pada tingkatan hierarki; dan 7) Mengolah data pembobotan yang diperoleh dari *expert choice* untuk analisa lanjutan pengolahan horizontal dan vertikal antar elemen faktor, aktor, tujuan dan alternatif strategi. Pengumpulan data dilakukan melalui 2 (dua)

cara, yaitu: 1) Data primer: diperoleh dari jawaban kuesioner atas permasalahan dan kebutuhan strategi komersialisasi produk hasil inovasi. Selain itu juga hasil wawancara serta diskusi dengan peneliti/inventor dan mitra/investor yang telah menjadi lisensor produk hasil inovasi Badan Litbangtan; dan 2) Data sekunder: diperoleh melalui studi literatur pada disertasi, tesis dan jurnal ilmiah ataupun populer terkait upaya komersialisasi. Guna mengetahui masalah, kebutuhan dan keputusan yang diperlukan bagi inventor/peneliti maupun mitra/investor sebagai pelisensor dilakukan 3 (tiga) analisis pendahuluan, yaitu : analisis masalah, analisis kebutuhan dan analisis keputusan.

Analisis Masalah. Tahapan ini adalah analisis awal yang dilakukan guna mengidentifikasi masalah termasuk kelemahan dan kekurangan sistem kerjasama yang telah terlaksana yaitu melalui pemberian hak lisensi terhadap mitra/investor selaku mitra kerjasama dan peneliti/inventor selaku pemilik lisensi. Penilaian atas identifikasi model kerjasama tersebut dibagi atas: Sangat penting (*very important*) dengan skor 5; Penting (*important*) dengan skor 4; Kurang penting (*not that important*) dengan skor 2; dan Tidak penting (*not important*) dengan nilai 1.

Tabel 2. Daftar faktor yang akan dinilai dalam kuesioner.

Faktor	
SDM	<ul style="list-style-type: none">● Profil Investor● Profil Inventor● Profil Pelaksana Alih Teknologi
Sarana	<ul style="list-style-type: none">● Sistem Komersialisasi● Kebijakan Alih Teknologi● Valuasi Invensi/<i>Pricing Technology</i>● Tata cara Royalti
Teknologi/Hasil Invensi	<ul style="list-style-type: none">● Kedudukan/posisi invensi pada daur teknologi● Kebaruan dan langkah inventif● Tahap pengembangan teknologi● Kemudahan pengembangan produksi● Daya saing produk

Analisis Kebutuhan.

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan-kebutuhan dalam bekerjasama untuk upaya komersialisasi produk hasil invensi. Pada

pengamatan ini digunakan skala Likert (1, 2, 4 dan 5) untuk beberapa faktor yang menjadi indikator dalam kerjasama komersialisasi. Faktor-faktor tersebut yaitu 1) Penyediaan layanan kerjasama, termasuk fasilitasi lembaga berupa MOU (*memorandum of understanding*), informasi hasil invensi, fasilitasi temu bisnis, termasuk analisis prospek bisnis hasil invensi; 2) Fasilitasi pendampingan, termasuk adanya layanan pendampingan (*technical service*) dari inventor, keterbukaan hasil invensi, serta layanan lainnya; dan 3) Jaminan aturan kerjasama, termasuk tata cara pembagian royalti, layanan perencanaan bisnis, rambu-rambu aturan kerjasama, dan adanya sanksi bila ada pelanggaran dari aturan kerjasama.

Analisis Keputusan.

Dari hasil analisis masalah dan analisis kebutuhan kemudian dilakukan analisis keputusan terhadap strategi komersialisasi. Analisis keputusan tersebut dilakukan dengan menyusun matriks QSPM (Quantitative Strategic Planning Matrix) dan kemudian diuji dengan membandingkan nilai 'Attractiveness Score' (AS) dan 'Total Attractiveness Score' (TAS), nilai tertinggi TAS menunjukkan peringkat pertama alternatif strategi yang terbaik.

Pengolahan dan Analisis Data.

Dari interview dengan pakar akan diperoleh faktor-faktor. Faktor-faktor yang terkumpul tersebut, kemudian dirumuskan strateginya dengan menyusun matriks EFE, IFE, SWOT dan QSPM, sebagai *input stage, matching stage dan decision stage* hingga akhirnya sampai pada tahapan AHP.

Penyusunan Matriks.

Tahap I (Tahap Input) dalam kerja perumusan strategis terdiri dari: a) Matriks Evaluasi Faktor Eksternal (External Factor Evaluation-EFE); dan b) Matriks Evaluasi Faktor Internal (Internal Factor Evaluation-IFE). Matriks EFE dan IFE yaitu matriks faktor-faktor internal dan eksternal produk hasil inovasi yang disusun berdasarkan pada kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang dimiliki dan dihadapi produk hasil inovasi Badan Litbangtan. **Tahap II (Tahap Pencocokan)**, berfokus pada penciptaan alternatif strategi yang layak dengan mencocokkan faktor eksternal dan faktor internal kunci, melalui Matriks Kekuatan-Kelemahan-Peluang-Ancaman (SWOT). **Tahap III (Tahap**

Keputusan), melibatkan strategi tunggal: Matriks Perencanaan Strategis Kuantitatif (QSPM). Matriks Perencanaan Strategis Kuantitatif menggunakan input dari tahap I untuk mengevaluasi secara objektif alternatif-alternatif strategi yang layak dan dengan demikian memberikan dasar tujuan untuk memilih strategi yang spesifik (David, 2009).

Penyusunan Struktur AHP.

Pengambilan keputusan dalam metodologi AHP didasarkan pada 3 (tiga) prinsip pokok yaitu penyusunan hierarki, penentuan prioritas dan konsistensi logis. Kerangka kerja AHP terdiri dari 8 (delapan) langkah utama (Saaty 1993) yaitu: 1) Mendefinisikan persoalan dan merinci pemecahan persoalan yang diinginkan; 2) Membuat struktur hierarki dari sudut pandang manajemen secara menyeluruh; 3) Menyusun matriks banding berpasangan; 4) Mengumpulkan semua pertimbangan yang diperlukan dari hasil matriks banding berpasangan antar elemen pada langkah 3; 5) Memasukkan nilai kebalikan beserta bilangan 1 sepanjang diagonal utama dan dibawah diagonal utama diisi dengan nilai-nilai kebalikannya; 6) Melaksanakan langkah 3, 4, dan 5 untuk semua tingkat dan gugusan dalam hierarki; 7) Mensintesis prioritas untuk melakukan pembobotan vektor-vektor prioritas; dan 8) Mengevaluasi konsistensi untuk seluruh hierarki

HASIL DAN PEMBAHASAN

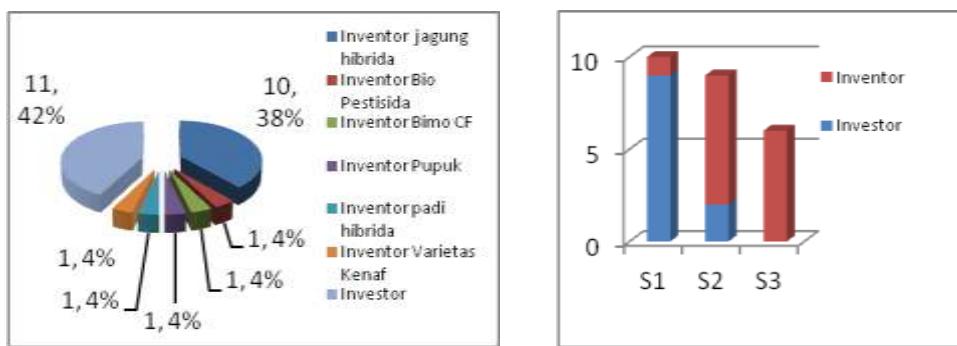
Pengujian Data Penelitian

Uji Validitas dan Reliabilitas.

Berdasarkan hasil perhitungan SPSS 17, diperoleh bahwa nilai alpha cronbach 0.770 dan 0.741. Artinya instrumen reliabilitas untuk model kerjasama berdasarkan persepsi investor dan inventor dengan nilai alpha 0.770 demikian pula dengan untuk instrument analisis kebutuhan diperoleh alpha 0.741. Reliabilitas instrumen adalah hasil pengukuran yang dapat dipercaya dan kedua nilai untuk instrument tersebut reliabel.

Karakteristik Responden

Dari data kuesioner diperoleh informasi mengenai karakteristik responden. Karakteristik dari 26 responden yang terbanyak adalah inventor jagung hibrida 10,38% dan investor 11,42% pendidikan inventor didominasi pada tingkat S2.



Gambar 1. Karakteristik responden menurut kedudukan a) dan pendidikan b).

Matriks EFE dan IFE.

Pada tahap input, matriks EFE dan IFE yang berguna dalam mengetahui posisi kuadran untuk strategi secara umum yang dapat dilaksanakan. Hasil matriks EFE tersebut dapat disimpulkan bahwa Badan Litbangtan masih harus mengatasi ancaman faktor eksternal pada produk hasil inovasi yang akan dikomersialkan (Tabel 3). Sedangkan pada matriks IFE dengan *key internal factor* yang teridentifikasi sebagai kekuatan yaitu : SDM yang berpengalaman, hasil invensi dibutuhkan, kebijakan alih teknologi, sarana/prasarana memadai, dan Lembaga Penelitian pertanian yang kuat. Sedangkan kelemahannya yaitu : hasil invensi yang belum stabil, sistem komersialisasi invensi, pembiayaan pemerintah, birokrasi kerjasama dan royalti kekayaan intelektual (Tabel 4).

Dengan menggambarkan nilai total matriks EFE (Tabel 3) dan IFE (Tabel 4) ke dalam suatu matriks IE diketahui bahwa total skor bobot EFE total 3,03 dan total skor bobot IFE total 2,50. Dari nilai total IFE dan EFE tersebut diketahui bahwa posisi produk hasil inovasi Badan Litbangtan masih berada pada kuadran 2 matriks IE. Strategi yang dilakukan pada produk yang berada pada kuadran 2 yaitu strategi *grow and build*. Strategi intensif yang dapat dilakukan pada kondisi kuadran II yaitu : strategi intensif : *market penetration, market development,*

product development serta strategi *backward dan forward integration* (Umar, 2008).

Tabel 3. Matriks EFE produk hasil inovasi Badan Litbangtan.

<i>Key External Factor</i>	Bobot	Rating	Skor
Peluang			
Potensi Pasar (O1)	0.20	4	0.80
Pasar (O2)	0.17	3	0.51
Kebijakan Alih Teknologi (O3)	0.13	4	0.52
Ancaman			
Persaingan (T1)	0.15	3	0.45
Hasil Invensi (T2)	0.15	3	0.45
Risiko (T3)	0.05	1	0.05
Birokrasi Kerjasama (T4)	0.10	2	0.20
Royalti Kekayaan Intelektual (T5)	0.05	1	0.05
Total	1.00		3.03

Tabel 4. Matriks IFE produk hasil inovasi Badan Litbangtan.

<i>Key Internal Factor</i>	Bobot	Rating	Skor
Kekuatan			
SDM yang berpengalaman (S1)	0.20	4	0.80
Lemlit Pertanian yg kuat (S2)	0.05	1	0.05
Sarana/prasarana memadai (S3)	0.10	2	0.20
Hasil Invensi dibutuhkan (S4)	0.15	3	0.45
Kebijakan Alih Teknologi (S5)	0.10	2	0.20
Kelemahan			
Pembiayaan Pemerintah (W1)	0.05	1	0.05
Hasil Invensi belum stabil (W2)	0.15	3	0.45
Sistem Komersialisasi Invensi (W3)	0.10	2	0.20
Birokrasi Kerjasama (W4)	0.05	1	0.05
Royalti Kekayaan Intelektual (W5)	0.05	1	0.05
Total	1.00		2.50

Matriks SWOT.

Selanjutnya untuk tahapan pencocokan (*matching stage*) disusun matriks analisis SWOT produk hasil inovasi Badan Litbangtan (Tabel 5). Dari matriks SWOT yang disusun diketahui bahwa strategi W-T yang perlu dikembangkan adalah: 1) pelaksanaan pra lisensi untuk produk hasil inovasi yang berupa varietas; 2) penyusunan valuasi (penilaian) hasil invensi; 3) penyusunan

perencanaan bisnis (*business plan*) yang siap untuk dikomersialisasikan; dan 4) pelengkapan sertifikasi yang diperlukan untuk produk hasil inovasi. Strategi komersialisasi produk hasil inovasi Badan Litbangtan yang dirumuskan berdasarkan visi dan misi yang diemban oleh Badan Litbangtan, yaitu misi ke-3 yaitu peningkatan nilai tambah, daya saing dan ekspor. Sehingga perlu disusun sasaran yang perlu ditargetkan untuk upaya komersialisasi produk hasil inovasi.

Tabel 5. Matrik SWOT produk hasil inovasi.

Key Internal Factor	Kekuatan (S)		Kelemahan (W)
	SDM yang berpengalaman (S1)	Lemlit Pertanian yang kuat (S2)	Pembayaran Pemerintah (W1)
Key External Factor	Sarana/prasarana (S3)	Hasil Invenyi dibutuhkan (S4)	Hasil Invenyi yg belum stabil (W2)
	Kebijakan Alih Teknologi (S5)		Sistem Komersialisasi Invenyi (W3)
Peluang (O)		Strategi S-O	Strategi W-O
Potensi Pasar (O1)	Peningkatan kemampuan menjual para inventori (S1O1)	Penciptaan Inovasi berbiaya murah sesuai pasar (W1O1)	
Pasar (O2)	Peningkatan pengembangan invenyi (S2O2)	Improvement HI yg dibutuhkan masyarakat (W2O2)	
Kebijakan Alih Teknologi (O3)	Peningkatan capacity building altek bagi lemlit (S2O3) Kelingkapan Pandum/Juknis Alih Teknologi (S3O3) Kelingkapan business plan utk HI yg siap komersial (S4O2)	Penyusunan Pandum/Juknis komersialisasi invenyi(W3O2) Perbaikan SOP kerjasama invenyi (W4O3) Penyusunan Pandum/Juknis Royalti(W5O3)	
Ancaman(T)		Strategi S-T	Strategi W-T
Persaingan (T1)	Peningkatan HI BUS (Baru, Unik Seragam, Stabil) (S1T1)	Pra Licensi utk HI berupa Varietas (W2T1)	
Hasil Invenyi (T2)	Penyusunan Business Plan Invenyi (S2T2)	Penyusunan Valuasi HI (W3T2)	
Risiko (T3)	Penekanan biaya invenyi (S5T4)	Penyusunan Business plan (W3T3)	
Birokrasi Kerjasama (T4)	Penyusunan SOP Royalti dan Kerjasama (S5T4)	Penyusunan Pandum/Juknis Komersialisasi (W4T4)	
Royalti Kekayaan Intelektual (T5)			

Berikutnya pada tahap keputusan (*decision stage*) perlu disusun matriks QSPM produk hasil inovasi (Tabel 6) dengan menentukan skor kemenarikan sehingga diperoleh skor total kemenarikan (*Total Attractiveness Score*) yang tertinggi pada strategi membuat valuasi (penilaian). Valuasi diperlukan dalam rangka menilai hasil invenyi sebelum dilisensikan kepada pihak mitra/investor. Baik menurut inventor maupun investor, keduanya menganggap bahwa hal ini sangat diperlukan dalam rangka menyusun perencanaan bisnis atas produk hasil inovasi yang akan dikomersialkan. Kelengkapan panduan dalam melaksanakan kerjasama lisensi sebaiknya selain didukung oleh kelengkapan teknis akan

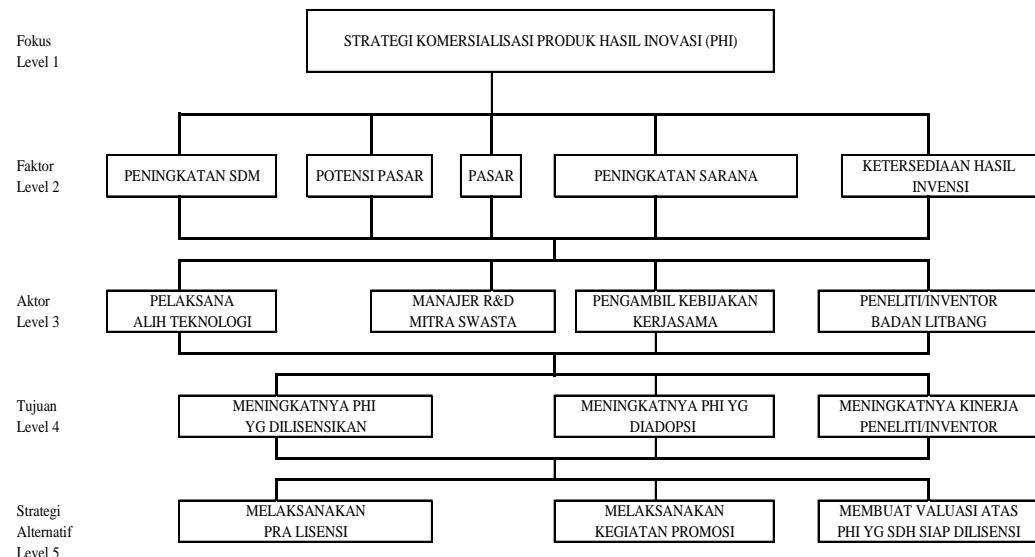
karakteristik hasil invensi yang akan dilisensi juga diperlukan kelengkapan perencanaan bisnis termasuk SOP (standar operasional prosedur), misalnya untuk petunjuk teknis melaksanakan penanaman bagi produk hasil inovasi yang berupa varietas. Sehingga mitra/investor dapat memiliki hasil sebagaimana yang diharapkan oleh inventor.

Tabel 6. Matriks QSPM produk hasil inovasi.

Critical Success Factor	Bobot	Strategi I		Strategi II		Strategi III		Strategi IV	
		Growth and Develop		Pra Lisensi		Promosi		Valuasi	
		AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS
Peluang (O)									
Potensi Pasar (O1)	0.20	4	0.80	4	0.80	4	0.80	4	0.80
Pasar (O2)	0.17	4	0.68	3	0.51	4	0.68	3	0.51
Kebijakan Alih Teknologi (O3)	0.13	3	0.39	2	0.26	4	0.52	3	0.39
Ancaman (T)									
Persaingan (T1)	0.15	3	0.45	2	0.30	3	0.45	2	0.30
Hasil InvenSI (T2)	0.15	3	0.45	4	0.60	4	0.60	4	0.60
Risiko (T3)	0.05	3	0.15	3	0.15	3	0.15	1	0.05
Birokrasi Kerjasama (T4)	0.10	2	0.20	4	0.40	3	0.30	4	0.40
Royalti Kekayaan Intelektual (T5)	0.05	3	0.15	1	0.05	1	0.05	2	0.10
Kekuatan									
SDM yang berpengalaman (S1)	0.20	4	0.80	4	0.80	4	0.80	4	0.80
Lemlit Pertanian yg kuat (S22)	0.05	3	0.15	4	0.20	4	0.20	4	0.20
Sarana/prasarana memadai (S3)	0.10	3	0.30	3	0.30	3	0.30	4	0.40
Hasil InvenSI dibutuhkan (S4)	0.15	2	0.30	2	0.30	4	0.60	4	0.60
Kebijakan Alih Teknologi (S5)	0.10	2	0.20	2	0.20	3	0.30	3	0.30
Kelemahan									
Pembangunan Pemerintah (W1)	0.05	2	0.10	2	0.10	1	0.05	3	0.15
Hasil InvenSI belum stabil (W2)	0.15	3	0.45	3	0.45	3	0.45	4	0.60
Sistem Komersialisasi InvenSI (W3)	0.10	2	0.20	3	0.30	2	0.20	4	0.40
Birokrasi Kerjasama (W4)	0.05	2	0.10	2	0.10	2	0.10	4	0.20
Royalti Kekayaan Intelektual (W5)	0.05	2	0.10	4	0.20	1	0.05	4	0.20
Total			5.97		6.02		6.60		7.00

Struktur Hierarki.

Perumusan desain struktur strategi komersialisasi produk hasil inovasi pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur hirarki strategi alternatif komersialisasi produk hasil inovasi.

Tingkat pertama, struktur ditetapkan sebagai fokus yang ingin dikonsentrasi, yaitu strategi komersialisasi produk hasil inovasi. Tingkat kedua, struktur ditetapkan sebagai faktor-faktor yang menyusun strategi komersialisasi, yaitu: 1) Peningkatan SDM; 2) Potensi Pasar; 3) Pasar; 4) Peningkatan sarana/prasarana; dan 5) Ketersediaan hasil invensi. Tingkat ketiga, struktur ditetapkan sebagai aktor yang terlibat dalam upaya komersialisasi jagung hibrida hasil invensi yaitu: 1) Pelaksana alih teknologi; 2) Manajer R&D mitra/investor; 3) Pengambil Kebijakan Kerjasama; dan 4) Peneliti/Inventor Badan Litbangtan. Tingkat keempat, struktur ditetapkan sebagai alternatif tujuan dalam mencapai strategi komersialisasi, yaitu: 1) Meningkatkan hasil invensi yang dilisensikan; 2) Meningkatkan hasil invensi yang diadopsi; dan 3) Meningkatkan kinerja peneliti/inventor. Tingkat kelima, sebagai alternatif strategi yang dapat digunakan dalam mencapai fokus strategi komersialisasi jagung hibrida hasil invensi, yaitu: 1) Melaksanakan pra lisensi; 2) Melaksanakan promosi; dan 3) Membuat valuasi hasil invensi.

Pengolahan AHP.

Melalui program expert choice diperoleh diagram hasil pembobotan strategi komersialisasi produk hasil inovasi Badan Litbangtan dapat dilihat pada Gambar

3. Menurut pendapat responden untuk pelaksanaan strategi komersialisasi perlu dilakukan strategi promosi yang lebih giat lagi bobot pada strategi melaksanakan promosi 0,402, sedangkan untuk strategi membuat valuasi invensi 0,304 dan untuk strategi melaksanakan pra lisensi 0,294.



Gambar 3. Sintesis alternatif strategi.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa responden, baik inventor maupun mitra/investor menganggap bahwa promosi merupakan strategi alternatif yang mampu meningkatkan upaya komersialisasi produk hasil inovasi. Promosi merupakan salah satu kegiatan bauran pemasaran. Promosi yang dilaksanakan dalam rangka komersialisasi dilaksanakan Badan Litbangtan melalui berbagai metode termasuk diantaranya mengikuti expo/pameran teknologi, melaksanakan round table meeting sebulan sekali, melalui web sites, melalui siaran televisi swasta maupun siaran televisi pemerintah. Ujung tombak promosi sendiri yaitu : peneliti/inventor tersebut terutama dalam mengkomunikasikan hal yang abstrak (intangible) menjadi sesuatu yang riil.

Pengolahan Horizontal.

Bobot yang diperoleh dari expert choice kemudian diolah secara horizontal untuk mengetahui peringkat faktor yang menjadi prioritas. Berdasarkan pengolahan horizontal tersebut maka bobot faktor peningkatan sarana terhadap aktor pelaksana alih teknologi (0,960), selanjutnya aktor manajer R&D menentukan pada faktor ketersediaan hasil invensi (0,900) sedangkan aktor pengambil kebijakan menentukan pada faktor peningkatan SDM (0,667). Berdasarkan hasil pengolahan horizontal didalam membandingkan antara aktor

dengan tujuan diperoleh hasil bahwa aktor pelaksana alih teknologi dan peneliti/inventor menentukan peningkatan produk hasil inovasi yang dilisensi (0,818) (Tabel 3, 4 dan Tabel 5).

Tabel 3. Peringkat aktor terhadap faktor dalam strategi komersialisasi produk hasil inovasi Badan Litbangtan.

No	Faktor/Aktor	Pelaksana Altek	Manajer R&D	Pengambil Kebijakan	Peneliti/Inventor	Bobot
1	Peningkatan SDM	0.317	0.621	0.667	0.666	5
2	Potensi Pasar	0.440	0.656	0.671	0.679	3
3	Pasar	0.625	0.655	0.659	0.677	4
4	Peningkatan Sarana	0.960	0.711	0.595	0.689	1
5	Ketersediaan Hasil	0.438	0.900	0.640	0.750	2

Tabel 4. Peringkat aktor terhadap tujuan dalam strategi komersialisasi produk hasil inovasi Badan Litbangtan.

No	Aktor/Tujuan	PHI Dilisensi	PHI yg diadopsi	Kinerja Peneliti	Bobot
1	Pelaksana Altek	0.818	0.787	0.770	1
2	Manajer R&D	0.695	0.778	0.766	3
3	Pengambil Kebijakan	0.767	0.778	0.717	2
4	Peneliti/Inventor	0.818	0.778	0.778	1

Tabel 5. Peringkat tujuan terhadap alternatif strategi dalam strategi komersialisasi produk hasil inovasi Badan Litbangtan.

No	Tujuan/Alternatif	Pra Licensi	Promosi	Valuasi Invensi	Bobot
1	PHI Dilisensi	0.818	0.787	0.770	1
2	PHI Diadopsi	0.818	0.753	0.762	1
3	Kinerja peneliti	0.742	0.747	0.770	2

Pengolahan Vertikal.

Pada pengolahan hasil secara vertikal diperoleh bobot aktor yang menjadi prioritas utama untuk strategi komersialisasi produk hasil inovasi adalah peneliti/inventor (0,364) sedangkan aktor berperan berikutnya adalah pengambil kebijakan kerjasama (0,255). Sedangkan pada pembobotan tujuan diperoleh bahwa tujuan yang memiliki prioritas pertama adalah meningkatnya produk hasil inovasi yang diadopsi (0,387) dan untuk alternatif strategi yang bisa dilakukan yaitu membuat valuasi invensi (0,490) (Tabel 6, 7, dan 8).

Tabel 6. Hasil pengolahan vertikal terhadap pembobotan aktor.

Aktor	Bobot	Peringkat
Pelaksana Alih Teknologi	0.134509	4
Manajer R&D	0.246263	3
Pengambil Kebijakan	0.255117	2
Peneliti/Inventor	0.364263	1

Tabel 7. Hasil pengolahan vertikal terhadap pembobotan tujuan

Tujuan	Bobot	Peringkat
Meningkatnya PHI di lisensi	0.2429726	3
Meningkatnya PHI di adopsi	0.387927931	1
Meningkatnya kinerja peneliti/inventor	0.369363223	2

Tabel 8. Hasil pengolahan vertikal terhadap pembobotan tujuan.

Alternatif Strategi	Bobot	Peringkat
Melaksanakan Pra Lisensi	0.245854935	3
Melaksanakan promosi	0.263793391	2
Membuat valuasi invensi	0.490615428	1

Berdasarkan hasil pengolahan horizontal dan vertikal tersebut dapat diketahui bahwa untuk optimalisasi kerjasama dalam rangka komersialisasi produk hasil inovasi, Badan Litbangtan perlu memperhatikan faktor peningkatan sarana, meningkatkan kemampuan peneliti/inventor selaku aktor komersialisasi itu sendiri melalui kemampuannya 'menjual' untuk mempromosikan produk hasil inovasi/invensi yang dihasilkannya, serta melaksanakan pra lisensi guna meningkatkan produk hasil inovasi yang diadopsi dan dilisensikan.

KESIMPULAN

Produk hasil inovasi yang telah dikomersialkan kepada pihak mitra/investor dapat dibagi menjadi 2 (dua) golongan besar, yaitu : 1) Produk Hasil Inovasi Non Varietas, seperti pupuk, bio pestisida hayati, dan tepung cassava; dan 2) Produk Hasil Inovasi Varietas, seperti jagung hibrida, padi hibrida dan kenaf. Mekanisme alih teknologi yang dilakukan Badan Litbangtan yaitu melalui kerjasama. Badan

Litbangtan perlu terus mengoptimalkan kekuatan dan menekan kelemahan yang ada, seperti dengan menggiatkan arah penelitian yang bernilai komersial dan lebih mengarahkan kegiatan penelitian pada 'research for commercialize' dan bukan 'research for science' lagi.

Upaya yang dapat dilaksanakan oleh Badan Litbangtan didalam mendukung strategi komersialisasi yaitu : melaksanakan promosi (0,402); menyusun valuasi invensi (0,304) dan melaksanakan pra lisensi (0,294). Aktor yang menjadi penentu keberhasilan strategi komersialisasi adalah peneliti/inventor dan pelaksana alih teknologi (0,818). Sedangkan untuk alternatif strategi yang perlu diutamakan adalah strategi dalam meningkatkan produk hasil inovasi yang dilisensikan dan yang diadopsi (0,818). Berdasarkan hasil pengolahan horizontal dan vertikal tersebut dapat diketahui bahwa untuk optimalisasi kerjasama dalam rangka komersialisasi produk hasil inovasi, Badan Litbangtan perlu memperhatikan faktor peningkatan sarana, meningkatkan kemampuan peneliti/inventor selaku aktor komersialisasi itu sendiri melalui kemampuannya 'menjual' untuk mempromosikan produk hasil inovasi/invensi yang dihasilkannya, serta melaksanakan pra lisensi guna meningkatkan produk hasil inovasi yang diadopsi dan dilisensikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan terutama pada Badan Litbang Pertanian untuk pendanaan kegiatan penelitian dan para responden.

DAFTAR PUSTAKA

- David, Fred R. 2009. Manajemen Strategis: Konsep. Edisi 12, Buku 1. Penerbit Salemba Empat. Dono Sunardi, Penerjemah. Jakarta.
- Saaty, T. L. 1993. Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin. Diterjemahkan Oleh Liana Setiono. Pustaka Binaman Presindo. Jakarta
- Umar, Husein. 2008. Strategic Management in Action : Konsep Teori, dan Teknik Menganalisis Manajemen Strategis Strategic Buisness Unit Berdasarkan Konsep Michael R. Porter, Fred R. David dan Wheelen-Hunger. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Waluyo, M. 2006. Tesis : Peningkatan Nilai Tawar Teknologi Hasil-hasil Penelitian untuk Percepatan Proses Komersialisasi yang Sinkron dengan Model Pelaksanaan Pengembangan Penelitian. Program Studi Teknik Industri. Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik. Universitas Indonesia.

**IbM KELOMPOK PETANI TERNAK AYAM LOKAL LANGKA DAN
RAWAN PUNAH DI KABUPATEN TULUNGAGUNG,
JAWA TIMUR**

(Science and Technology for Community: Working Group of the Rare-Local
Chicken Farmers in Tulungagung District, East Java)

Maria Ulfah, Edit Lesa Adita

Dep. Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan, IPB

ABSTRAK

Kegiatan IbM yang telah dilakukan meliputi paket pendidikan pelestarian ayam lokal, dan paket pelatihan budidaya ayam lokal yang diikuti oleh 12 orang (5 orang laki-laki dan 7 orang perempuan), dimana sebagian besar (66.67%) berada pada kisaran umur produktif (17-55 tahun) yang sangat memungkinkan untuk mengembangkan budidaya ayam lokal di masa yang akan datang. Target luaran yang tercapai dari program ini adalah: 1). Jasa melalui pendampingan terhadap petani ternak ayam lokal, dan 2). Terbentuknya Kelompok Petani Ternak Ayam Lokal CINDE LARAS. Belum tersedianya bibit ayam lokal, khususnya ayam lokal langka dan rawan punah (seperti ayam *Legund* dan *Walik*) yang baik, terbatasnya sarana dan prasarana yang mendukung budidaya ayam lokal, terbatasnya pemanfaatan ekskreta ayam, dan keterbatasan lahan dan pendanaan merupakan beberapa permasalahan yang ditemukan selama pelaksanaan program IbM.

Kata kunci: Kelompok petani ternak ayam lokal langka, pendidikan pelestarian, budidaya ayam lokal yang baik.

ABSTRACT

The preservation education activities, and training of good local chicken farming for the farmers in Tulungagung District, East Java were done in the program of Science and Technology for Community. There were 12 farmers joined on this program. The output raised from this program were: (1). Services for local chicken farmers; and (2). Building the working group of local chicken farmer "CINDE LARAS". The difficulty to get the local chicken germs, especially the rare ones such as naked neck and frizzle chickens, the poor condition of local chicken farming, the un-managed of chicken excreta, and the limitation of land and fund were the obstacles observed on this program.

Keywords: The rare-local chickens, preservation education, good local-chicken farming

PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai 31 rumpun ayam lokal yang mempunyai cirri-ciri khas (spesifik daerah) yang berbeda dengan ayam lokal biasa/Kampung, namun demikian masih perlu digali potensinya (Nataamijaya 2000). Beberapa jenis ayam lokal seperti ayam leher gundul (*Legund*) dan berbulu terbalik (*Walik*) dikategorikan sebagai ayam langka (Sartika dan Iskandar 2007) karena belum

banyak data bio-ekologi, parameter genetik, dan karakteristik sifat produksi dan reproduksi yang tersedia. Kesulitan mendapatkan bibit ayam lokal, menyebabkan petani-petani ternak di Kecamatan Rejotangan berkeinginan untuk meningkatkan populasi dan produktivitasnya. Pada umumnya, petani ternak juga belum memahami potensi dari keunikan karakter yang dimiliki ayam lokal sehingga mereka mencampur berbagai jenis ayam dalam sistem pemeliharaannya. Dikhawatirkan tidak adanya upaya pelestarian yang serius maka ke depannya populasi spesies-spesies ini akan punah sebelum dapat diambil manfaatnya.

Berdasarkan hal tersebut, petani ternak di Kecamatan Rejotangan yang sangat responsif mengajak akademisi dari perguruan tinggi untuk bermitra kerja dalam upaya mewujudkan keinginan mereka untuk mengembangkan suatu model budidaya ayam lokal yang berbasis sumberdaya lokal. Oleh karena itu kegiatan pelatihan tentang pengenalan jenis ayam lokal dan budidaya ayam lokal yang baik perlu dilakukan. Dalam upaya mewujudkan kegiatan yang dapat menjawab permasalahan yang ada di masyarakat dan berkelanjutan (*sustainable*) dengan sasaran yang tidak individual maka melalui kegiatan ini juga diharapkan terbentuk kelompok petani ternak ayam lokal. Kelompok ini akan sangat penting peranannya dalam proses penyadaran pentingnya pelestarian keanekaragaman hayati ayam lokal dan pemberdayaan petani ternak untuk tujuan peningkatan pemanfaatan sumberdaya alam lokal yang berkelanjutan dan lestari sesuai dengan kebijakan pembangunan peternakan khususnya di Kabupaten Tulungagung untuk meningkatkan jumlah dan produktivitas ayam lokal dan usaha untuk mempertahankan kelestarian dan kemurnian ayam lokal secara selektif.

Tujuan program IbM ini adalah untuk memberikan pemahaman kepada petani ternak tentang potensi keunikan karakter ayam lokal sebagai upaya pelestariannya, dan untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman tentang budidaya ayam lokal yang baik untuk meningkatkan populasi dan produktifitasnya. Melalui program IbM ini diharapkan diharapkan masyarakat juga akan mengetahui arti penting keunikan dan pelestarian keanekaragaman ayam lokal Indonesia (khususnya ayam langka dan rawan punah) sehingga masyarakat terpacu motivasinya untuk mengembangkan usaha budidaya ayam lokal dengan memanfaatkan sumberdaya lokal yang berkelanjutan dan lestari.

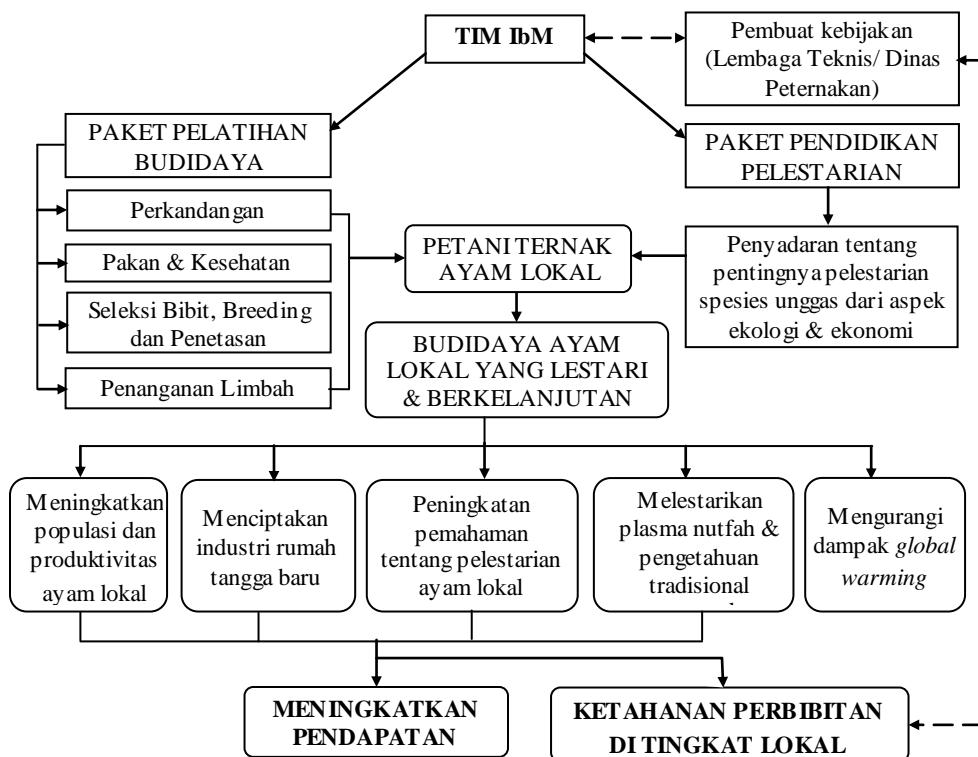
METODE PENELITIAN

Tahapan Kegiatan

Pelatihan secara kolektif kepada petani ternak ayam lokal

1. Paket pendidikan pelestarian, yang meliputi: (1). pengenalan potensi keunikan karakter yang dimiliki ayam lokal Indonesia yang telah beradaptasi dengan lingkungannya, dan perannya dalam pemuliaan genetik ayam untuk meningkatkan produktivitasnya, dan (2). penyadartahuan tentang pentingnya pelestarian spesies ditinjau dari aspek ekologi & ekonomi. Dalam sosialisasinya akan dibuat pin dan stiker dengan tema ayam lokal Indonesia;
2. Paket pelatihan budidaya ayam lokal, yang meliputi: (1). penjelasan dan diskusi tentang budidaya ayam lokal yang baik dan pengembangan peternakan ayam organic, (2). *praktik* seleksi bibit ayam lokal yang baik, dan (3). praktik penetasan telur ayam lokal.

Gambaran Ipteks yang akan ditransfer kepada mitra ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambaran Ipteks yang ditransfer kepada mitra.

Target Luaran

Luaran program IbM Kelompok Petani Ternak Ayam Lokal Langka dan Terancam Punah di Kabupaten Tulungagung, Jawa timur ini adalah :

1. Jasa melalui pendampingan terhadap petani ternak ayam lokal. Melalui jasa pendampingan diharapkan akan terjadi pergeseran paradigma petani ternak dalam budidaya ayam lokal yang berwawasan pelestarian lingkungan. Pengetahuan tradisional peternak yang ramah lingkungan diharapkan dapat dikombinasikan dengan pedoman pembibitan ayam lokal yang baik (*Good native chicken breeding practice*) (Peraturan Menteri Pertanian Nomor 49/Permentan/Ot.140/10/2006). Melalui *demo plot* diharapkan dapat dibuat suatu model pengembangan budidaya ayam lokal yang sangat bermanfaat bagi upaya pelestarian dan keberlanjutan pengembangan budidayanya.
2. Terbentuknya kelompok petani ternak ayam lokal yang penting dalam proses penyadaran pentingnya pelestarian keanekaragaman hayati dan pemberdayaan petani ternak untuk tujuan peningkatan pemanfaatan yang berkelanjutan dan lestari.

Evaluasi kegiatan

Evaluasi kegiatan yang dilakukan meliputi:

1. Pengamatan respon petani ternak terhadap introduksi budidaya ayam lokal yang baik. Evaluasi ini dilakukan berdasarkan keikutsertaan/partisipasi dan keaktifan khalayak sasaran dan respon pada saat dilakukan praktik dan diskusi
2. evaluasi terhadap tingkat adopsi ilmu pengetahuan dan teknologi yang diintroduksikan (jumlah petani ternak yang memanfaatkan inovasi ini dalam budidaya ayam lokalnya)
3. terbentuknya kelompok petani ternak ayam lokal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Potensi Sumberdaya di Lokasi Mitra

Total populasi ayam lokal di Kecamatan Rejotangan sampai tahun 2009 adalah 127.896 ekor (Disnak Tulungagung, 2009). Dari total populasi ayam lokal tersebut, belum tersedia data tentang populasi masing-masing jenis ayam lokal

yang ada di Kecamatan Rejotangan, termasuk yang ada di Kabupaten Tulungagung. Padahal menurut survei pendahuluan tim, setidaknya terdapat 6 jenis ayam lokal (ayam Kampung, ayam Bekisar, ayam Arab, ayam Bangkok, ayam Leher Gundul/Legund) dan ayam *Walik* yang dipelihara oleh petani ternak di Kecamatan Rejotangan dan telah menjadi bagian dari kehidupan mereka sehari-hari. Ayam *Walik* (*Frizzle chicken*) dan ayam *Legund* (*Naked-neck chicken*) merupakan jenis ayam lokal yang dikategorikan sebagai ayam langka dan rawan punah karena belum dikenal dan populasinya terbatas hanya pada daerah tertentu, informasi tentang performa, ciri utama, produktivitas, potensi genetik, asal usul dan kegunaannya masih belum tersedia dan masih perlu untuk digali lebih lanjut (Sartika & Iskandar 2007). Oleh karena itu, pihak Dinas Peternakan Kabupaten Tulungagung menyambut baik dan mendukung program IbM ini.

Jumlah petani ternak yang mengikuti Program IbM ini adalah 12 orang. Karakteristik petani ternak ayam lokal ditunjukkan pada Tabel 1. Sebagian besar petani ternak (66.67%) berada pada kisaran umur produktif yang merupakan salah satu faktor pendukung pengembangan ayam lokal di lokasi mitra.

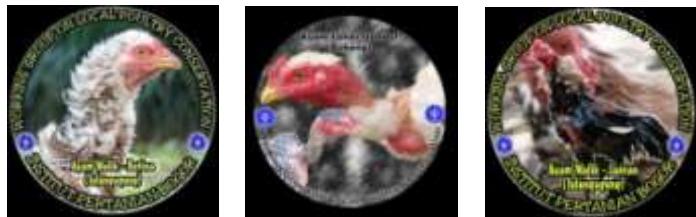
Tabel 1. Karakteristik petani ternak ayam lokal di lokasi mitra program IbM.

No	Komponen	Jumlah	
		Orang	%
1	Umur	17-55 tahun	8 66.67
		> 55 tahun	4 33.37
2	Jenis kelamin	Laki-laki	5 41.67
		Pereempuan	7 58.33
3	Tingkat pendidikan	Tidak sekolah	- -
		SD/sederajat	5 41.67
		SMP/sederajat	2 0.17
		SMA/sederajat	3 0.25
		Perguruan Tinggi/sederajat	2 0.17
		Buruh	- -
4	Pekerjaan	Ibu rumah tangga	6 0.50
		Petani/Peternak	6 0.50
		Wiraswasta	- -
		PNS	- -
		Konsumsi	- -
5	Tujuan Pemeliharaan Ayam Lokal*	Dijual	- -
		Konsumsi dan dijual	12 12

* Daging dan telur (tipe dwiguna)

Pelaksanaan Kegiatan IbM

Kegiatan pelatihan (paket pendidikan pelestarian dan paket pelatihan budidaya ayam lokal yang baik) telah dilaksanakan pada tanggal 2 September dan 4 September 2010. Sosialisasi potensi ayam lokal telah dilakukan dengan memberikan penjelasan tentang keunikan karakteristik jenis ayam lokal Indonesia dan manfaat dari keunikan karakteristik tersebut. Di samping itu juga dilakukan pembagian PIN dan stiker bergambar ayam lokal kepada petani ternak dan masyarakat di sekitar lokasi mitra. Desain PIN dan stiker yang digunakan pada program sosialisasi ini ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.

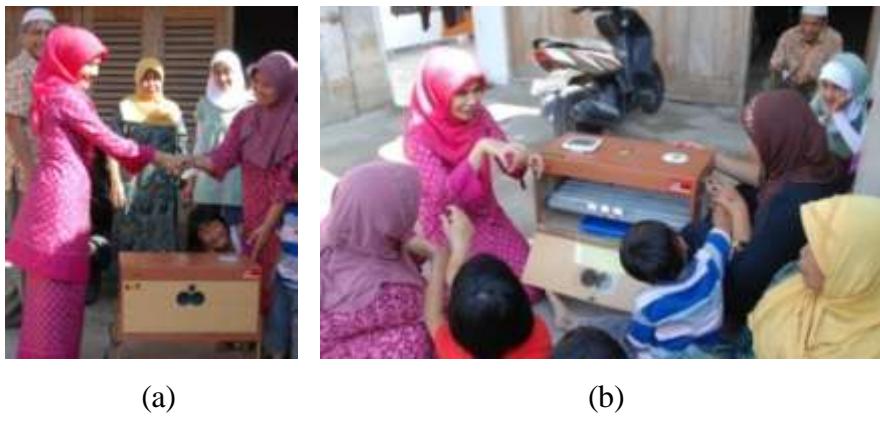


Gambar 2. Desain PIN sebagai media dalam sosialisasi jenis dan potensi keunikan karakteristik ayam lokal.



Gambar 3. Desain sticker sebagai media dalam sosialisasi jenis dan potensi keunikan karakteristik ayam lokal.

Program praktik seleksi bibit dilakukan berdasarkan pedoman pembibitan ayam lokal yang baik (*Good native chicken breeding practice*) (Deptan 2006) dan seleksi bibit ayam (Winter and Funk 1956). Keterbatasan dana kegiatan IbM menyebabkan tim pelaksana tidak memungkinkan untuk menyediakan bibit ayam sehingga praktik seleksi bibit ayam lokal yang baik menggunakan ayam lokal yang merupakan sumbangan dari petani ternak. Pada program ini, tim IbM menyerahkan 1 unit mesin tetas semi otomatis dengan kapasitas 150 butir kepada kelompok petani ternak ayam lokal (Gambar 4a). Praktik penetasan telur ayam ditunjukkan pada Gambar 4b.



Gambar 4. (a). Penyerahan 1 unit mesin tetas kepada mitra; dan (b). praktik penetasan telur ayam

Di samping itu juga dilakukan simulasi demoplot pembuatan kandang ayam lokal pada tanggal 27 Oktober 2010 di lokasi mitra. Disain kandang yang digunakan merujuk pada Iskandar (2007) dan IFOAM (2003).

Pencapaian Target Luaran

Target luaran program IbM Kelompok Petani Ternak Ayam Lokal Langka dan Terancam Punah di Kabupaten Tulungagung, Jawa timur yang telah dicapai adalah sebagai berikut:

- 1). Jasa melalui pendampingan terhadap petani ternak ayam lokal melalui program pelatihan (paket pendidikan pelestarian dan budidaya ayam lokal), dan praktik seleksi bibit dan penetasan telur ayam dengan menggunakan mesin tetas. Berdasarkan hasil evaluasi yang dilaksanakan selama kegiatan IbM berlangsung, petani ternak menunjukkan respon yang sangat baik terhadap kegiatan ini, baik pada saat diskusi maupun pada saat praktek. Pemberian pemahaman tentang pentingnya pelestarian ayam lokal sebagai plasma nutrional Indonesia, menyebabkan petani ternak mempunyai semangat yang tinggi untuk meningkatkan populasi dan mengembangkannya lebih lanjut.
- 2). Terbentuknya Kelompok Petani Ternak Ayam Lokal “CINDE LARAS”. Semangat yang tinggi dari petani ternak setelah mengikuti pelatihan diwujudkan dengan pembentukan Kelompok Petani Ternak Ayam Lokal “CINDE LARAS” dengan ketua kelompok Bpk. Drs. H. Muhammad Aspihan.

Evaluasi Kegiatan IbM

Evaluasi kegiatan IbM yang dilakukan didasarkan pada:

- 1) Keikutsertaan/partisipasi dan keaktifan pihak mitra dan respon pada saat dilakukan praktik dan diskusi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pihak mitra sangat kooperatif dan berpartisipasi aktif dalam mengikuti materi pelatihan. Diskusi antara tim IbM dengan pihak mitra berjalan dengan baik sehingga materi pelatihan dapat dikembangkan sesuai dengan yang mereka butuhkan.
- 2) Tingkat adopsi ilmu pengetahuan dan teknologi yang diintroduksikan (jumlah petani ternak yang memanfaatkan inovasi ini dalam budidaya ayam lokalnya). Secara tradisional, pihak mitra sebenarnya sudah memiliki pengetahuan tradisional dalam budidaya ayam lokal yang mereka peroleh secara turun temurun. Dengan program IbM ini, pengetahuan tradisional tersebut dapat dipadukan dengan pedoman budidaya ayam lokal yang baik (Deptan 2006), sehingga pemahaman petani ternak tentang pentingnya manajemen budidaya ayam lokal yang baik dapat ditingkatkan. Kondisi ini telah memacu petani ternak untuk mengadopsi materi pelatihan yang diberikan, diantaranya:
 - a) Sebelum dilakukan pelatihan, enam orang petani ternak masih menyebut ayam lokal yang dimilikinya seperti ayam *Legund* dan ayam *Walik* sebagai ayam Kampung. Setelah mendapatkan penjelasan tentang jenis-jenis ayam lokal yang ada di Indonesia, mereka dapat membedakan karakteristik ayam-ayam lokal yang dimilikinya
 - b) Seleksi bibit ayam secara tradisional yang dilakukan oleh mitra selama ini hanya berdasarkan penampilan fisik ayam dimana badannya tegap, jenggernya merah segar, tidak lesu dan warna bulunya mengkilap. Dengan pengenalan sistem seleksi bibit ayam berdasarkan pedoman pembibitan ayam lokal yang baik (*Good native chicken breeding practice*) (Deptan 2006) dan seleksi bibit ayam (Winter and Funk 1956) yang telah ditransfer kepada mitra, pemahaman peternak tentang pemilihan bibit ayam lokal yang dipeliharanya menjadi lebih baik.

- c) Sistem pemeliharaan ayam lokal secara semi intensif (diumbar pada siang hari di sekitar pekarangan rumah dan dikandangkan pada malam hari) yang diterapkan oleh petani ternak sebenarnya sudah memperhatikan konsep *animal welfare*. Namun sistem pengumbaran tanpa menggunakan pagar pembatas di pekarangan rumah dapat menyebabkan ayam mengkonsumsi apa saja yang berakibat kurang baik bagi kesehatannya. Ayam yang berkeliaran kemana-mana juga dapat bercampur dengan jenis ayam yang lainnya. Di samping itu, kotoran ayam juga berceciran kemana-mana yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi ayam dan manusia, terlebih jika ayam diumbar di lokasi perkandangan sapi perah/pedaging. Dengan program IbM ini, sebagian petani ternak sudah mulai membuat pagar pembatas atau kandang di pekarangan rumahnya. Keseriusan petani ternak untuk mengembangkan ayam lokal juga terwujud dari keinginan mereka untuk mendapatkan pendampingan yang berkelanjutan dalam mendesain model pembibitan ayam lokal. Mereka juga menginginkan pendampingan dalam pembuatan kandang ayam untuk tujuan pembibitan. Karena pemahaman yang sangat tinggi dari mitra tentang keterbatasan dana dari program IbM, maka pihak mitra menawarkan untuk memberikan sumbangan peralatan untuk pembuatan *demoplot* kandang pembibitan ayam lokal.
 - d) Selama ini semua petani ternak menetasan telur ayam secara alami, yaitu dengan penggeraman induknya, sehingga produktivitas ayam masih rendah. Dengan introduksi sistem penetasan semi otomatis, petani ternak memahami dan dapat mempraktikkan penetasan telur ayam dengan mesin tetas. Ke depannya sangat diharapkan program IbM ini berlanjut sehingga dapat menyediakan jumlah mesin tetas yang lebih banyak untuk mendukung pengembangan budidaya ayam lokal di lokasi mitra.
- 3) Terbentuknya kelompok petani ternak ayam lokal. Berdasarkan permasalahan keinginan untuk melestarikan ayam lokal, namun kesulitan untuk mendapatkan bibit ayam lokal, keterbatasan lahan dan pendanaan yang dihadapi petani ternak ayam lokal di Kecamatan Rejotangan, maka terbentuklah Kelompok Petani Ternak Ayam Lokal “CINDE LARAS”.

Hambatan yang ditemukan dan Cara Penanggulangan

Hambatan-hambatan yang ditemukan selama pelaksanaan kegiatan IbM ini adalah sebagai berikut:

- a. Program kegiatan yang dikembangkan lebih banyak memberikan penyuluhan tentang pentingnya pelestarian ayam lokal dan budidaya ayam lokal yang baik karena terbatasnya dana IbM yang disetujui oleh DIKTI. Namun demikian, petani ternak cukup terbuka dan kooperatif sehingga diskusi yang lebih mendalam dengan petani ternak dapat dilakukan dengan baik sehingga materi penyuluhan juga dikembangkan sesuai dengan kebutuhan petani ternak.
- b. Praktik/demoplot yang dilakukan sangat terbatas yaitu tentang proses seleksi bibit dan penetasan telur ayam karena keterbatasan dana dari program IbM. Pemilihan program demoplot ini didasarkan pada hasil diskusi dengan petani ternak dimana petani ternak mempunyai keinginan yang sangat besar untuk mengembangkan ayam lokal di daerah mereka. Keseriusan ini juga dapat ditunjukkan dari keinginan mereka untuk menyumbangkan bibit ayam dan telur ayam lokal untuk keperluan praktik.
- c. Keterbatasan peralatan mesin tetas. Karena jumlah mesin tetas yang disumbangkan dari program IbM hanya 1 buah, maka sebagian petani ternak masih menggunakan sistem penggeraman telur ayam secara alami dengan penyempurnaan sesuai dengan yang diberikan selama pelatihan. Tim IbM belum mendapatkan solusi tentang hal ini karena keterbatasan dana dari program ini, sehingga tim IbM menyarankan petani ternak untuk memperbaiki sistem penggeraman telur secara alami sesuai dengan materi pelatihan. Petani ternak dan tim IbM sangat berharap ke depannya program pendampingan ini akan berlanjut multi tahun sehingga keinginan petani ternak untuk mengembangkan pembibitan ayam lokal dalam upaya menyuplai kebutuhan ayam lokal yang selama ini ketersediaannya masih jauh dari kebutuhan konsumen dapat terpenuhi.
- d. Kegiatan IbM ini sebagian besar dilakukan pada saat bulan puasa Ramadhan sehingga petani ternak tidak banyak memiliki waktu luang. Solusi yang

dilakukan adalah dengan melakukan diskusi (didampingi oleh pendamping lokal) dengan petani ternak di luar waktu pertemuan penyuluhan.

- e. SDM yang terlibat dalam tim IbM sangat terbatas. Namun hal ini dapat diatasi dengan adanya kerjasama dan bantuan yang sangat baik antara tim IbM dengan koordinator petani ternak ayam lokal dan pendamping lokal dalam membantu kelancaran pelaksanaan kegiatan IbM.

Potensi yang perlu dikembangkan di Lokasi Mitra di Tahun Berikutnya

Berdasarkan data dasar tentang karakteristik mitra dan potensi sumberdaya yang dimiliki mitra pada kegiatan IbM tahap awal pada tahun 2010 ini, kegiatan IbM berikutnya (2011-2012) sangat penting untuk dilakukan dengan metode pelatihan (yang mendalam) dan pendampingan intensif terhadap mitra dalam pengembangan budidaya ayam lokal tidak hanya sebagai upaya pelestarian, tetapi juga sebagai sumber pendapatan yang dapat meningkatkan potensi lokal dan perekonomian mitra. Potret permasalahan-permasalahan lain yang terekam dan perlu untuk dicari jalan keluar adalah sebagai berikut:

- 1) Sampai saat ini belum tersedia bibit ayam lokal, khususnya ayam lokal langka dan rawan punah (seperti ayam Legund dan walik) yang baik, terutama bebas dari penyakit ayam klasik yang sering dialami masyarakat seperti *New Castle Diseases* (ND) dan Salmonellosis, sehingga hal ini masih menjadi kendala bagi petani ternak ayam lokal di Kabupaten Tulungagung khususnya dan di Indonesia pada umumnya, terutama jika kedepannya akan dikembangkan pembibitan lokal. Walaupun terjadi peningkatan pemahaman mitra tentang budidaya ayam lokal, namun pendampingan yang lebih intensif (terutama penyediaan bibit, seleksi bibit dan evaluasi bibit, dan penetasan) masih sangat diperlukan oleh mitra.
- 2) Terbatasnya sarana dan prasarana yang mendukung budidaya ayam lokal seperti perkandungan, dan perlengkapan penetasan (misalnya mesin tetas dan perlengkapannya, bahan fumigasi mesin tetas dan telur tetas), sehingga peningkatan sarana dan prasarana tersebut sangat diperlukan
- 3) Masih terbatasnya pemanfaatan ekskreta ayam, sehingga teknologi penanganan dan pengolahan ekskreta ayam masih sangat diperlukan

- 4) Keterbatasan lahan menyulitkan petani ternak ayam lokal untuk mengembangkan budidaya ayam lokal yang dimilikinya sehingga sebagian mitra masih menempatkan ayam lokal dan kandang sapi pada lokasi yang sama. Sehingga pendampingan tentang desain perkandangan yang baik pada kondisi lahan yang terbatas, dan penanganan dan pengolahan limbah kotoran sapi juga masih perlu untuk dilakukan agar tidak mengganngu budidaya ayam lokal yang dikembangkan.

KESIMPULAN

Petani ternak ayam lokal sebagai mitra program IbM menunjukkan respon yang positif, aktif, terbuka dan kooperatif terhadap pelaksanaan IbM sehingga proses adopsi program juga dapat terlaksana. Petani ternak terpacu motivasinya untuk mengembangkan usaha budidaya ayam lokal dengan memanfaatkan sumberdaya lokal yang berkelanjutan dan lestari melalui pembentukan Kelompok Petani Ternak ayam Lokal CINDE LARAS. Terbatasnya sarana dan prasarana yang mendukung budidaya ayam lokal, lahan dan pendanaan, dan jumlah anggota tim pelaksana IbM merupakan kendala-kendala yang ditemukan selama pelaksanaan program IbM. Oleh karena itu ke depannya di harapkan dapat diselenggarakan program IbM multi tahun dengan pendampingan intensif terhadap mitra dalam rangka pengembangan budidaya ayam lokal tidak hanya sebagai upaya pelestarian, tetapi juga sebagai sumber pendapatan yang dapat meningkatkan potensi lokal dan perekonomian mitra.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Peternakan. 2006. Pedoman Pembibitan Ayam Lokal yang baik. Departemen Pertanian
- [IFOAM] International Federation of Organic Movement. 2002. *IFOAM Basic Standards*. Tholey-Theley. Germany: International Federation of Organic Movements
- Iskandar, S. 2007. Tatalaksana Pemeliharaan Ayam Lokal. Dalam: Keanekaragaman Sumber Daya Hayati ayam Lokal Indonesia: Manfaat dan Potensi (Eds. Diwyanto K. Prijono SN.). Pusat Penelitian Biologi. LIPI. Jakarta. Hlm.133-155

Natamijaya AG. 2000. The native chicken of Indonesia. Buletin Plasma Nutfah. Vol6 (1). Badan Litbang Pertanian

Sartika T. Iskandar I. 2007. Mengenal Plasma Nutfah Ayam Indonesia dan pemanfaatannya. Bogor: Balai Penelitian Ternak, Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.

**SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN CERDAS UNTUK
PENINGKATAN EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI MANAJEMEN
RANTAI PASOK KOMODITI PERTANIAN
DAN PRODUK AGROINDUSTRI**

(Intelligent Decision Support System for Effectivity and Efficiency Improvement of Agricultural Products and Commodities Supply Chain Management)

**Marimin¹⁾, Taufik Djatna¹⁾, Suharjito²⁾, Retno Astuti²⁾,
Ditdit N.Nugraha²⁾, Syarif Hidayat²⁾**

¹⁾Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

²⁾Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

ABSTRAK

Sistem pengambilan keputusan cerdas manajemen rantai pasok komoditi dan produk pertanian dikembangkan sebagai alat bantu untuk meningkatkan efektifitas keputusan rantai pasok yang menjamin distribusi keuntungan, risiko dan nilai tambah yang adil diantara pelaku manajemen rantai pasok dari hulu sampai hilir. Sistem ini didukung oleh basis data dan pengetahuan komoditas pertanian dimana Fuzzy AHP digunakan untuk mengidentifikasi risiko utama, kemudian model ISM dikembangkan untuk mengilustrasikan hubungan mitigasi risiko dalam rantai pasok agroindustri berbasis manggis. Untuk membangun transportasi yang efektif pada rantai pasok sawit, dikembangkan optimasi koloni semut untuk menyelesaikan tujuan ganda masalah jalur pasokan. Metode ini di uji dengan menggunakan data lapangan dan hasilnya dianalisis. Secara khusus model ini mendapatkan jalur optimum rantai pasok bioenergy berbasis kelapa sawit, yang diverifikasi dan validasi menggunakan data set riil. Untuk kegunaan penetapan nilai tambah di agroindustri kelapa sawit, kami memodifikasi metode Hayami untuk tanaman hortikultur satu siklus yang menghasilkan pangan dari bahan baku pertanian. Hasil modifikasi ini mampu menghitung rasio nilai tambah pada pelaku industri dan tingkat renumerasi pekerja serta tingkat pengembalian modal bagi investor.

Kata kunci: Keputusan cerdas, mitigasi risiko, optimasi fuzzy koloni semut, metode Hayami.

ABSTRACT

An intelligent decision support system for agricultural commodities and products supply chain management (IDSS-Agri-SCM) is developed to enhance effectiveness of supply chain decisions that led to the additional benefits, a fairly distribute of risks and value-added for supply chain management among actors from upstream to downstream. This system is supported by a database and knowledge base of agricultural commodities in which Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP) was performed to identify the main risks then we deployed an Interpretive Structural Modeling (ISM) to illustrate the interrelationship of those risks mitigations in the supply chain of mangosteen based agro-industry. For the purpose of building an effective transportation in palm oil supply chain, we improve the ant colony optimization for solving multi objectives based on supply path problem. This claimed solution lead to a fuzzy ant colony optimization. The developed multi objectives fuzzy ant colony optimization was used to search the optimum path of palm oil based bioenergy supply chain that has a better performance value. The method was verified and validated with a real data set and the finding was analyzed and discussed. For the purpose of effective added value setting in palm oil supply chain, we modified the Hayami method for a single cycle of horticultural crop of less than a single

year, or a single cycle of producing foods from agricultural raw materials. Input materials and output products are measured in their weight units. This modified Hayami method calculates the added value ratios for the industry actors, as well as the remuneration levels for the workers and return for the investors.

Keywords: Intelligent decisions, risk mitigation, fuzzy ant colony optimization, Hayami method.

PENDAHULUAN

Tingginya kompleksitas dan ketergantungan antar komponen merupakan karakteristik dari rantai pasok saat ini. Globalisasi, e-bisnis, permintaan yang mengambang dan bergesernya filosofi bisnis (seperti *outsourcing*) merupakan beberapa faktor yang membuat pemain rantai pasok menjadi lebih bergantung terhadap yang lain. Sebagai akibatnya rantai pasok menjadi lebih rentan terhadap gangguan. Jika suatu gangguan terjadi pada salah satu elemen dalam rantai pasok dapat mengganggu keseluruhan jaringan. Risiko dalam rantai pasok dapat diakibatkan dari suatu perusahaan dalam rantai pasok, atau keterhubungan antar organisasi dalam jaringan pasokan, atau antar jaringan pasokan dan lingkungannya, yang akan menyebabkan kerugian finansial secara menyeluruh atau bahkan mengakibatkan berhentinya kegiatan bisnis. Identifikasi, evaluasi, minimisasi, distribusi dan pengendalian risiko rantai pasok menjadi sangat penting (Karningsih, 2007).

Sistem manajemen rantai pasok relatif sudah berkembang pada bisnis dan industri non-pertanian, namun demikian untuk bisnis komoditi dan produk pertanian masih perlu dirumuskan lebih baik. Perumusan Model Manajemen rantai Pasok produk dan komoditi Pertanian (Agri-SCM) dan implementasinya perlu dilakukan secara komprehensif dan efektif. Agri-SCM menjadi lebih sulit karena beberapa sumber ketidakpastian dan hubungan yang kompleks antara pelaku dalam rantai pasok tersebut. Dalam hal ini keputusan dalam manajemen rantai pasok, seperti disain jaringan rantai pasok, optimisasi risiko dan nilai tambah, penyeimbangan risiko dan nilai tambah antar pelaku dalam rantai pasok, pemilihan pemasok, distributor dan pelaku penting lainnya, jumlah produksi dan penjadwalan, distribusi dan transportasi dan perencanaan sumberdaya lain yang terkait dalam rantai pasok bersifat kompleks, probabilistik dan kritis. Oleh karena

itu, keputusan reaksi terhadap ketidakpastian dan variabilitas mekanisme bisnis dalam rantai pasok perlu dilakukan secara efektif dan efisien (Graves dan Willems, 2004). Salah satu mekanismenya adalah dengan sistem penunjang pengambilan keputusan cerdas (*Intelligent decision support system for agricultural business and industry supply chain management*—IDSS Agri-SCM).

IDSS dapat dikembangkan pada berbagai bidang. Kwon (2006) menggunakan teknologi komputasi konteks-sadar untuk mendukung penelitian IDSS. Pada penelitian lain, Xu *et al.* (2006) mengaplikasikan IDSS dalam penilaian sendiri inovasi bisnis. Loebbeck dan Huyskens (2009) mengembangkan model sistem pengambilan keputusan berbasis dukungan sumberdaya jaringan menggunakan lima-bertahap metodologi. Penelitian yang berkaitan dengan manajemen risiko rantai pasok adalah Hallikas *et al.* (2002); Jutner *et al.* (2003); Harland *et al.* (2003); Cavinato (2004); Chopra dan Sodhi (2004); Wu *et al.* (2006); Tetapi kebanyakan penelitian ini mendiskusikan manajemen risiko rantai pasok pada bidang manufaktur. Beberapa studi manajemen risiko rantai pasok bidang agroindustri adalah Diaz dan Hansel (2007); Deep dan Dani (2009). Tetapi kajian tersebut belum mengidentifikasi risiko setiap tingkatan rantai pasok dan melakukan penyeimbangan risiko antar tingkatan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan berfokus pada masalah tersebut.

Penelitian ini menghasilkan sistem penunjang pengambilan keputusan cerdas untuk manajemen rantai pasok produk dan komoditi pertanian yang mendukung penetapan risiko mitigasi yang efektif serta responsif, menetapkan jalur optimum transportasi agroindustri biodiesel berbasis sawit serta membantu penghitungan nilai tambah bagi masing-masing pelaku dan pihak terkait dalam agroindustri sawit. Semua hasil ini diharapkan mampu membantu setiap pelaku rantai pasok untuk membuat keputusan cerdas secara cepat. Untuk memfokuskan pembahasan dalam makalah ini akan dijelaskan hasil penelitian pengembangan model pengambilan keputusan cerdas manajemen risiko rantai pasok produk dan komoditi pertanian.

METODE PENELITIAN

Kerangka konseptual penelitian

Dalam penelitian ini identifikasi dan analisis risiko akan dilakukan pada setiap pelaku rantai pasok untuk mendapatkan tingkat risiko masing-masing, kemudian dilakukan agregasi nilai risiko total rantai pasok sehingga mendapatkan ukuran tingkat risiko rantai pasok dan cara penanganan risiko dilakukan secara menyeluruh untuk mendapatkan distribusi dan keseimbangan risiko rantai pasok. Detail dari kerangka pikir penelitian manajemen risiko rantai pasok dapat dijelaskan dengan Gambar 1.

Tata Laksana Penelitian

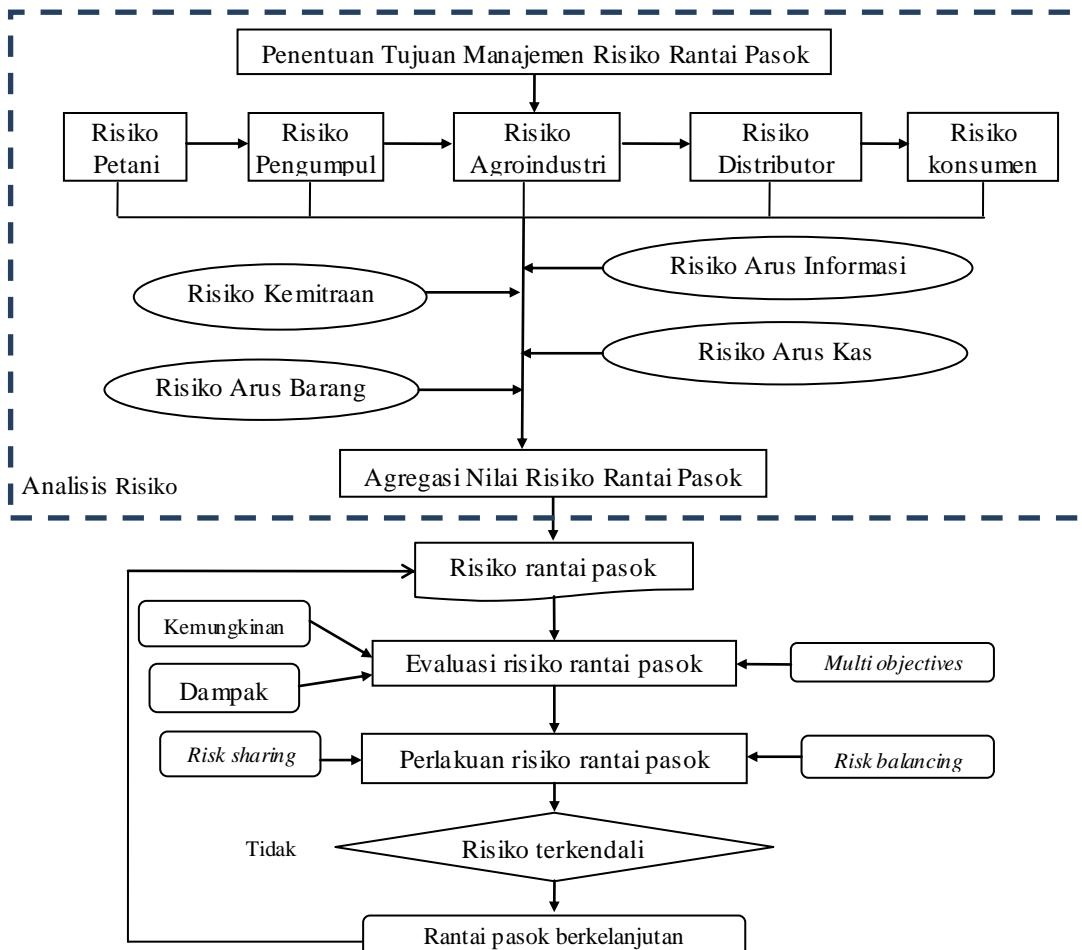
Langkah pengembangan sistem penunjang pengambilan keputusan cerdas manajemen risiko rantai pasok produk/komoditas jagung adalah: identifikasi pelaku, tujuan setiap pelaku dan faktor-faktor risiko rantai pasok, identifikasi risiko dan dampaknya pada setiap tingkatan rantai pasok, pengukuran dan evaluasi risiko rantai pasok, pengembangan model manajemen risiko rantai pasok dengan *multi objective programming*, pengembangan basis pengetahuan dan model penanganan risiko dengan pendekatan sistem inferensi *fuzzy*, analisa berbagai skenario manajemen risiko dengan kriteria jamak, pemilihan skenario manajemen risiko dengan memperhatikan profit sharing optimum dan minimisasi risiko global dan lokal, pembuatan sistem pendukung pengambilan keputusan cerdas manajemen risiko rantai pasok dan pembuatan rekomendasi tindakan dan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konfigurasi model

Model sistem penunjang pengambilan keputusan cerdas manajemen risiko rantai pasok produk/komoditi pertanian dikembangkan dengan menggunakan perangkat lunak komputer yang diberi nama IDSS-SCRM (*Intelligent Decision Support System Supply Chain Risk Management*). Komponen utama dari sistem IDSS-SCRM terbagi menjadi empat komponen utama yaitu sistem manajemen

basis model, sistem manajemen basis data, sistem manajemen basis pengetahuan dan sistem manajemen dialog.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian manajemen risiko rantai pasok.

Identifikasi risiko dilakukan dengan menggunakan pendekatan *fuzzy AHP* dan evaluasi risiko dilakukan dengan menggunakan logika *fuzzy* dengan input data pendapat beberapa ahli rantai pasok jagung. Identifikasi mitigasi risiko secara keseluruhan mempunyai tujuan untuk (1) meningkatkan nilai tambah, (2) Meningkatkan akses pasar (3) memperbaiki efisiensi operasional (4) memperlancar akses informasi (6) mengurasi risiko serta (7) menjaga kelangsungan kemitraan. Model negosiasi harga yang saling menguntungkan di tingkat petani dikembangkan menggunakan pendekatan stakeholder dialog berbasis pada penyeimbangan preferensi utilitas risiko *fuzzy* yang dihadapi oleh semua tingkatan rantai pasok. Selain itu, optimasi utilitas risiko *fuzzy* digunakan

untuk mendapatkan konsensus dalam stakeholder dialog, di mana fungsi utilitas risiko dasar diperoleh dengan menggunakan pendekatan regresi *fuzzy*. Mitigasi risiko untuk setiap tingkatan rantai pasok dikembangkan dengan menggunakan inferensi *fuzzy* berdasarkan risiko yang telah dievaluasi. Kerangka kerja yang dilakukan dalam penelitian ini akan mengacu pada kerangka kerja yang telah dikembangkan oleh Rajamani (2006), dengan beberapa penyesuaian pada manajemen risiko rantai pasok produk pertanian dan menggunakan kategori dan variabel risiko yang telah diidentifikasi oleh Xiaohui *et al.* (2006).

Pengendalian risiko rantai pasok

Pada rantai pasok komoditas jagung, risiko kritis yang perlu ditanggulangi adalah risiko rendahnya mutu pasokan bahan baku, risiko fluktuasi harga dan pasokan bahan baku, serta risiko distorsi informasi dalam jaringan rantai pasok. Untuk mengatasi dan mengantisipasi adanya risiko-risiko dalam manajemen rantai pasok komoditas jagung dapat dilakukan dengan cara melakukan kontrak kerjasama antar pihak yang berkepentingan dengan pembagian risiko dan keuntungan yang seimbang antar pelaku rantai pasok.

Variabel risiko yang cukup membahayakan di tingkat petani adalah risiko rendahnya kualitas, risiko distorsi informasi dan risiko fluktuasi harga yang mempunyai tingkat risiko tinggi, disamping terdapat sepuluh variabel lain yang berisiko sedang. Variabel risiko di tingkat agroindustri yang perlu penanganan dan pengendalian adalah risiko rendahnya mutu pasokan dan variasi mutu pasokan yang mempunyai tingkat risiko tinggi, disamping terdapat sembilan variabel lain yang berisiko sedang. Pada tingkat pengepul terdapat empat variabel yang berisiko sedang, yaitu risiko kualitas pasokan yang rendah serta beragam, risiko fluktuasi harga dan risiko peramalan. Kemudian pada tingkat distributor terdapat tiga variabel yang berisiko sedang yaitu risiko perkiraan penjualan, risiko akses informasi dan risiko distorsi informasi. selanjutnya pada tingkat konsumen terdapat dua variabel yang berisiko sedang yaitu risiko fluktuasi harga dan risiko ketidakpastian pasokan.

Penyeimbangan risiko rantai pasok

Model penyeimbangan risiko rantai pasok untuk mendapatkan kesepakatan harga di tingkat petani menggunakan asumsi bahwa risiko di tingkat petani cenderung naik ketika harga turun dan akan cenderung turun jika terjadi kenaikan harga. Namun, pada tingkatan yang lain dalam jaringan rantai pasok, seperti agroindustri atau kolektor akan memiliki risiko yang cenderung turun jika harga bahan baku turun dan risiko cenderung naik jika harga bahan baku naik.

Proses negosiasi harga dilakukan dengan menciptakan fungsi conjoint berdasarkan fungsi utilitas risiko dari setiap stakeholder untuk mendapatkan persamaan berikut:

$$H(x) = U_p(x) - \sum_{k=1}^n Q_k U_k(x) \quad (1)$$

Dimana $H(x)$ adalah fungsi conjoint utilitas risiko *fuzzy* untuk negosiasi harga pada rantai pasok jagung, $U_p(x)$ adalah fungsi utilitas risiko di tingkat petani, $U_k(x)$ adalah fungsi utilitas risiko pada tingkat k dalam rantai pasok dan Q_k adalah bobot dari tingkatan ke k pada rantai pasok, yang diperoleh dari analisis dengan *fuzzy AHP*.

Nilai x pada Persamaan (1) tersebut dapat ditentukan dengan mencari nilai minimum fungsi $H(x)$ berdasarkan nilai α dan β dari persamaan regresi linier *fuzzy* (Bargiela *et al.* 2007). Persamaan (1) tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan interpolasi linier untuk meminimalkan $H(x)$ sebagai berikut:

$$H(x) = \alpha_p e^{\beta_p(x)} - \sum_{k=1}^n Q_k \alpha_k e^{\beta_k(x)} \quad (2)$$

Dengan kendala:

$X_0 < x < X_1$.

$$\sum_{k=1}^n Q_k = 1$$

Dimana X_0 adalah harga penawaran terendah dan X_1 adalah harga tawaran tertinggi dalam negosiasi harga dengan menggunakan stakeholder dialog dalam rantai pasok.

Hasil verifikasi model negosiasi harga dengan pertimbangan penyeimbangan risiko rantai pasok menghasilkan nilai harga yang lebih besar dari pada perkiraan harga rata-rata, hal ini berarti bahwa mekanisme ini telah menunjukkan adanya pergeseran nilai risiko dari tingkat petani ke pihak lain dalam rantai pasok sesuai dengan kendala penyeimbangan risiko pada rantai pasok produk/komoditas jagung. Dengan kata lain model telah menunjukkan hasil yang dapat menyeimbangkan risiko setiap tingkatan rantai pasok dengan memberikan nilai harga yang dapat memberikan distribusi keuntungan yang seimbang sesuai dengan tingkat risiko yang dihadapi.

Optimasi Koloni Semut Fuzzy Multi Objektif

Rumusan Matematika

Berdasarkan tingkah laku dasar dari model OKSF (Gutjahr, 2003), kami menawarkan rumusan matematika dari kinerja elemen rantai pasok teroptyimum seperti yang tesaji pada persamaan matematika (1).

(3)

Di mana:

- = Kinerja rantai pasok
- = Jarak, dasar perhitungan
- = Kinerja rantai pasok sebelumnya
- = Jumlah elemen sebelumnya
- = Bobot feromon

Selanjutnya, feromon () dapat diformulasikan dengan menggunakan rumus matematika pada persamaan (2) (Dorigo dan Stutzle, 2004).

(3)

Di mana:

- = Feromon antara elemen i dan j
- = Feromon awal
- t = Elemen
- = Parameter, antara 0 dan 1
- = Pengujian

Selanjutnya, di dalam perhitungan kinerja elemen rantai pasok, terdapat tiga variabel. Ketiga variabel ini dibutuhkan untuk menghitung kinerja elemen rantai pasok (), ketiga variabel ini adalah: jarak, kinerja elemen rantai pasok sebelumnya, dan feromon. Untuk menghitung kinerja rantai pasok sebelumnya (), terdapat tiga variabel lainnya lagi yang dihitung, yaitu: Kinerja elemen rantai pasok sebelumnya (); kinerja nilai tambah; (); dan kinerja biaya transportasi (). Perhitungan ketiga variabel tersebut dapat dilihat pada persamaan (3) (Utama *et al.* 2011).

(4)

Kinerja Ele men Rantai Pasok

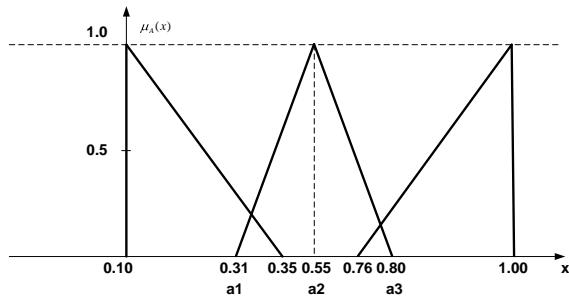
Kinerja elemen rantai pasok sebelumnya () tergantung pada enam variabel lain, yaitu: kinerja SCOR (), kinerja keuangan (), kinerja mesin (), kinerja sumber daya manusia (), kualitas produk (), dan kinerja manajemen limbah (). Formula matematikanya dapat disajikan pada persamaan (4) (Utama *et al.* 2011).

...(5)

Penyajian Fungsi Keanggotaan

Pada dasarnya terdapat tiga dari enam variabel yang didefinisikan ke dalam format *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dengan menggunakan metode logika fuzzy. Ketiga variabel tersebut adalah kinerja sumber daya manusia, nilai tambah, dan biaya transportasi. TFN telah ditentukan sebagai jenis fungsi keanggotaan fuzzy karena kelompok data riil yang dianalisis menggambarkan konfigurasi TFN.

Selanjutnya, setelah kita menentukan tiga jenis kategori bahasa alami. Kita merancang *interval disjoint*. Maksudnya adalah bahwa kita harus merancang bahwa antara dua nilai kategori harus terjadi overlap. Hasilnya bahwa kita dapat merancang format TFN untuk variabel nilai tambah. Secara jelas, TFN untuk variabel nilai tambah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh konstruksi TFN untuk variabel nilai tambah.

Di mana:

$$\text{Tinggi} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad (6)$$

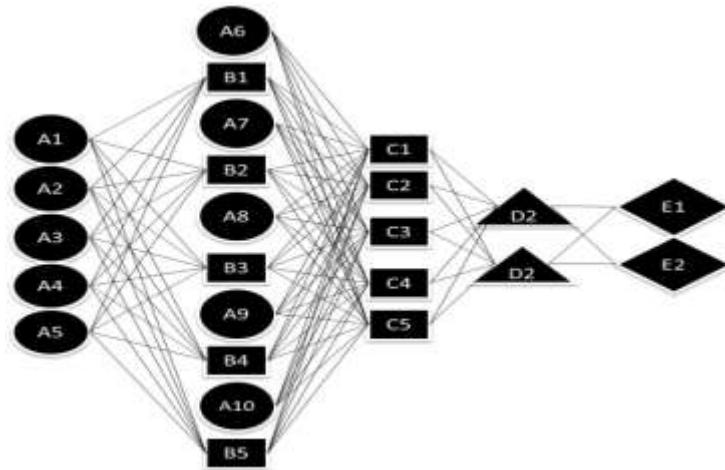
$$\text{Sedang} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad (7)$$

$$\text{Rendah} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad (8)$$

Akhirnya, proses mengkonversi menjad nilai *de-fuzzy* () dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang terdapat pada persamaan (9).

$$\begin{aligned}
 &= 0, \\
 &= \underline{\hspace{2cm}}, \\
 &= \underline{\hspace{2cm}}, \\
 &= 0,
 \end{aligned} \quad (9)$$

Gambar 4 menunjukkan bahwa rantai pasok bioenergi berbasis kelapa sawit terdiri dari multi-layer dengan sumber bahan baku yang lebih dari satu dan multi objektif, untuk contoh kasus, kami menggunakan dua jenis tujuan saja. Poin A mengindikasikan petani atau perkebunan swasta, poin B mengindikasikan pengumpul kelapa sawit, C adalah pabrik kelapa sawit, D adalah pabrik bioenergi, dan E adalah pengguna akhir.



Gambar 4. Rantai pasok bioenergi berbasis kelapa sawit.

Proses Modifikasi Metode Hayami untuk Perhitungan Nilai Tambah

Untuk menghitung distribusi nilai tambah yang lebih adil di antara pihak terkait di dalam rantai pasok agroindustri kelapa sawit, metode Hayami dimodifikasi. Komponen input disetting sesuai dengan material balance setiap produk. Penetapan kebutuhan bahan baku, tenaga kerja dan biaya diperhitungkan dengan hasil konversi dan data harga jual TBS, CPO dan minyak goreng.

Pada bagian proses, modifikasi metode ini diberlakukan pada komponen pabrik CPO, petani sawit, pedagang pengumpul TBS, pabrik minyak goreng serta distributor dan pedagang minyak goreng. Pembandingan nilai tambah yang didapat oleh masing-masing pelaku dijadikan bahan untuk distribusi nilai tambah komponen dengan membandingkan terhadap nilai tambah total rantai pasok. Hasil dari modifikasi ini menunjukkan bahwa nilai tambah yang diterima petani bisa ditingkatkan dari 1.2% menjadi 1.7% dengan memasukkan unsur penjualan limbah pabrik.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang sistem penunjang pengambilan keputusan cerdas untuk manajemen rantai pasok produk dan komoditi pertanian yang mendukung penetapan risiko mitigasi yang efektif serta responsif, menetapkan jalur optimum transportasi agroindustri biodiesel berbasis sawit serta membantu penghitungan nilai tambah bagi masing-masing pelaku dan pihak

terkait dalam agroindustri sawit. Sistem ini mampu meningkatkan efektifitas keputusan rantai pasok yang menjamin distribusi keuntungan, risiko dan nilai tambah yang adil diantara pelaku manajemen rantai pasok dari hulu sampai hilir. Sistem ini didukung oleh basis data dan pengetahuan komoditas pertanian dimana Fuzzy AHP digunakan untuk mengidentifikasi risiko utama, kemudian model ISM dikembangkan untuk mengilustrasikan hubungan mitigasi risiko dalam rantai pasok agroindustri berbasis manggis.

Untuk membangun transportasi yang efektif pada rantai pasok sawit, dikembangkan optimasi koloni semut untuk menyelesaikan tujuan ganda masalah jalur pasokan. Secara khusus model ini mendapatkan jalur optimum rantai pasok bioenergy berbasis kelapa sawit, yang diverifikasi dan validasi menggunakan data set riil.

Untuk kegunaan penetapan nilai tambah di agroindustri kelapa sawit, kami memodifikasi metode Hayami untuk tanaman hortikultur satu siklus yang menghasilkan pangan dari bahan baku pertanian. Hasil modifikasi ini mampu menghitung rasio nilai tambah pada pelaku industri dan tingkat renumerasi pekerja serta tingkat pengembalian investor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jederal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, dalam kegiatan Hibah Kompetensi tahun 2009, 2010 dan 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsawy AA, Hefny HA, El-Licy F. 2010. Fuzzy Ant Colony Optimization Algorithm. Proceeding of 7th Informatics and Systems (INFOS) Conference, 2010: 1 – 5.
- Bargiela A, Pedrycz W, Nakashima T. 2007. Multiple regression with fuzzy data. *Fuzzy Sets and Systems*. 158:2169 – 2188.
- Cavinato JL. 2004. Supply chain logistics risk: from the back room to the board room. *Int. J. Physical Distribution & Logistic Management* 34 (5):383-387.

- Chopra S, Sodhi MS. 2004. *Managing risk to avoid supply chain breakdown*, MIT Sloan Management Review.
- Deep A, Dani S. 2009. Managing Global Food Supply Chain Risks: A Scenario Planning Perspective, *POMS 20th Annual Conference*. Orlando, Florida, POMS Abstract Number: 011-0371.
- Diaz LC, Hansel JE. 2007. Making Risk sharing models work with farmers, agribusinesses and financial institutions. *International Conference on Rural Finance Research: Moving Results into Policies and Practice*. FAO. Rome. Italy. Pp. 1-55.
- Dorigo M, Di Caro G. 1999. The Ant Colony Optimization Metaheuristic. In D. Corne M. Dorigo, and Glover F, (eds.), *New Ideas in Optimization*, 11–32, McGraw Hill: London, UK.
- Graves, S.C. and Willems, S.P. 2004. Supply chain design: safety stock placement and supply chain configuration. *Handbook in Operations Research and Management Science Vol. 11, Supply Chain Management..* de Kok, A.G. and Graves, S.C. (Eds.). North-Holland Publishing Company, Amsterdam
- Gutjahr WJ. 2003. A converging ACO Algorithm for Stochastic Combinatorial Optimization. Proceedings SAGA 2003 (Stochastic Algorithms: Foundations and Applications), In A. Albrecht and K. Steinhoefl (eds.), Lecture Notes in Computer Science 2827, 10–25, Springer: Berlin, Germany.
- Hallikas J, Virolainen VM, Tuominen M. 2002. Risk analysis and assessment in network environment: A dyadic case study. *Int. J. of Production Economics* 78:45-55.
- Harland C, Brenchley R, Walker H. 2003. Risk in supply networks. *J. of Purchasing & Supply Management*.1(1):51–62.
- Jüttner U, Peck H, Christopher M. 2003. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *Int. J. of Logistics : Research & Applications*. 6 (4):197-210.
- Karningsih, P.D, Kayis. B, Kara. S (2007) “Development of knowledge Based System for Supply Chain Risk Identification in multi-site & multi-partners Global Manufacturing Supply Chain” Proceeding of the 13th Asia Pacific Management Conference, Australia, 2007, pp 466-471.
- Kwon O. 2006. The Potential Roles of Context-Aware Computing Technology in Optimization-Based Intelligent Decision Making. *Expert System with Applications* 31:629 – 642
- Rajamani D, Sriskandarajah C, Pickens T, Hameed S. 2006. A Framework for Risk Management in Supply Chains, Working paper Managing Risk in Supply Chains, *Center for Intelligent Supply Networks* (C4ISN).

Smirnov AF, Sheremetov LB, Chilov N, Cortes JR. 2004. Soft Computing Technologies for Configuration of Cooperative Supply Chain. *Applied Soft Computing* 4: 87-107.

Utama DN, Djatna T, Hambali E, Kusdiana D, Marimin. 2011. Sistem Penunjang Keputusan Cerdas untuk Pencarian Jalur Optimum Rantai Pasok Bioenergi Berbasis Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode Optimasi Koloni Semut. *Jurnal Teknologi Informasi Institut Pertanian Bogor*, vol. 21 No. 1, 2011: 50 - 62.

Wu T, Blackhurst J, Chidambaram V. 2006. A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry* 57(4):350–365.

Xiaohui W, Xiaobing Z, Shiji S, Chenf W. 2006. Study on risk analysis of supply chain enterprises, *J. of Systems Engineering and Electronics*.17(4):781-787.

Xu D.L., McCarthy G. and Yang J.B. 2006. Intelligent Decision System and Its Application in Business Innovation Self Assessment. *Journal of Decision Support System* 42:664 – 673.

**PERSEPSI DAN SIKAP MAHASISWA TERHADAP
PEMBELAJARAN BAHASA INDONESIA DI TPB IPB**
(Student's Perception and Attitude in Learning Indonesian at TPB IPB)

**Mukhlas Ansori, Heni Krishnawati, Defina,
Krishandini, Endang Sri Wahyuni**
Program Mata Kuliah Dasar Umum, IPB

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai persepsi dan sikap mahasiswa TPB, dan mengkaji hubungan antara persepsi dan sikap mahasiswa dalam pembelajaran bahasa Indonesia di TPB IPB. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif analitik menggunakan metode survei dengan angket. Sampel adalah mahasiswa Tingkat Persiapan Bersama (TPB) tahun ajaran 2010/2011 dengan jumlah sampel 99. Hasil penelitian menemukan bahwa persepsi mahasiswa TPB tentang pembelajaran bahasa Indonesia baik (rataan total 3,96). Sikap terhadap pembelajaran bahasa Indonesia memberikan respon positif rataan total (3,58). Kinerja dosen bahasa indonesia baik rataan total (3,81) Ada hubungan yang kuat antara persepsi dengan sikap mahasiswaTPB . Persepsi mahasiswa terhadap mata kuliah bahasa Indonesia positif. Kegiatan responsi sangat penting untuk diteruskan.Metode pembelajaran masih kurang bervariasi. Tingkat kepuasan terhadap pembelajaran bahasa Indonesia di TPB cukup baik. Kebanggan terhadap bahasa Indonesia sangat besar. Terdapat korelasi antara IPK dengan nilai bahasa Indonesia yang sangat signifikan. Korelasi antara persepsi dengan sikap signifikan (0.265). Korelasi antara persepsi dengan kinerja dosen sangat signifikan dengan nilai (0.561). Korelasi antara sikap dengan kinerja dosen signifikan dengan nilai (0.253). Hubungan antara nilai mahasiswa terhadap kinerja dosen sangat signifikan dengan nilai (0,503).

Kata kunci: Persepsi, sikap, kinerja, metode pembelajaran.

ABSTRACT

This study aims to describe about students' perception and attitude , and analyse the relationship between perception and attitude of students in learning Indonesian at TPB IPB. This research is descriptive analytical method by using questionnaire survey. The samples preparation are student at the (TPB) 2010/2011 academic year by the number of samples 99. The study found that students' perceptions about learning Indonesian are good (the average total is 3.96). The Attitude of learning Indonesian gives the average total positive response(3.58). Performance of Indonesian lecturers total average are 3.81. There is a strong relationship between the perception of the attitude TPB students. The perception of students to Indonesian language is positive . Response is very important to be continued. The metode is still unvariable. Level of satisfaction with the learning Indonesian is good enough. The pride of Indonesian is very high. There is a correlation between CPI with grade of Indonesian language.The correlation between the perception and attitude is very significant (0265). The correlation between the perception of the lecturers' performance is very significant (0561). The correlation between attitudes and the lecturers' performance is very significant(0253). The relationship between the grade of students and the lecturers' performance is very significant (0.503).

Keywords: Perception, attitude, performance, learning method.

PENDAHULUAN

Kemampuan berkomunikasi baik secara lisan maupun tulisan tidak dapat diperoleh secara otomatis. Kemampuan mengungkapkan gagasan dalam bahasa tulis harus melalui suatu proses pembiasaan menulis sehingga menjadi kemampuan yang membantin dalam diri pembelajar. Pembelajaran Bahasa Indonesia bertujuan agar mahasiswa mampu menulis dengan menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar, serta sesuai aturan penulisan ilmiah.

Target pembelajaran agar mahasiswa terampil menulis dalam kenyataannya belum dapat terwujud. Kebanyakan mahasiswa belum dapat menulis dengan baik. Menulis bagi kebanyakan mahasiswa merupakan pekerjaan yang berat, tidak menyenangkan. Mereka selalu mengeluh dan tampak mengerjakannya dengan keterpaksaan karena tugas.

Keengganah menulis itu bisa jadi karena tidak adanya konsep yang akan ditulis akibat kurangnya membaca referensi, tetapi bisa juga disebabkan rendahnya keterampilan mengungkapkan konsep dalam bahasa tulis. Jika permasalahannya pada kesulitan mahasiswa dalam mengungkapkan konsep dalam bahasa tulis, tentu ada permasalahan yang mendasar yang perlu dicermati dalam proses pembelajaran bahasa.

Melalui persepsi dapat dikenali manusia dengan segala kejadian-kejadiannya. Dengan persepsi kita dapat berinteraksi dengan manusia di sekitarnya. Dalam kehidupan sosial di kelas tidak lepas dari interaksi antara mahasiswa dengan mahasiswa, antara mahasiswa dengan dosen. Adanya interaksi antar komponen yang ada di dalam kelas menjadikan masing-masing komponen (mahasiswa dan dosen) akan saling memberikan tanggapan, penilaian dan persepsinya. Persepsi penting agar dapat menumbuhkan komunikasi aktif, sehingga dapat meningkatkan kapasitas belajar di kelas. Persepsi adalah suatu proses yang kompleks dimana kita menerima dan menyadap informasi dari lingkungan.

Disamping persepsi juga perlu diketahui bagaimana sikap mahasiswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia. Dengan mengetahui sikap mahasiswa kita dapat mengetahui kecenderungan dari mahasiswa untuk merespon secara

positif atau negatif yang moderat dan atau memadai terhadap objek, situasi, konsep, atau orang lain. Kecenderungan yang diarahkan terhadap objek diperoleh dari proses belajar yang menentukan respon individu terhadap suatu objek, sedangkan objek sikap dapat berupa situasi, dan orang (Azwar 1995).

Kajian terhadap sikap juga dapat diposisikan sebagai hasil evaluasi terhadap objek sikap yang diekspresikan ke dalam proses-proses kognitif, afektif, dan perilaku (Sarwono 2001). Sikap mahasiswa merupakan penilaian positif dan negatif terhadap aktivitas pembelajaran. dan sikap mahasiswa IPB dalam berbahasa dimaksudkan untuk mengetahui aspek kognitif, afektif, dan konatif mahasiswa ketika menggunakan bahasa Indonesia dalam pemakaian sehari-hari. Dengan mengetahui persepsi dan sikap terhadap pemakaian bahasa Indonesia yang baik dapat ditelaah bagaimana gambaran umum tentang penilaian mahasiswa terhadap penggunaan bahasa menurut pandangannya.

Beberapa pertanyaan penelitian tentang persepsi dan sikap mahasiswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia yang diajukan adalah seberapa besar pengaruh pembelajaran bahasa Indonesia terhadap mahasiswa? Bagaimana persepsi dan sikap mahasiswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia?

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah Bagaimana persepsi mahasiswa terhadap perkuliahan Bahasa Indonesia di TPB? Bagaimana sikap mahasiswa terhadap perkuliahan Bahasa Indonesia di TPB? Bagaimana hubungan antara persepsi dan sikap mahasiswa dengan pengajaran bahasa di TPB IPB?

Tujuan penenelitian ini adalah: 1) Untuk mengkaji persepsi mahasiswa terhadap pembelajaran Bahasa Indonesia di TPB?; 2) Untuk mengkaji sikap mahasiswa terhadap perkuliahan Bahasa Indonesia di TPB?; dan 3) Untuk mengkaji hubungan antara persepsi dan sikap mahasiswa dengan pengajaran bahasa di TPB IPB?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan sekitar kampus IPB Darmaga. Peneliti mendatangi asrama, perpustakaan, dan beberapa tempat berkumpulnya mahasiswa untuk menyebarkan kuesioner. Kuesioner disebarluaskan kepada mahasiswa dari

sembilan fakultas yang ada di IPB. Sebelumnya telah dilakukan uji coba kuesioner pada minggu pertama dan minggu kedua bulan Juni 2011. Pengumpulan data dilaksanakan mulai tanggal 20 Juni 2011 dan selesai dilaksanakan pada 22 Juli 2011. Setelah data terkumpul dilaksanakan input data dari kuesioner. Seluruh data dari kuesioner dimasukkan ke MS Excel kemudian dianalisis dengan program SPSS. Analisis data dilaksanakan pada bulan Agustus dan September. Penulisan laporan hasil penelitian dilaksanakan pada pertengahan bulan September sampai bulan Oktober 2011.

Metode pengumpulan data menggunakan metode survei. Survei dapat menyediakan data seperti pendapat, perilaku, sikap, kepercayaan, pengetahuan, karakteristik personal, serta hal deskriptif lainnya. Survei juga dapat menjelaskan hubungan antar variabel. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner yang berisi pertanyaan tertutup. Prosedur penarikan sampelnya menggunakan penarikan stratified stratified, setelah mengetahui karakteristik populasi melalui penelusuran dari berbagai narasumber. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa TPB IPB. Karakteristik yang ditetapkan dalam pengambilan populasi adalah mahasiswa tingkat I (TPB) yang sudah lulus kuliah bahasa Indonesia

Sampel adalah sebagian dari populasi yang akan diteliti. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara stratified sampling. Adapun sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagian dari populasi mahasiswa TPB IPB dengan jumlah sampel sebanyak 99 mahasiswa yang terbagi dalam sembilan fakultas

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis analisis data, yaitu analisis deskriptif, analisis korelasional. Statistik deskriptif berusaha menjelaskan atau menggambarkan berbagai karakteristik data yang teliti dan didasarkan pada pernyataan keadaan. Analisis deskriptif dari hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk tabulasi frekuensi dan prosentase. Teknik analisis data dengan analisis persentase untuk mengetahui gambaran persepsi dan sikap siswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia

Disamping penggunaan frekuensi dan persentase, hasil survey juga sering dilaporkan dalam bentuk rata-rata (mean) dan ukuran keberpusatan data. Analisis korelasional dilakukan setelah hasil-hasil deskriptif seperti dikemukakan di atas untuk dapat mengeksplorasi lebih jauh pertanyaan-pertanyaan penting dengan menggunakan teknik-teknik korelasional untuk menganalisis hubungan-hubungan antar variabel. Penelaahan tidak hanya pada karakteristik dasar para mahasiswa tetapi juga memperhatikan nilai mahasiswa dalam pembelajaran bahasa Indonesia, IPK dan hubungan antar variabel-variabel tersebut. Serangkaian pertanyaan digunakan untuk menguji persepsi para mahasiswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia. Selain itu juga ditelaah sikap para mahasiswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia dan kinerja dosen dalam pembelajaran bahasa Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Responden penelitian berjumlah 99 orang mahasiswa yang berasal dari 9 fakultas masing-masing fakultas terdiri dari 11 orang responden. Responden yang terkumpul 58 % perempuan dan 41% laki-laki. Sebaran indeks prestasi terbanyak antara 2,51 – 3,00 sebanyak 36,4 %, disusul dengan IP 3,01 – 3,5 sebanyak 31,3 %. Nilai bahasa Indonesia terbanyak B sebanyak 49,5 %, kemudian A sebanyak 42,4 %.

Persepsi Mahasiswa terhadap Pembelajaran Bahasa Indonesia

Hasil kuesioner yang disampaikan kepada responden menunjukkan bahwa 95 persen mahasiswa mempunyai persepsi bahwa mata kuliah bahasa Indonesia perlu diajarkan di IPB. Perlunya pembelajaran bahasa Indonesia di TPB juga menunjukkan persepsi yang sama yaitu sebesar 96 persen mempunyai persepsi perlunya pembelajaran bahasa Indonesia di TPB IPB, (93 persen) bahasa Indonesia penting dan bermanfaat bagi (95,9 persen), (61 persen) pembelajaran bahasa Indonesia menarik. Pembelajaran bahasa Indonesia menyenangkan (64 persen), membantu menulis sebesar (84 persen) dan dapat meningkatkan kemampuan menulis menurut (90 Persen).

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan pembelajaran masih kurang menarik sebanyak 50,5 persen yang menganggap metode yang dipakai bervariasi,

sementara hampir separuh lainnya menganggap metode belum bervariasi. Hal ini patut dicermati dan diperhatikan bahwa metode pembelajaran bahasa Indonesia harus diperbaharui dengan metode-metode yang lebih menarik dan mutakhir.

Tabel 1. Persentase metode pembelajaran variatif.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak Setuju	11	11.1	11.1	11.1
	Kurang Setuju	38	38.4	38.4	49.5
	Setuju	37	37.4	37.4	86.9
	Sangat Setuju	13	13.1	13.1	100.0
	Total	99	100.0	100.0	

Dalam pembelajaran keterampilan menulis sebenarnya banyak metode, strategi dan kiat yang dapat digunakan untuk melatih keterampilan menulis. Menulis tidak harus linear, bisa dimulai dari mana saja, menulis sambil bermain, menulis (Santosa 2010).

Selama ini metode yang diterapkan dalam pembelajaran adalah dengan metode ceramah untuk kuliah, dan tanya jawab. Sedangkan untuk responsi dengan mengerjakan latihan-latihan yang telah dipersiapkan dalam bahan responsi, tanya jawab, dan penugasan.

Responsi ternyata mendapatkan respon positif dan harus diteruskan. Sebanyak 96 persen mahasiswa menganggap bahwa responsi perlu bahkan sangat penting untuk diteruskan karena lebih membantu memahami materi dalam bentuk praktik berbahasa.

Tabel 2. Persentase responsi perlu.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Sangat tidak Setuju	2	2.0	2.0	2.0
	Kurang Setuju	2	2.0	2.0	4.0
	Setuju	42	42.4	42.4	46.5
	Sangat Setuju	53	53.5	53.5	100.0
	Total	99	100.0	100.0	

Tingkat kepuasan terhadap pembelajaran bahasa Indonesia di TPB ditunjukkan dengan respon positif sebanyak 77 persen responden puas terhadap pembelajaran.

Tabel 3. Persentase kepuasaan pembelajaran.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Sangat tidak Setuju	1	1.0	1.0	1.0
	Tidak Setuju	4	4.0	4.0	5.1
	Kurang Setuju	18	18.2	18.2	23.2
	Setuju	61	61.6	61.6	84.8
	Sangat Setuju	15	15.2	15.2	100.0
	Total	99	100.0	100.0	

Modul merupakan salah satu bahan ajar yang disediakan untuk membantu mahasiswa memahami materi pembelajaran bahasa Indonesia. Buku atau modul ini memang dianjurkan untuk dimiliki, meskipun kenyataannya tidak semua mahasiswa mempunyai buku ajar. Dengan demikian bisa dipahami jika sebagian besar mahasiswa jarang membaca modul 41,4 persen, 12,1 persen kadang-kadang, mahasiswa yang sering dan selalu membaca 45,5 persen.

Suatu hal yang sangat menggembirakan dalam hal kecintaan dan kesetiaan terhadap bahasa Indonesia. Hampir seratus persen mahasiswa mencintai dan bangga terhadap bahasa nasionalnya. Mahasiswa yang berasal dari berbagai wilayah di Indonesia merasakan pentingnya bahasa Indonesia sebagai bahasa persatuan. Kehidupan asrama yang multikultural dapat memupuk kebersamaan dalam keanekaragaman. Kesetiaan dan kebanggaan terhadap bahasa Indonesia patut diapresiasi sebagai indicator masih kuatnya rasa kebangsaan terhadap bahasa negara dan bahasa persatuan. Sebesar 99 persen mahasiswa menyatakan bangga terhadap bahasa Indonesia.

Tabel 4. Persentase kebanggaan terhadap bahasa Indonesia.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Sangat tidak Setuju	1	1.0	1.0	1.0
	Setuju	40	40.4	40.4	41.4
	Sangat Setuju	58	58.6	58.6	100.0
	Total	99	100.0	100.0	

Lebih dari 63 persen mahasiswa bersungguh-sungguh dalam belajar bahasa Indonesia. mahasiswa juga mengikuti kuliah dengan serius 75,8 persen .mahasiswa dalam mengerjakan tugas cukup baik lebih dari 71 persen mengerjakan tugas dengan sunguuuh-sungguh. Di samping itu 88,9 persen mengumpulkan tugas tepat pada waktunya.

Dalam pelaksanaan pembelajaran lebih banyak yang pasif di kelas, hanya 27,3 persen yang sering bertanya pada saat pembelajaran berlangsung. Tetapi untuk berlatih menulis sebagian besar mahasiswa jarang melakukannya 65,6 persen. Waktu yang sangat padat dan banyak tugas lain menjadi salah satu penyebab jarangnya mahasiswa berlatih jika tidak ditugaskan.

Sikap mahasiswa dalam menulis bersifat positif. Sebagian besar mahasiswa memperhatikan aturan tata tulis, sebanyak (73,7 persen) menghindari kesalahan ejaan, (72,7 persen) menghindari kesalahan dalam menyusun kalimat. Mahasiswa (86 persen) berusaha menggunakan diksi yang tepat. Lebih dari (64 persen) juga berusaha menggunakan kalimat yang efektif, mahasiswa (86 persen) berusaha menggunakan diksi yang tepat. Lebih dari (64 persen) juga berusaha menggunakan kalimat yang efektif. Sebanyak (65,7 persen) memperhatikan tata tulis dalam penulisan. Akan tetapi hanya (29,3 persen) yang membuat kerangka karangan sementara sebagian besar tidak membuat outline dalam menulis. Sebanyak (62,7 persen) berusaha menggunakan tata bahasa yang benar.

Tabel 5. Persentase menggunakan tata bahasa yang benar.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Kadang-kadang	10	10.1	10.1	10.1
	Jarang	27	27.3	27.3	37.4
	Sering	45	45.5	45.5	82.8
	Selalu	17	17.2	17.2	100.0
	Total	99	100.0	100.0	

Aturan penulisan atau tata tulis juga mendapatkan perhatian , sebanyak 65,7 persen memperhatikan tata tulis dalam penulisan.

Dalam berbicara mahasiswa tidak begitu ketat dalam memilih kata yang tepat hanya (18,2 persen) yang selalu memperhatikan, (39,4 persen) sering

memilih kata yang tepat. Sebanyak (45,5 persen) responden jika berbicara menggunakan kalimat yang efektif sedangkan yang jarang menggunakan sebanyak (33,3 persen), kadang-kadang (20,2 persen). Kejelasan lafal saat berbicara juga diperhatikan mahasiswa sebanyak (63,7 persen).

Kinerja dosen (kuesioner C) menunjukkan bahwa penguasaan materi pembelajaran bahasa oleh dosen sangat baik (91,9 persen) setuju. Dosen telah dapat menyampaikan materi dengan jelas (79,8 persen). Kecepatan berbicara dosen (77,7 persen) baik. Kelas juga cukup menyenangkan dengan jawaban setuju sebanyak (60,6 persen). Pelibatan mahasiswa dalam pembelajaran juga sangat baik (87,9 persen) setuju dengan pelibatan mereka dalam proses pembelajaran bahasa Indonesia.

Dalam hal penggunaan metode yang digunakan dalam proses pembelajaran dosen masih belum bervariasi. Penilaian mahasiswa hampir sama persentasenya, sekitar (51 persen) setuju, sedangkan (49 persen) kurang setuju. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan memang belum baik sehingga perlu diperbaiki secara terus menerus. Penggunaan media audio visual dalam proses pembelajaran sudah cukup baik (65,7 persen) setuju.

Kedisiplinan terhadap waktu dalam memulai kuliah dan responsi sudah baik (79,8 persen) dan waktu mengakhiri pembelajaran sudah tepat (77,8 persen). Kesediaan dosen melayani mahasiswa di luar waktu kuliah dan response masih kurang, lebih dari (50 persen) dosen belum dapat melayani mahasiswa di luar waktu. Hal ini dapat dijelaskan bahwa keterbatasan waktu dosen karena jumlah dosen bahasa Indonesia sedikit, dosen tetap hanya 6 orang, Sedangkan jumlah mahasiswa yang dilayani sangat besar seluruh mahasiswa TPB dan mahasiswa program diploma, serta mahasiswa asing yang akan kuliah di IPB baik mahasiswa program magister maupun mahasiswa program sarjana.

Hasil analisis terhadap persepsi mahasiswa (kuesioner A) terhadap pembelajaran bahasa Indonesia di TPB IPB menunjukkan nilai positif dengan nilai rataan total 3,96. Nilai rataan persepsi tertinggi terdapat pada A.1 (4,49) dan A.22 (4,45) sedangkan nilai rataan terendah terdapat pada A.25 (3,35).Hasil rataan tentang persepsi mahasiswa dapat dilihat pada tabel 6 di bawah.

Sikap mahasiswa (kuesioner B) terhadap pembelajaran bahasa Indonesia bersifat positif dengan rataan total 3.58. Nilai rataan sikap tertinggi terdapat pada B.5 (4,24) dan B.11 (4,11) sedangkan nilai rataan terendah terdapat pada B.6 (2,72). Hasil rataan tentang sikap mahasiswa dapat dilihat pada tabel 7 di bawah.

Tabel 6. Persentase (persepsi) total.

		<i>Frequency</i>	<i>Percent</i>	<i>Valid Percent</i>	<i>Cumulative Percent</i>
Valid	Tidak Setuju	1	1.0	1.0	1.0
	Kurang Setuju	8	8.0	8.1	9.1
	Setuju	81	81.0	81.8	90.9
	Sangat Setuju	9	9.0	9.1	100.0
	Total	99	99.0	100.0	
Missing	System	1	1.0		
Total		100	100.0		

Pada tabel 7 diperoleh hasil sikap mahasiswa (B total). Jawaban terbanyak pada pernyataan sering (51 %) disusul pernyataan jarang (43%).

Tabel 7. Persentase sikap (B total).

		<i>Frequency</i>	<i>Percent</i>	<i>Valid Percent</i>	<i>Cumulative Percent</i>
Valid	Kadang-kadang	1	1.0	1.0	1.0
	Jarang	43	43.0	43.4	44.4
	Sering	51	51.0	51.5	96.0
	Selalu	4	4.0	4.0	100.0
	Total	99	99.0	100.0	
Missing	System	1	1.0		
Total		100	100.0		

Penilaian mahasiswa terhadap kinerja dosen (kuesioner C) bersifat positif dengan rataan total 3,81. Pada tabel 8 diperoleh hasil kinerja dosen (C total). Jawaban terbanyak pada pernyataan setuju sebanyak (74 persen), sangat setuju (14 persen), kurang setuju (5 persen)

Tabel 8. Persentase kinerja dosen (total).

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak Menjawab	4	4.0	4.0	4.0
	Tidak Setuju	3	3.0	3.0	7.0
	Kurang Setuju	5	5.0	5.0	12.0
	Setuju	74	74.0	74.0	86.0
	Sangat Setuju	14	14.0	14.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

Korelasi antara IPK dengan nilai bahasa Indonesia yang sangat signifikan dengan koefisien nilai sebesar 615. Korelasi antara nilai dengan persepsi sebesar 167, korelasi antara nilai dengan sikap sebesar -.045, korelasi nilai dengan kinerja dosen sebesar 023, korelasi nilai dengan tingkat kepuasan signifikan sebesar (244*). Hubungan antara Jenis kelamin dengan nilai bahasa Indonesia. Mahasiswa perempuan mempunyai persentase nilai A yang lebih banyak sedangkan hubungan asal fakultas dengan nilai Nilai A terbanyak ada di FKH

KESIMPULAN

Persepsi mahasiswa terhadap mata kuliah bahasa Indonesia positif , bahasa Indoneisa perlu diajarkan (96 %), penting (93%) dan bermanfaat (95,9 %). Pembelajaran bahasa Indonesia menarik (61%), menyenangkan (64%), membantu menulis (84%) dan dapat meningkatkan kemampuan menulis (90%). Materi pembelajaran cukup (75 %), materi menarik (69 %). Sebanyak (96%) mahasiswa menganggap bahwa responsi perlu bahkan sangat penting untuk diteruskan.

Metode pembelajaran masih kurang bervariasi, (50,5%) metode pembelajaran sudah tepat, (68 %). metode pembelajaran masih kurang bervariasi. Soal ujian (60%) mudah dan sederhana (69%). Waktu ujian juga cukup (71%), mahasiswa soal kuis sudah sesuai dengan materi kuliah dan response (89%).

Tingkat kepuasan terhadap pembelajaran bahasa Indonesia di TPB ditunjukkan dengan respon positif (77 %). Sebesar 99 persen mahasiswa menyatakan bangga terhadap bahasa Indonesia.

Kesungguhan mahasiswa dalam mengikuti proses pembelajaran (63%) bersungguh-sungguh,kuliah dengan serius (75,8%), mengerjakan tugas sungguh-sungguh (71%), dan mengumpulkan tugas tepat waktu (88,9%). Dalam pelaksanaan pembelajaran lebih banyak yang pasif di kelas, hanya (27,3%) sering bertanya, untuk berlatih menulis sebagian besar mahasiswa jarang melakukannya (65,6%).

Sikap mahasiswa dalam menulis bersifat positif. Sebagian besar mahasiswa memperhatikan aturan tata tulis (73,7 persen) menghindari kesalahan ejaan, (72,7 persen) menghindari kesalahan dalam menyusun kalimat. (86 persen) berusaha menggunakan diksi tepat. (64 persen) berusaha menggunakan kalimat yang efektif, (86 persen) berusaha menggunakan diksi yang tepat (64 persen) berusaha menggunakan kalimat yang efektif (65,7 persen) memperhatikan tata tulis dalam penulisan.Tetapi hanya (29,3 persen) yang membuat kerangka karangan sementara sebagian besar tidak membuat outline dalam menulis.

Dalam berbahasa lisan mahasiswa begitu longgar dalam memilih kata yang tepat hanya (18,2 persen) yang selalu memperhatikan dan 39,4 persen sering memilih kata yang tepat. Sebanyak (45,5 persen) saja yang berbicara menggunakan kalimat yang efektif, sebanyak (63,7 persen) mempertimbangkan kejelasan lafal.

Persepsi mahasiswa IPB Hasil analisis terhadap persepsi mahasiswa (kuesioner A) terhadap pembelajaran bahasa Indonesia di TPB IPB menunjukkan nilai positif dengan nilai rataan total 3,96. Hal ini juga terlihat dari rataan persepsi mahasiswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia jawabannya mendekati Setuju (skor=4), yaitu 3,96. Sikap mahasiswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia bersifat positif dengan rataan total 3.58. dari rataan sikap mahasiswa terhadap pembelajaran bahasa Indonesia jawabannya mendekati Setuju (skor=4), yaitu 3,58. Penilaian mahasiswa terhadap kinerja dosen bersifat positif dengan rataan total 3,81 dari rataan kinerja dosen terhadap pembelajaran bahasa Indonesia, jawabannya mendekati Setuju (skor=4), yaitu 3,81.

Korelasi antara IPK dengan nilai bahasa Indonesia yang sangat signifikan dengan koefisien nilai sebesar 615. Korelasi antara nilai dengan persepsi sebesar

167, korelasi antara nilai dengan sikap sebesar -.045, korelasi nilai dengan kinerja dosen sebesar 023, korelasi nilai dengan tingkat kepuasan signifikan sebesar (244*). Hubungan antara Jenis kelamin dengan nilai bahasa Indonesia. Mahasiswa perempuan mempunyai persentase nilai A yang lebih banyak sedangkan hubungan asal fakultas dengan nilai Nilai A terbanyak ada di FKH

DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, Saifuddin. 1995. Sikap Manusia Teori dan Pengukurannya. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Santosa, Puji.2010. materi dan Pembelajaran Bahasa Indonesia.Universitas Terbuka
- Sarwono, Sarlito Wirawan. 2001. Psikologi Sosial. Jakarta: Grasindo

**ANALISIS KEPUASAN MAHASISWA TPB TERHADAP KUALITAS
LAYANAN DOSEN BAHASA INGGRIS MKDU
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

(Analysis of TPB (First Year Common Program) Student Satisfaction with the Quality of Services by the English Teaching Staff of General Basic Course Program Bogor Agricultural University)

Nilawati Sofyan, Irma Rasita Gloria Barus, Tonthowi Djauhari
Program Mata Kuliah Dasar Umum, IPB

ABSTRAK

Kualitas layanan merupakan variabel yang sangat penting dalam industri jasa termasuk pendidikan. Hal ini dikarenakan jasa lebih banyak bersinggungan dengan konsumen (mahasiswa). Interaksi antara dosen (penyedia jasa) dan mahasiswa (pengguna jasa) yang baik akan menentukan kepuasan mahasiswa, sehingga mereka rajin mengikuti semua proses belajar dan mengajar dengan dampaknya pada prestasi akademik mahasiswa yang tinggi. Kualitas layanan diukur dengan menggunakan dimensi reliability, responsiveness, assurance, empathy, dan tangible. Sedangkan kepuasan mahasiswa diukur melalui kesesuaian antara harapan mahasiswa dengan kinerja kualitas layanan yang diberikan oleh dosen Bahasa Inggris. Dengan melakukan survei harapan mahasiswa dan kinerja layanan dosen Bahasa Inggris kepada 300 mahasiswa TPB yang mengambil mata kuliah Bahasa Inggris diperoleh hasil tingkat kepuasan mahasiswa sebesar 75,94%. dimensi reliability sebesar 78,86, sedangkan yang terendah adalah dimensi empathy sebesar 72,00%.

Kata kunci: Kepuasan mahasiswa, service quality.

ABSTRACT

The quality of services is a very important variable in service industries, including education. In education, services are related more intensively to the students as consumers. A good interaction between faculties (service providers) and students (service users) will determine the students' satisfaction, and in turn will make them involve more diligently in all activities of learning and teaching, resulting in their high academic achievements. This study was to determine the student satisfaction with the services provided by the English teaching staff of the General Basic Course Program, Bogor Agricultural University. The service quality was measured for the aspects of service reliability, responsiveness, assurance, empathy, and tangibility, while the student satisfaction was determined in terms of the link between the students' expectations and the quality performance of services provided by the English teaching staff. A survey of students' expectation and the service performance of English teachers was carried out over 300 students taking the English course during the First Year Common Program and the survey results are as follow: the student satisfaction rate of 75.94%, the reliability value of 78.86%, and the lowest empathy value of 72.00%.

Keywords: Student satisfaction, service quality.

PENDAHULUAN

Kemajuan dibidang *information technology and communication* (ITC) telah merambah kesemua sector termasuk pendidikan. Cara belajar yang konvensional dan monoton berbasiskan pengajar (*lecture centered learning*) telah ditinggalkan dan berubah menjadi pembelajaran modern dengan mahasiswa sebagai pusat pembelajaran (*student centered learning*). Kemajuan ITC menyebabkan layanan-layanan baru dalam pembelajaran menjadi suatu keharusan, misalnya pembelajaran berbasiskan multimedia, pembelajaran *e-learning*, dan sebagainya.

Kualitas layanan merupakan variabel yang sangat penting dalam industri jasa termasuk pendidikan. Hal ini dikarenakan jasa lebih banyak bersinggungan dengan konsumen (mahasiswa). Interaksi antara dosen (penyedia jasa) dan mahasiswa (pengguna jasa) yang baik akan menentukan kepuasan mahasiswa, sehingga mereka rajin mengikuti semua proses belajar dan mengajar dengan dampaknya pada prestasi akademik mahasiswa yang tinggi

Salah satu mata kuliah yang diberikan pada mahasiswa tingkat persiapan bersama (TPB) adalah mata kuliah Bahasa Inggris yang diberikan dalam 1 semester bagi mahasiswa yang wajib menempuhnya. Sebagai mata kuliah dasar mata kuliah Bahasa Inggris mempunyai peran strategi karena akan membekali mahasiswa dengan teknik-teknik dan strategi untuk memahami suatu teks bacaan wacana bahasa Inggris dan struktur kalimat yang terkait dengan bacaan/wahana dalam bahasa Inggris. (Panduan Program Pendidikan Sarjana, 2010:73).

Karena strategisnya mata kuliah bahasa Inggris, maka dosen bahasa Inggris dituntut untuk memberikan pelayanan yang berkualitas agar mahasiswa merasa puas dan prestasi akademiknya meningkat. Selama ini belum pernah dilakukan penelitian tentang bagaimakah kepuasan mahasiswa atas kualitas layanan yang diberikan oleh dosen bahasa Inggris. Untuk itu penelitian ini akan dilakukan guna meneliti kepuasan mahasiswa TPB atas dosen Bahasa Inggris.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian adalah dilingkungan kampus Institut Pertanian Bogor dan waktu yang dibutuhkan mulai dari persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian, pengolahan data dan pembuatan laporan akhir adalah 7 bulan (28 minggu).

Jenis Data

Pengumpulan data primer dilakukan dengan wawancara dan penyebaran kuesioner terstruktur kepada mahasiswa TPB yang mengikuti kuliah bahasa Inggris. Kuesioner berisi daftar pertanyaan berkaitan dengan variabel-variabel penelitian. Kuesioner tersebut langsung dikembalikan begitu selesai diisi oleh para responden. Disamping itu, akan dilakukan wawancara dengan mahasiswa untuk mendapatkan informasi yang lebih lengkap. Keseluruhan item pertanyaan pada kuesioner penelitian ini menggunakan skala Likert 1 sampai 4 dimana angka 1 menunjukkan pernyataan “sangat tidak setuju”, sedangkan angka 4 menunjukkan pernyataan “sangat setuju”.

Desain penelitian yang dipakai adalah penelitian *single cross-sectional*, karena berupa pengumpulan informasi yang hanya dilakukan satu kali terhadap responden yang berbeda-beda.

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif, maksudnya untuk melihat tingkat kepuasan mahasiswa atas kualitas layanan yang diberikan oleh dosen bahasa Inggris.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Responden

Berdasarkan gender, sebagian besar responden adalah mahasiswa perempuan seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Responden menurut umur.

Gender	Jumlah	Persen
Laki-laki	73	24,33
Perempuan	227	75,67
Total	300	100

Sedangkan responden menurut fakultas dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Responden menurut fakultas.

Fakultas	Jumlah	Persen
Faperta	50	16,67
FKH	15	5
Perikanan	28	9,33
Peternakan	16	5,33
Fahutan	17	5,67
Fateta	20	6,67
FMIPA	39	13
FEM	76	25,33
FEMA	39	13
Total	300	100

Analisis Kepuasan Mahasiswa atas Layanan Dosen Bahasa Inggris

Jawaban responden atas kuesioner tentang harapan dan kinerja atas kualitas layanan yang diberikan dosen Bahasa Inggris diringkaskan sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai harapan dan kinerja.

Responden	Instrumen	Nilai Harapan (H)	Nilai Kinerja (K)	K – H
300	30	35.167	26.707	- 8.460

Dari tabel 3 terlihat bahwa nilai harapan dari mahasiswa adalah 35.167, sementara itu nilai kinerja adalah sebesar 26.707. Selanjutnya bila tingkat kepuasan mahasiswa atas layanan dosen Bahasa Inggris diukur dengan menggunakan ukuran tingkat kesesuaian yakni:

$$\frac{\text{Kinerja}}{\text{Harapan}} \times 100\%$$

maka tingkat kepuasan mahasiswa atas kualitas layanan dosen Bahasa Inggris adalah sebesar $(26.707/35.167) \times 100\% = 75,94\%$

Selanjutnya bila dilihat lebih rinci nilai harapan dan kinerja pada masing-masing instrument disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Harapan dan kinerja masing-masing instrumen.

No.	Dimensi dan Instrumen	Harapan (H)	Kinerja (K)	(K/H)x10 0%
	RELIABILITY	9.316	7.347	78,86
1.	Dosen menyampaikan materi pengajaran dengan baik.	1.191	906	76,07
2.	Dosen menjelaskan outline perkuliahan dengan jelas.	1.167	891	76,35
3.	Dosen menjelaskan kontrak perkuliahan dengan jelas.	1.165	975	83,69
4.	Dosen responsi menyampaikan materi pengajaran dengan baik.	1.176	908	77,21
5.	Dosen memulai dan mengakhiri perkuliahan tepat waktu	1.135	900	79,29
6.	Dosen memberikan contoh penerapan teori yang diberikan	1.160	900	77,59
7.	Dosen menggunakan alat bantu mengajar yang baik.	1.150	893	77,65
8.	Sistem penilaian sesuai standar yang telah disepakati	1.172	974	83,11
9.	Dosen memberikan tanggapan terhadap pertanyaan mahasiswa	1.179	902	76,51
10.	Dosen bersedia membantu mahswa yang mengalami kesulitan	1.184	900	76,01
11.	Unit Bahasa Inggris membantu kesulitan yang dihadapi mhs w.	1.186	908	76,56
12.	Dosen menerima komplain nilai dengan baik.	1.186	901	75,97
	ASSURANCE	5.876	4.521	76,94
13.	Dosen memberikan latihan-latihan yang menunjang pemahaman	1.183	893	75,49
14.	Dosen mereview bahasan yang diberikan pada minggu sblmnya.	1.184	896	75,68
15.	Dosen menyampaikan pesan-pesan moral etika dan disiplin.	1.167	898	76,95
16.	Dosen memberikan evaluasi sesuai dengan materi yg diberikan.	1.175	929	79,06
17.	Dosen mengumumkan hasil ujian tepat waktu.	1.167	905	77,55
	EMPHATY	5.940	4.277	72,00
18.	Dosen memberikan ksmptan kepada mahasiswa untuk bertanya.	1.189	990	83,26
19.	Dosen menghormati & menghargai mhsw sesuai hak/kewajiban	1.189	906	76,20
20.	Dosen mengajar dengan sabar dan tekun.	1.189	866	72,83
21.	Dosen selalu memberi motivasi kepada mahasiswa	1.191	778	65,32
22.	Dosen memberi perhatian khusus kpd mhsw yang masih lemah.	1.185	737	62,19
	TANGIBLES	9.300	6.951	74,74
23.	Dosen menyediakan buku ajar untuk kuliah dan responsi.	1.170	950	81,20
24.	Dosen berpenampilan baik dan ramah.	1.166	877	75,21
25.	Alat bantu kuliah seperti komputer & LCD dalam kondisi baik.	1.165	876	75,20
26.	Pengeras suara dalam kelas ada dalam kondisi baik.	1.158	872	75,30
27.	Penerangan di dalam kelas baik dan terang.	1.160	871	75,08

Tabel 4. Harapan dan kinerja masing-masing instrumen (lanjutan).

No.	Dimensi dan Instrumen	Harapan (H)	Kinerja (K)	(K/H)x100%
28.	Kebersihan ruang kelas terpelihara dengan baik.	1.159	863	74,46
29.	Suhu ruangan menunjang konsentrasi proses belajar – mengajar.	1.158	803	69,34
30.	Daya tampung kelas sesuai dengan kapasitas kelas.	1.164	839	72,08
TOTAL		35.167	26.707	75,94

Kualitas layanan ditentukan oleh lima dimensi yaitu Reliability, Responsiveness, Assurance, Empathy, dan Tangible. Kepuasan atas layanan yang diterima mahasiswa ditentukan oleh kesesuaian antara kinerja yang diperoleh dengan harapan dari mahasiswa atas dimensi layanan. Semakin puas mahasiswa, maka semakin sesuai antara harapan dengan kinerja layanan atau nilai kesesuaian mendekati 100%.

Dari tabel 4 di atas terlihat bahwa kelima dimensi yang diteliti mempunyai perbedaan kesesuaian antara harapan dengan kinerja. Kesesuaian yang tertinggi adalah pada dimensi reliability sebesar 78,86, sedangkan yang terendah adalah dimensi empathy sebesar 72,00%. Sedangkan secara rata-rata tingkat kesesuaian antara kinerja dengan harapan atas layanan adalah sebesar 75,94. Ini mengindikasikan bahwa mahasiswa telah puas dengan layanan dosen Bahasa Inggris MKDU. Walaupun demikian, karena masih terdapat 24,06% ketidaksesuaian antara harapan dengan kinerja, maka dosen Bahasa Inggris MKDU masih harus meningkatkan kualitas layanannya, agar kepuasan mahasiswa meningkat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai kepuasan mahasiswa atas layanan dosen Bahasa Inggris yang cukup besar yakni secara rata-rata 75,94%. Sedangkan tingkat kesesuaian (kepuasan) antara kinerja dengan harapan masing-masing dimensi adalah sebagai berikut:

Dimensi Reliability

Dimensi ini terdiri atas instrument sebagai berikut: dosen kuliah menyampaikan materi pengajaran dengan baik, dosen menjelaskan outline perkuliahan dengan jelas, dosen menjelaskan kontrak perkuliahan dengan jelas,

dosen responsi menyampaikan materi pengajaran dengan baik, dosen memulai dan mengakhiri perkuliahan tepat waktu, dosen memberikan contoh-contoh penerapan teori yang diberikan, dosen menggunakan alat bantu mengajar yang baik, sistem penilaian sesuai standar yang telah disepakati dalam kontrak perkuliahan. Tingkat kesesuaian (kepuasan) dimensi ini adalah sebesar 78,86%. Ini menunjukkan masih terdapat 21,14% dari dimensi reliability yang belum sesuai dengan harapan mahasiswa.

Pada dimensi ini indikator (instrument) dosen menjelaskan kontrak perkuliahan dengan jelas mempunyai nilai kesesuaian tinggi yakni sebesar 83,69%. Tingkat kesesuaian yang terendah adalah pada indikator dosen kuliah menyampaikan materi pengajaran dengan baik yakni sebesar 76,07%. Hal ini merupakan indikasi bahwa walaupun tingkat kepuasannya cukup tinggi, namun mahasiswa mengharapkan agar dosen dapat menyampaikan materi pengajaran dengan lebih baik lagi.

Dimensi Responsiveness

Dimensi responsiveness tersusun dari indikator sebagai berikut: dosen memberikan tanggapan terhadap pertanyaan mahasiswa dengan baik dan meyakinkan, dosen bersedia membantu mahasiswa yang mengalami kesulitan belajar Bahasa Inggris, unit Bahasa Inggris membantu kesulitan yang dihadapi mahasiswa, dosen menerima komplain nilai dengan baik.

Tingkat kesesuaian (kepuasan) antara kinerja dengan harapan untuk dimensi responsiveness adalah sebesar 76,26%. Walaupun tingkat kepuasan dimensi ini cukup besar, namun masih ada 23,74% harapan mahasiswa yang belum terpenuhi atau belum terpuaskan. Bila dilihat tingkat kesesuaian dari indikator responsiveness, maka indikator unit Bahasa Inggris membantu kesulitan yang dihadapi mahasiswa mempunyai tingkat kesesuaian yang tinggi yakni sebesar 76,56%. Tingkat kepuasan terendah dari dimensi ini adalah pada indikator dosen menerima komplain nilai dengan baik yakni sebesar 75,91. Hal ini mengindikasikan bahwa dosen perlu untuk memperhatikan komplain nilai dari mahasiswa dengan lebih baik lagi.

Dimensi Assurance

Dimensi Assurance terdiri atas indikator: dosen memberikan latihan-latihan yang menunjang pemahaman anda, dosen mereview pokok bahasan yang diberikan pada minggu sebelumnya, dosen menyampaikan pesan-pesan moral etika dan disiplin, dosen memberikan evaluasi sesuai dengan materi yang diberikan, dosen mengumumkan hasil ujian tepat waktu. Kepuasan mahasiswa atas dimensi ini adalah sebesar 76,94%.

Walaupun kepuasan mahasiswa atas dimensi ini cukup besar, namun mahasiswa masih mengharapkan agar dimensi ini kinerjanya dapat ditingkatkan sehingga sesuai dengan harapan mahasiswa. indikator dosen memberikan latihan-latihan yang menunjang pemahaman anda mempunyai skor kesesuaian yang terendah yaitu sebesar 75,49. Ini menunjukkan bahwa mahasiswa mengharapkan agar dosen lebih banyak lagi memberikan latihan-latihan untuk menunjang pemahaman. Sedangkan indikator yang mempunyai tingkat kesesuaian tertinggi pada dimensi ini adalah dosen memberikan evaluasi sesuai dengan materi yang diberikan, dengan tingkat kesesuaian sebesar 79,06%.

Dimensi Empathy

Dimensi empathy merupakan dimensi yang terendah tingkat kesesuaianya dibandingkan dengan dimensi-dimensi yang lain, yakni 72%. Ini mengindikasikan kepada dosen Bahasa Inggris agar memberikan perhatian yang lebih pada dimensi ini dikarenakan masih terdapat 28% ketidakpuasan mahasiswa atas kualitas layanan dosen Bahasa Inggris.

Dimensi empathy terdiri dari beberapa indikator yakni dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya/menyampaikan pendapat, dosen menghormati dan menghargai mahasiswa sesuai hak dan kewajibannya, dosen mengajar dengan sabar dan tekun, dosen selalu memberi motivasi kepada mahasiswa untuk meningkatkan minat belajarnya, dan dosen memberi perhatian khusus kepada mahasiswa yang lemah. Tingkat kesesuaian yang paling tinggi adalah pada indikator dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya/menyampaikan pendapat sebesar 83,26%.

Sementara itu indikator yang paling rendah tingkat kesesuaianya (kepuasannya) adalah dosen memberi perhatian khusus kepada mahasiswa yang masih lemah yakni 62,19%. Tingkat kepuasan 62,19% adalah nilai yang terendah dari seluruh indikator pengukur kepuasan. Ini menunjukkan bahwa dosen Bahasa Inggris harus lebih memberikan perhatian khusus kepada mahasiswa yang lemah.

Dimensi Tangible

Dimensi tangible terdiri atas 8 indikator yakni dosen menyediakan buku ajar untuk kuliah dan responsi, dosen berpenampilan baik dan ramah, alat bantu kuliah seperti computer dan LCD tersedia dalam kondisi baik, pengertas suara dalam kelas ada dalam kondisi baik, penerangan di dalam kelas baik dan terang, kebersihan ruang kelas terpelihara dengan baik, suhu ruangan menunjang konsentrasi proses belajar – mengajar, daya tampung kelas sesuai dengan kapasitas kelas. Dari ke delapan indikator tersebut, indikator dosen menyediakan buku ajar untuk kuliah dan response mempunyai nilai kesesuaian yang terbesar yakni 81,20%.

Sementara itu nilai kesesuaian yang terendah yakni sebesar 69,34% adalah suhu ruangan menunjang konsentrasi proses belajar-mengajar. Rendahnya tingkat kesesuaian antara kinerja dengan harapan untuk indikator ini menunjukkan perlunya dilakukan perbaikan pada suhu ruangan agar mahasiswa dapat lebih berkonsentrasi dalam belajar.

Selanjutnya, guna mengetahui indikator mana yang harus diperbaiki, dan mana yang harus dipertahankan dapat dilihat dalam diagram Cartisues. Diagram Cartecius akan terdiri atas 4 kuadran. Kuadran I menggambarkan harapan yang tinggi namun kinerjanya rendah. Ini merupakan prioritas utama yang harus diperbaiki. Kuadran II menggambarkan harapan yang tinggi dengan kinerja tinggi. Kuadran ini menggambarkan kesesuaian harapan dengan kinerja, untuk itu prestasi ini harus dipertahankan. Pada Kuadran III menggambarkan harapan yang rendah dengan kinerja yang tinggi. Kuadran ini berlebihan karena harapannya rendah namun kinerjanya tinggi. Kuadran IV merupakan gabungan antara harapan rendah dengan kinerja yang rendah pula, ini merupakan prioritas rendah.

Berdasarkan pembagian kuadran tersebut, maka yang merupakan prioritas utama harus diperbaiki yakni yang berada di kuadran I adalah indikator-indikator sebagai berikut:

Kuadran I → Prioritas Utama

Item Nomor	Indikator
20	Dosen mengajar dengan sabar dan tekun
21	Dosen selalu memberi motivasi kepada mahasiswa
22	Dosen memberi perhatian khusus kepada mahasiswa yang lemah

Sedangkan inkator-indikator yang harus dipertahankan prestasinya karena telah memenuhi kesesuaian antara kinerja dengan harapan mahasiswa, adalah yang terletak pada kuadran II yaitu.

Kuadran II → Pertahankan Prestasi

Item Nomor	Indikator
1	Dosen mengajar dengan sabar dan tekun
4	Dosen response menyampaikan materi pengajaran dengan baik
8	System penilaian sesuai standar yang telah disepakati dalam kontrak perkuliahan
9	Dosen memberikan tanggapan terhadap pertanyaan mahasiswa dengan baik dan meyakinkan
10	Dosen bersedia membantu mahasiswa yang mengalami kesulitan belajar Bahasa Inggris
11	Unit Bahasa Inggris membantu kesulitan yang dihadapi mahasiswa
12	Dosen menerima komplain dengan baik
13	Dosen memeberikan latihan-latihan yang menunjang pemahaman mahasiswa
14	Dosen mereview pokok bahasan yang diberikan pada minggu sebelumnya
16	Dosen memberikan evaluasi sesuai dengan materi yang diberikan
18	Dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya/menyampaikan pendapat
19	Dosen menghormati dan menghargai mahasiswa sesuai hak dan kewajibannya

Indikator-indikator yang dinilai mahasiswa terlalu berlebihan kinerjanya adalah yang berada di dalam kuadran III yaitu:

Kuadran III → Berlebihan

Item Nomor	Indikator
2	Dosen menjelaskan outline perkuliahan dengan jelas
3	Dosen menjelaskan kontrak perkuliahan dengan jelas
5	Dosen memulai dan mengakhiri perkuliahan tepat waktu
6	Dosen memberikan contoh-contoh penerapan teori yang diberikan
7	Dosen menggunakan alat bantu mengajar yang baik
15	Dosen menyampaikan pesan-pesan moral etika dan disiplin
17	Dosen mengumumkan hasil ujian tepat waktu
23	Dosen menyeediakan buku ajar untuk kuliah dan response

Sedangkan indikator-indikator yang mendapat prioritas rendah karena kinerjanya rendah demikian juga harapannya, terletak pada kuadran IV yaitu indikator-indikator sebagai berikut:

Kuadran IV → Prioritas rendah

Item Nomor	Indikator
24	Dosen berpenampilan baik dan ramah
25	Alat bantu kuliah seeperti computer dan LCD tersedia dalam kondisi baik
26	Pengeras suara dalam kelas ada dalam kondisi baik
27	Penerangan di dalam kelas baik dan terang
28	Kebersihan ruang kelas terpelihara dengan baik
29	Suhu ruangan menunjang konsentrasi proses belajar-mengajar
30	Daya tamping kelas sesuai dengan kapasitas kelas

Secara rinci gambaran diagram Cartesius dan indikator-indikator di dalamnya adalah sebagai berikut

	Kuadran I Prioritas Utama	Kuadran II Pertahankan Prestasi
Harapan	20, 21, 22	1, 4, 8, 9, 10, 11 12, 13, 14, 16, 18
Nilai Rata-rata H= 3,91	24, 25, 26, 27 28, 29, 30	2, 3, 5, 6, 7 15, 17, 23
	Kuadran IV Prioritas Rendah	Kuadran III Berlebihan

Kinerja, Nilai Rata-rata K = 2,97

KESIMPULAN

Penelitian ini hendak mencari jawaban atas 2 pertanyaan besar yakni bagaimanakah kualitas layanan dosen Bahasa Inggris, dan bagaimanakan tingkat kepuasan mahasiswa atas layanan dosen Bahasa Inggris. Dari hasil penelitian terungkap bahwa kualitas layanan dosen Bahasa Inggris dapat dikategorikan baik. Hal ini dibuktikan dengan tingkat kepuasan mahasiswa atas layanan dosen Bahasa Inggris yang sebesar 75,94%.

Sementara itu tingkat kepuasan mahasiswa yang diukur dari kesesuaian antara kinerja layanan dosen Bahasa Inggris dengan harapan dari mahasiswa terlihat bahwa dimensi reliability mempunyai tingkat kepuasan yang tinggi yakni sebesar 78,86%. Sedangkan dimensi empathy mempunyai tingkat kepuasan yang terendah yakni sebesar 72 %.

Selanjutnya dengan mengelompokkan kinerja dan harapan dalam diagram Cartesius terlihat bahwa indikator dosen mengajar dengan sabar dan tekun, dosen selalu memberi motivasi kepada mahasiswa, dosen membeberi perhatian khusus kepada mahasiswa yang lemah berada dalam kuadran I yang berarti perioritas utama yang harus diperhatikan oleh dosen Bahasa Inggris.

Sedangkan indikator dosen mengajar dengan sabar dan tekun, dosen responsi menyampaikan materi pengajaran dengan baik, sistem penilaian sesuai standar yang telah disepakati dalam kontrak perkuliahan, dosen memberikan tanggapan terhadap pertanyaan mahasiswa dengan baik dan meyakinkan, dosen bersedia membantu mahasiswa yang mengalami kesulitan belajar Bahasa Inggris, Unit Bahasa Inggris membantu kesulitan yang dihadapi mahasiswa, dosen menerima komplain dengan baik, dosen membeberikan latihan-latihan yang menunjang pemahaman mahasiswa, dosen mereview pokok bahasan yang diberikan pada minggu sebelumnya, dosen memberikan evaluasi sesuai dengan materi yang diberikan, dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya/menyampaikan pendapat, dosen menghormati dan menghargai mahasiswa sesuai hak dan kewajibannya, harus dipertahankan prestasinya karena berada dalam kuadran II yakni telah sesuai kinerja yang diberikan dengan harapan dari mahasiswa.

Indikator dosen menjelaskan outline perkuliahan dengan jelas, dosen menjelaskan kontrak perkuliahan dengan jelas, dosen memulai dan mengakhiri perkuliahan tepat waktu, dosen memberikan contoh-contoh penerapan teori yang diberikan, dosen menggunakan alat bantu mengajar yang baik, dosen menyampaikan pesan-pesan moral etika dan disiplin, dosen mengumumkan hasil ujian tepat waktu, serta dosen menyeysiakan buku ajar untuk kuliah dan responsi, masuk dalam kelompok kuadran III. Pada kuadran ini merupakan kuadran berlebihan kinerja yang diberikan dengan harapananaya, untuk itu dapat dikurangi.

Sementara kuadran IV yang merupakan prioritas rendah berisikan indikator-indikator dosen berpenampilan baik dan ramah, alat bantu kuliah seeperti computer dan LCD tersedia dalam kondisi baik, pengeras suara dalam kelas ada dalam kondisi baik, penerangan di dalam kelas baik dan terang, penerangan di dalam kelas baik dan terang, kebersihan ruang kelas terpelihara dengan baik, suhu ruangan menunjang konsentrasi proses belajar-mengajar, dan daya tampung kelas sesuai dengan kapasitas kelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Blackwell, RD, JF Engel, dan PW Miniard. (1998) Consumer Behavior. Dryden Press.
- Kotler P., Marketing Management, 13th Edition, Pearson, New Jersey, 2009.
- Kotler P. dan Amstrong G., Prinsip-Prinsip Pemasaran, Jilid 1, Edisi Kedelapan, Penerbit Erlangga, 2001.
- Kurtz DL. Dan Kenneth EC., Services Marketing, John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- Lovelock C dan Jochen W., Services Marketing 7th ed, Pearson New Jersey, 2011
- Parasuraman A. Zeithalm VA. dan Berry LL., SERQUAL : A Multiple-item Scale for Measuring Consumer Perception of Service Quality, Journal of Retailing, Vol. 64, Spring, 1988.
- Sihombing, H. (2003). Kepuasan Mahasiswa Pascasarjana atas Layanan Akademik Universitas Negeri Jakarta. (Hasil Penelitian)

- Sugiyono., Metode Penelitian Bisnis, Alfabeta, Bandung, 2007
- Tjiptono F., Manajemen Jasa, Edisi Pertama, Penerbit Andi, Yogyakarta, 1996
- Tse, DK and Peter C Wilton. Models of Consumer Satisfaction Formation: An Extension. *Journal of Marketing Research*, Volume 25.
- Wahyoedi Soegeng dan Herry Winoto (2009). Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kepuasan Kerja Karyawan Non-Akademik Ukrida. (Hasil Penelitian)

BIDANG TEKNOLOGI DAN REKAYASA

REKA YASA BIOPOLYMER HASIL SAMPING PABRIK TAPIOKA (ONGGOK) SEBAGAI ENRICHED SOIL CONDITIONER: TAHAP SINTESIS SUPERABSORBEN

(Synthesis of Nutrient Enriched Soil Conditioner from Cassava Waste Pulp)

Anwar Nur^{1,2)}, Zainal Alim Mas'ud^{1,2)}, Mohammad Khotib^{1,2)},
Ahmad Sjahriza^{1,2)}

¹⁾Dep. Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB

²⁾Laboratorium Terpadu IPB

ABSTRAK

Polimer yang memiliki kemampuan daya serap air tinggi dapat digunakan sebagai *soil conditioner*. Kemampuan polimer menyerap air minimal 100 kali bobot awalnya dikategorikan sebagai polimer superabsorben (SAP). Pada penelitian ini akan dikaji sintesis dan sifat dari SAP yang diperoleh melalui *graft copolymerization* akrilamida (AAm) pada onggok menggunakan *ammonium persulphate* (APS) sebagai inisiator dan *N,N'-methylene-bis-acrylamide* (MBA) sebagai *crosslinker*. Kopolimerisasi dilakukan pada suhu 70°C, 3 jam dan disaponifikasi dengan NaOH 1 M, 2 jam. Konsentrasi akrilamida dan onggok, serta jumlah MBA dan APS dioptimasi menggunakan disain *fractional factorial*. SAP yang diperoleh memiliki daya serap air sebesar 1014 g/g pada konsentrasi AAm 75%, MBA 25 mg, dan APS 250 mg. Daya serap ini sesuai dengan hasil yang diperoleh peneliti lain. Keberlangsungan proses *grafting-crosslinking* ditunjukkan oleh adanya perbedaan spektrum IR antara onggok dan produk *grafting-crosslinking* yang mengindikasikan antara lain terbentuknya gugus amida. Kinetika *swelling* dari SAP dalam air suling mengikuti persamaan *exponential-association* dengan parameter laju (τ)=0.5 menit, yang menggambarkan laju swelling lebih tinggi dibandingkan SAP berbasis polysakarida lainnya. Daya serap air meningkat dengan meningkatnya pH dari 1-7, dan menurun kembali pada pH 8 - 12. Daya serap maksimum dicapai dalam larutan basa (pH 7-9), tepatnya pada pH 7.5 berdasarkan persamaan kuadratik, $y=-406.0+236.8*x-15.8*x^2$; $r^2=0.968$.

Kata kunci: onggok, superabsoben, grafting-crosslinking, kinetika *swelling*

ABSTRACT

Polymer with a high water absorption capability can be used as a soil conditioner. If it can absorb water at least 100 times its initial weight is categorized as superabsorbent polymers (SAP). This study deals with the synthesis and characterization of graft copolymerization of acrylamide (AAm) on onggok using ammonium persulphate (APS) as an initiator and *N,N'-methylene-bis-acrylamide* (MBA) as a crosslinker. It was conducted at 70°C, 3 hours and saponified with NaOH 1M, 2 hours. AAm, and onggok concentrations as well as MBA and APS amounts were optimized using fractional factorial design. SAP obtained has water absorption capacity (Q_{eq}) of 1014 g/g at AAm 75%, MBA 25 mg, and APS 250 mg. It is comparable to that obtained by other worker. Grafting-crosslinking copolymer was confirmed by infrared spectra, where it was found to exhibit all characteristic bands of both polysaccharides of onggok and acrylamide units. The swelling kinetics of SAP in distilled water follows exponential-association equation with rate parameter (τ)=0.5 minutes, that indicates much higher swelling rate as compare to that of SAP with other polysaccharides backbone. The swelling rate of the SAP increased at pH 1 to 7, and decreased at pH 8 to 12. The maximum Q_{eq} of the SAP was achieved at pH 7.5 according to the equation, $y=-406.0+236.8*x-15.8*x^2$; $r^2=0.968$.

Key words: Onggok, superabsobent, grafting-crosslinking, swelling kinetics.

PENDAHULUAN

Ketela pohon merupakan salah satu tanaman budidaya yang banyak di Indonesia. Areal ketela pohon pada tahun 2009 adalah lebih dari 12 juta hektar dengan produktivitas 182 Qu/Ha dan produksi mendekati 22 juta ton (BPS 2009). Pengolahan ketela pohon menjadi tepung tapioka dihasilkan onggok sebagai hasil samping sekitar 11,4% dari ketela pohon segar. Harga sangat rendah dan menurut hasil penelusuran pustaka belum ditemukan informasi pemanfaatan onggok yang memiliki nilai ekonomi tinggi.

Komponen utama onggok adalah pati dan selulosa (Nikmawati 1999). Kandungan gugus hidroksil yang tinggi memungkinkan dilakukannya modifikasi diantaranya menjadi superabsorben (SAP). SAP mampu menyerap dan mempertahankan cairan, serta melepaskannya kembali (Zhang *et al.* 2006). Polimer dikategorikan sebagai superabsorben jika memiliki kemampuan menyerap air lebih dari 100 kali berat aslinya (Zhang *et al* 2007.). SAP yang tersedia di pasar memiliki biodegradabilitas relatif rendah dan menyebabkan tidak ramah lingkungan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, studi intensif telah dilakukan untuk menggunakan polimer alami, yaitu pati dan selulosa, agar SAP bersifat biodegradable (Nakason *et al* 2010.).

Secara umum, SAP disintesis melalui *grafting* atau *grafting-crosslinking copolymerization*. Monomer yang digunakan dalam grafting copolymerization adalah asam akrilat, akrilonitril, dan akrilamida (Li *et al* 2007; Teli dan Waghmare 2009), dan sebagai crosslinkers adalah N, N-metilen bis-akrilamida (MBA), triacrylate trimethylpropane, dan 1,4-butadienol dimetakrilat (Swantomo *et al* 2008). Sedangkan inisiator yang umum digunakan adalah persulfat, hidrogen peroksida (Moad & Salomo 2006), dan cerium (Ebru *et al.* 2008).

Graft copolymerization telah dilakukan untuk memodifikasi pati singkong menjadi SAP (Khalil & Farag 1998; Lanthong *et al* 2006). Selain pati, lignosellulose dan turunannya juga digunakan sebagai substrat untuk Graft copolymerization (Hon 1982). Campuran akrilamida (AAM) dan asam akrilat (AA) di grafting pada pati gandum menggunakan kalium persulfat (KPS) sebagai

inisiator (Teli & Waghmare 2009). SAP yang dihasilkan dari grafting-crosslinking diharapkan memiliki daya serap air tinggi dan melepaskannya dengan perlahan.

Tujuan penelitian adalah mensintesis SAP melalui grafting-crosslinking onggok dengan akrilamida sebagai monomer, APS sebagai inisiator, dan MBA sebagai crosslinker, serta dioptimasi ketiga parameter tersebut menggunakan disain *fractional factorial*. Karakterisasi produk grafting-crosslinking meliputi kinetika swelling dalam air suling dan perilaku swelling dalam larutan NaCl dan berbagai nilai pH.

METODE PENELITIAN

Pre-treatment Onggok

Sampel onggok tapioka dicuci dengan air sampai filtrat hasil pencucian jernih kemudian dikeringkan. Kemudian onggok tapioka kering dihaluskan hingga berukuran ± 100 mesh. Sampel kemudian dianalisis proksimat yang terdiri dari penentuan kadar air (metode gravimetri), kadar abu (metode gravimetri), kadar lemak (metode soxhlet), kadar protein (metode Kjeldahl), dan kadar karbohidrat (metode fenol-H₂SO₄).

Kopolimerisasi Grafting-Crosslinking

Optimasi Grafting-crosslinking dilakukan menggunakan disain fractional factorial dengan 3 faktor dan 2 level. The faktor berupa konsentrasi akrilamida (60-90%), APS (200-300 mg), dan MBA (15-35 mg) (Table 1). Sejumlah onggok tapioka ditimbang dan ditambahkan akuades hingga terbentuk *slurry* di dalam labu leher tiga yang telah dilengkapi dengan kondensor, aliran gas nitrogen, termometer, dan *stirrer*. Kemudian dipanaskan hingga suhu 95°C selama 30 menit dengan kondisi atmosfer gas nitrogen. Setelah itu suhu diturunkan menjadi 60-65°C, lalu ditambahkan sejumlah inisiator APS sambil diaduk selama 15 menit. Kemudian ditambahkan sejumlah akrilamida dan MBA secara perlahan lalu suhu dinaikkan menjadi 70°C dan direaksikan selama 3 jam. Produk yang dihasilkan dipresipitasi dengan metanol dan etanol. Setelah itu produk direfluks dengan aseton selama 1 jam. Lalu dikeringkan dengan suhu 60°C hingga bobot produk

konstan. Produk kering digiling dan disaring hingga terbentuk partikel kecil berukuran 80-100 mesh.

Tabel 1. Desain percobaan *screening* kopolimer *grafting-crosslinking* onggok tapioka dengan akrilamida.

No	Onggok tapioka (%)	Akrilamida (%)	MBA (mg)	APS (mg)
1	40	60	15	300
2	40	60	15	300
3	40	60	35	200
4	40	60	35	200
5	25	75	25	250
6	25	75	25	250
7	25	75	25	250
8	25	75	25	250
9	10	90	15	200
10	10	90	15	200
11	10	90	35	300
12	10	90	35	300

Saponifikasi (Nakason *et al* 2010)

Sebanyak 40 gram kopolimer *graft* ditambahkan 100 ml NaOH 1M dan 100 ml akuades dan dipanaskan sampai suhu 90°C selama 2 jam. Setelah dinetralkan dengan penambahan HCl 1 M, lalu dikoagulasi dan dipresipitasi dengan metanol dan etanol. Hasil kopolimer saponifikasi dikeringkan pada suhu 60°C. Kemudian produk kering digiling dan disaring hingga terbentuk partikel kecil berukuran ± 80 mesh.

Pengukuran Daya Serap Air (Nakason *et al* 2010)

Sejumlah kopolimer kering baik sebelum maupun setelah saponifikasi direndam dalam akuades pada suhu ruang untuk mendapatkan pengembangan yang seimbang. Kemudian sampel yang telah mengembang dipisahkan dari air yang tidak terserap dan disaring hingga partikel lebih dari 100 mesh. Kesetimbangan penyerapan air (Q_{eq}) ditentukan dengan menimbang sampel yang telah mengembang dengan persamaan sebagai berikut: $Q_{eq} = \frac{m_2 - m_1}{m_1}$

dengan m_1 dan m_2 adalah hasil penimbangan sampel kering dan sampel yang telah mengembang.

Karakterisasi SAP

a. Kinetika swelling

Kinetika swelling dari SAP dilakukan dengan merendam SAP 1.0 ± 0.01 g dengan ukuran partikel 100 mesh dalam air suling 800 ml dan diukur daya serap air SAP pada interval tertentu.

b. Sensitivitas lingkungan

1. Sensitif pH

Ketergantungan swelling terhadap pH diidentifikasi dengan merendam SAP 1.0 ± 0.01 g dalam larutan yang memiliki pH 1-12. Daya serap maksimum ditentukan dari persamaan perilaku swelling pada berbagai nilai pH.

2. Sensitif salinitas

Daya serap air dari SAP diukur dalam larutan dengan berbagai konsentrasi NaCl (0.1-1 M)

c. IR Spectral Analysis

d. Efisiensi grafting

Efisiensi grafting dihitung dari rasio grafting mengikuti persamaan berikut:

$$\frac{N\%}{\frac{MW}{AW}}$$

N% : percentage of nitrogen of sample (Kjeldahl method)

MW: molecular weight

AW : atomic weight

$$\frac{N\%}{\frac{MW}{AW}} = \frac{N\%}{\frac{14}{6}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Onggok tapioka yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan superabsorben dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan pengotor, lalu dihaluskan hingga berukuran ± 100 mesh untuk meningkatkan luas permukaan sehingga reaksi yang terjadi lebih sempurna. Onggok tapioka juga dilakukan analisis proksimat atau perlakuan pendahuluan untuk mengetahui kandungan

kimia yang terkandung di dalamnya. Analisis yang dilakukan antara lain penentuan kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil analisis proksimat.

Analisis	Kadar (%)	
	Hasil penelitian ini	Pratama (2009)
Air	11.30	20.00
Abu	0.55	0.17
Protein	4.56	1.57
Lemak	0.21	0.26
Karbohidrat	82.70	68.00

Berdasarkan hasil yang diperoleh, kandungan terbesar dalam onggok tapioka yaitu karbohidrat sebesar 82.70%. Hasil ini sejalan dengan yang telah dilakukan oleh Pratama (2009) dengan kadar karbohidrat sebesar 68.00%. Selain itu, hasil ini juga membuktikan bahwa tidak diperlukan penghilangan protein (deproteination), lemak (defatting), dan mineral (demineralization) karena kandungannya yang sangat rendah.

Kopolimer Grafting-Crosslinking

Onggok tapioka digunakan sebagai kerangka utama dalam kopolimerisasi grafting-crosslinking dengan akrilamida sebagai monomer, APS sebagai inisiator, dan MBA sebagai crosslinker dengan reaksi pada lampiran 4. Kopolimerisasi dilakukan dengan berbagai komposisi dalam kondisi gas nitrogen. Gas nitrogen berfungsi menghilangkan oksigen dari sistem reaksi dan meminimalisasi radikal peroksida yang dapat menghambat rekasi kopolimerisasi sehingga pembentukan homopolimer dapat dihindari (Kurniadi T 2010). Suhu kopolimerisasi yang digunakan yaitu 70oC yang telah dilakukan oleh Lanthong et al (2006); Li A, Zhang J, Wang A (2007); Hua S, Wang A (2008). Produk hasil kopolimerisasi dipresipitasi dengan metanol dan etanol untuk mengikat air dalam produk serta direfluks dengan aseton untuk menghilangkan homopolimer. Setelah itu, kopolimer yang terbentuk dilakukan pengujian kadar nitrogen, dan efisiensi grafting (Tabel 3) serta karakterisasi analisis gugus fungsi dengan FTIR.

Tabel 3. Kadar nitrogen, efisiensi *grafting*, dan daya serap air kopolimer *grafting-crosslinking* onggok tapioka dengan akrilamida

Onggok tapioka (%)	Akrilami da (%)	MBA (mg)	APS (mg)	Nitrogen (%)		Efisiensi <i>grafting</i> (%)	Daya serap air	
				Sebelum saponifika si	Setelah saponifika si		Sebelum saponifika si	Setelah saponifika si
40	60	15	300	12.51	9.59	34.71	19.67	458.13
40	60	15	300	11.46	7.05	27.75	16.25	449.07
40	60	35	200	11.63	8.04	28.75	28.39	514.32
40	60	35	200	13.30	7.55	41.44	23.24	516.81
25	75	25	250	14.30	9.74	52.78	29.44	1279.87
25	75	25	250	14.10	10.77	50.19	31.67	1033.47
25	75	25	250	14.07	10.68	49.82	29.28	1019.32
25	75	25	250	14.47	9.70	55.14	25.29	827.64
10	90	15	200	16.15	9.90	90.52	40.87	407.67
10	90	15	200	16.60	10.55	106.47	42.23	473.52
10	90	35	300	16.08	11.66	88.39	33.22	838.14
10	90	35	300	16.50	10.81	102.54	37.03	895.74

Tabel 4. Daya serap air maksimum setelah saponifikasi berdasarkan perbandingan bahan dasar dengan monomer dari beberapa penelitian.

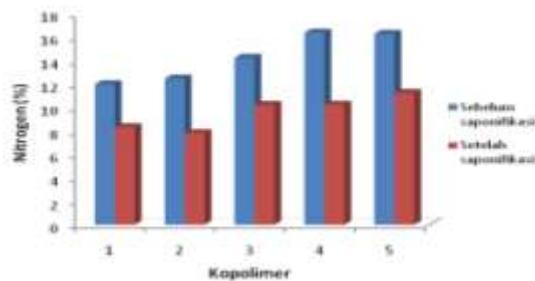
Komposisi SAP	Maximum water absorbent capacity (g/g)
Result of this study (25% onggok:75% acrylamide)	1040
Li <i>et al.</i> (2007); 20% starch:80% acrylic acid	1077
Nakason <i>et al</i> (2010); 50% starch:50% acrylamide	606

Daya serap air dari SAP saponifikasi sekitar 1000 kali bobot awalnya sehingga dikategorikan sebagai superabsorbent. Un-saponified SAP memiliki daya serap yang lebih rendah (Gambar 1) dan seperti yang dilaporkan oleh Li *et al.* (2006) dan Nakason *et al* (2010) (Tabel 4). Peningkatan daya serap air dalam saponified SAP erat hubungannya dengan muatan dalam sistem polimer akibat adanya konversi gugus fungsi amida (-COONH₂) menjadi gugus karboksilat (-COOH) (Teli, Waghmare 2009). Fenomena ini ditunjukkan dengan berkurangnya kandungan nitrogen setelah saponifikasi (Gambar 2). Kandungan nitrogen terbanyak terdapat pada kopolimer dengan komposisi akrilamida 90% yaitu pada kopolimer 4 dan 5. Kandungan nitrogen ini menentukan efisiensi *grafting*. Semakin besar komposisi monomer semakin besar efisiensi *grafting*, namun tidak

mempengaruhi daya serap air karena daya serap air dipengaruhi oleh struktur ruang dan karakter hidrofilik.

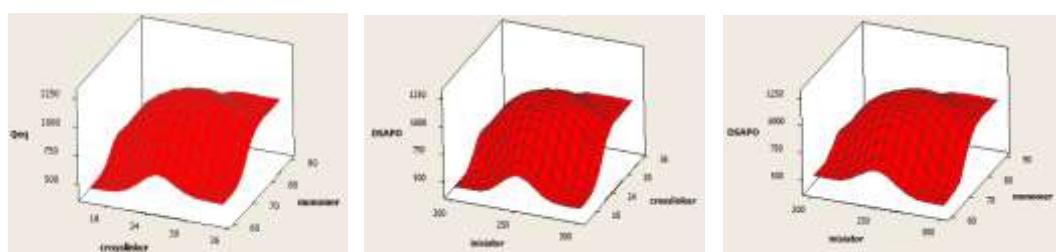


Gambar 1. Pengaruh saponifikasi SAP terhadap daya serap air.



Gambar 2. Pengaruh saponifikasi SAP terhadap kandungan nitrogen.

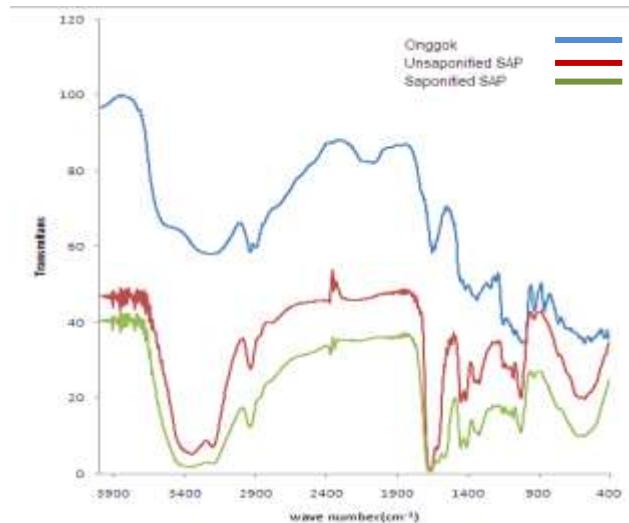
Optimasi grafting-crosslinking *onggok-acrylamide* menggunakan disain fractional factorial dengan perangkat lunak Minitab 16 memperoleh parameter optimum pada 75% akrilamida, 25 mg MBA, dan 250 mg APS dengan daya serap 1040.1 g/g. nilai probabilitas dari model kuadratik dalam uji Anova lebih kecil dari 0.05, yang memperkuat hasil optimasi diatas. Visualisasi model ini berupa *curvature* kuadratik seperti yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pola kurva optimasi grafted-crosslinked SAP.

Karakterisasi Produk Grafting-Crosslinking

Produk grafting dan crosslinking dalam optimasi juga dikarakterisasi untuk memastikan bahwa sintesis berlangsung dengan baik. Pola spektrum IR onggok berbeda dengan pola produk grafting-crosslinking tanpa dan dengan saponifikasi (Gambar 5). Pita serapan pada bilangan gelombang $3348\text{-}3201\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya vibrasi --OH dan --NH . Tiga pita serapan $1149\text{-}53$, 1080 dan 1026 cm^{-1} mengindikasikan adanya vibrasi C--O--C . Spektrum IR onggok-g-AAm yang spesifik ditunjukkan pita serapan pada 3201 , 1662 and 1616 cm^{-1} , yang mengindikasikan N--H , C=O dan tekuk N--H dari gugus amida. Pita serapan IR pada bilangan gelombang 1406 cm^{-1} yang tajam menurut Pourjavadi 2006 menunjukkan pita ulur anion karboksilat dari SAP disaponifikasi. SAP disaponifikasi memiliki pita serapan yang sama dengan pita serapan yang dikemukakan oleh Pourjavadi. Namun pita yang sama tidak tampak pada SAP yang belum disaponifikasi (UN-SAP). Hal ini menunjukkan proses saponifikasi telah berlangsung.



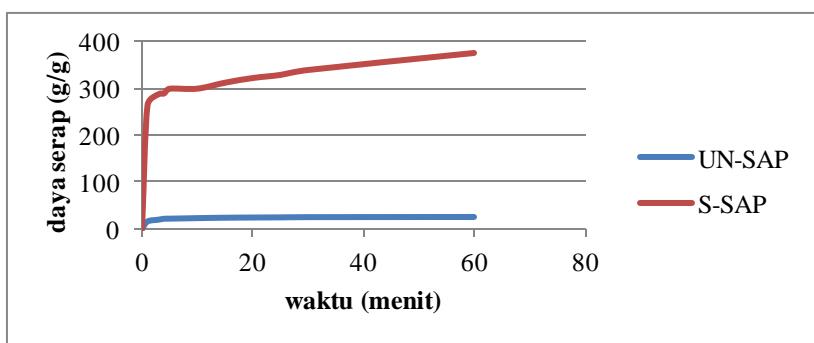
Gambar 5. Spektrum IR dari onggok, produk grafting-crosslinking tanpa dan dengan saponifikasi.

Kinetika Sweeling

Karakterisasi lain dari produk grafting-crosslinking (tanpa dan dengan saponifikasi) adalah *swelling kinetics*. Gambar 6 menyajikan pola penyerapan produk grafting-crosslinking tanpa dan dengan saponifikasi dengan ukuran

partikel ± 100 mesh. Pada waktu 0-10 menit, penyerapan air meningkat tajam kemudian mulai stabil setelah 10-60 menit waktu pengamatan. Data yang diperoleh dari pengukuran daya serap air produk selama selang waktu pengamatan mengikuti *Voigt-based equation* (Pourjavadi et al 2010):

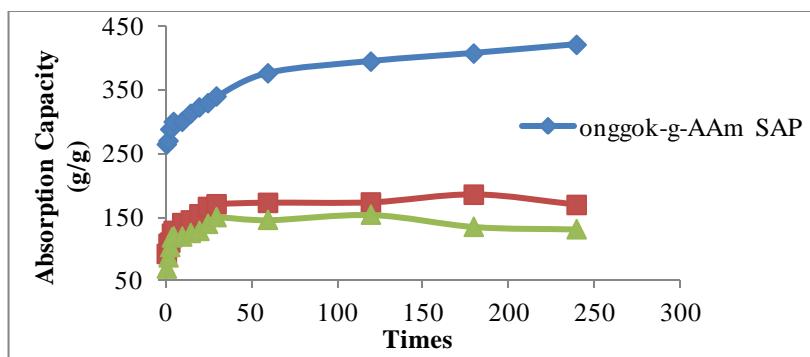
(g/g) adalah *swelling* pada waktu ke-t, (g/g) adalah *swelling* pada waktu kesetimbangan, t=waktu *swelling* (menit), dan τ adalah parameter laju serapan. Voigt-based equation merupakan persamaan tipe pola pertumbuhan yang sama dengan persamaan “*exponential association 2*” yaitu ($y=a(1-e^{-bx})$) yang ada dalam software CurveExpert. Pencarian model menggunakan software CurveExpert 1.4 diperoleh persamaan dari *swelling kinetic* produk grafting-crosslinking tanpa dan dengan saponifikasi sebagai berikut:



Gambar 6. Kinetika swelling dari produk *grafting-crosslinking* hasil optimasi yang direndam dalam air.

Dari persamaan diatas diperoleh nilai τ untuk produk grafting tanpa dan dengan saponifikasi dengan ukuran partikel 100 mesh berturut-turut sebesar 1.09 dan 0.59 menit. Parameter laju ini (τ) mengukur resistensi permeasi air sehingga nilai τ semakin kecil maka kecepatan up take air semakin tinggi. Beberapa publikasi menunjukkan nilai τ misalnya kitosan-g-PAAm tanpa dan dengan saponifikasi (ukuran partikel 60-80 mesh) berturut-turut sebesar 2.5 dan 1.3 menit (Pourjavadi & Mahdavinia 2006), (pati-karagenan)-g-PAN dengan saponifikasi (ukuran partikel 60-80 mesh) sebesar 7.5 menit (Pourjavadi et al 2010). Sebagai

perbandingan, laju dan kapasitas absorpsi dari *onggok-g-AAm SAP* lebih besar dari diapers komersial dan “sanitary napkins (Gambar 7).

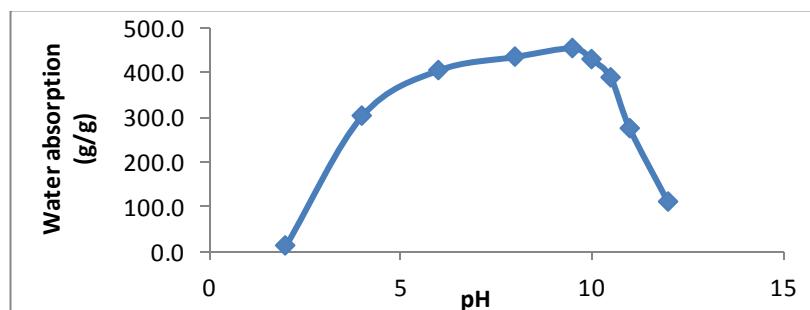


Gambar 7. Absorpsi air dari onggok-g-AAm SAP, diapers komersial, dan sanitary napkins.

Pola absorpsi air terhadap variasi pH

Kajian pola absorpsi air dari soil conditioner pada berbagai nilai pH menggunakan larutan HCl dan NaOH dengan rentang pH 2-12. Pola serapan air meningkat pada rentang pH 1-7 dan menurun kembali pada pH 9-12 (Gambar 8) serta mengikuti persamaan kudartik $y=-406.0+236.8*x-15.8*x^2$; $r^2=0.968$. Serapan air maksimum dicapai pada rentang pH 7-9, dan berdasarkan persamaan tersebut diperoleh serapan maksimum pada pH 7.5. Daya serap soil conditonner menurun pada kondisi asam dan basa, Hal ini berkaitan dengan *swelling osmotic pressure* (Horkay *et al.* 2000, Kaith *et al.* 2010). Tekanan swelling untuk hidrogel bermuatan lemah mengikuti persamaan berikut:

dimana, $\frac{RT}{R}$ masing-masing adalah konsentrasi molar ion di dalam dan diluar gel yang swelling ; R konstanta gas, dan T=suhu.

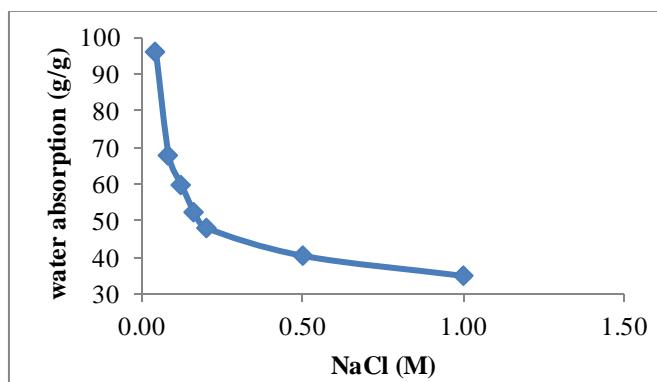


Gambar 8. Pola serapan air SAP pada berbagai nilai pH.

Serapan air maksimum soil conditioner dicapai pada pH netral, karena pada kondisi ini konsentrasi ion dalam larutan diluar gel (eksternal) dapat diabaikan sehingga π_{ion} menjadi besar dan mengakibatkan serapan menjadi besar. Selain itu, tolakan elektrostatik antar ion karboksilat dalam soil conditioner membantu meningkatkan serapan air. Dalam medium pH asam, nilai π_{ion} sangat kecil karena ion karboksilat menjadi terprotonasi (Kaith *et al.* 2010) karenanya tolakan ion karboksilat ternetralkan sehingga gel tidak dapat swelling. Dalam medium basa, gugus $-COOH$ terdissosiasi sempurna tetapi konsentrasi Na^+ dan ^-OH dapat menurunkan nilai π_{ion} sehingga daya serap air menurun.

Efek salinitas

Pada umumnya, kapasitas absorpsi SAP lebih rendah ketika dalam larutan garam. Efek salinitas dilakukan menggunakan larutan NaCl 0.1-1 M dan pola serapannya disajikan pada Gambar 9. Pola swelling SAP dalam larutan garam mengikuti persamaan: $Swelling = k [salt]^{-n}$, dimana: k=swelling pada konsentrasi garam tinggi, n=mengukur ketergantungan swelling pada konsentrasi garam. Pola swelling dari SAP onggok-g-AAm mengikuti persamaan $Swelling = 29.06 [NaCl]^{-0.35}$, dengan k=29.06 dan n=0.35. hal ini mengindikasikan bahwa perubahan konsentrasi garam diatas 0.35 M tidak memberikan pengaruh terhadap serapan SAP.



Gambar 9 Pola serapan air dari SAP pada berbagai konsentrasi NaCl.

KESIMPULAN

Onggok memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi 82.70% dan berpotensi untuk dimodifikasi melalui grafting-crosslinking dengan akrilamida menjadi soil conditioner; Parameter yang berpengaruh dalam proses grafting-crosslinking dari hasil optimasi dengan rancangan fractional factorial adalah konsentrasi monomer (akrilamida) pada rentang 60-90%; crosslinker (MBA) pada rentang 15-35 mg; dan Inisiator (APS) pada rentang 200-300 mg; Kinetika Sweeling produk grafting-crosslinking (tanpa dan dengan saponifikasi) mengikuti *Voigt-based equation* atau *exponential association 2* sebagai berikut:

Parameter laju (τ) untuk produk grafting tanpa dan dengan saponifikasi dengan ukuran partikel 100 mesh berturut-turut sebesar 1.09 dan 0.59 menit; Pola absorpsi air dari soil conditioner terhadap variasi pH mengikuti persamaan kudartik $y=-406.0+236.8*x-15.8*x^2$; $r^2=0.968$ dan serapan air maksimum dicapai berdasarkan persamaan tersebut diperoleh pada pH 7.5; Pola swelling dalam larutan garam (efek salinitas) dari soil conditioner mengikuti persamaan; dan **Swelling = 29.06 [NaCl]^{-0.35}**, dengan k=29.06 dan n=0.35, yang mengindikasikan perubahan konsentrasi garam diatas 0.35 M tidak memberikan pengaruh terhadap serapan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh kementerian riset dan teknologi, Indonesia dan dukungan LPPM IPB

DAFTAR PUSTAKA

[AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1999. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 8th ed. Maryland: AOAC International.

Badan Pusat Statistik (BPS). 2009. Luas Panen, Produktivitas dan Produksi Ubi Kayu Menurut Provinsi, 2009. Available from: http://www.bps.go.id/tab_

sub/view.php?table=1&daftar=1&id_subyek=53¬ab=14. [Access 7 November 2011]

- Ebru Al, G. Güçlü, T. B. İyim, S. Emik, and S. Özgümüş, 2008. Synthesis and properties of starch-graft-acrylic acid/Na-montmorillonite superabsorbent nanocomposite hydrogels. *J. Appl. Polym. Sci.* 109(1):16–22. DOI: 10.1002/app.27968
- Hua, S. and A. Wang, 2009. Synthesis, characterisation and swelling behaviours of sodium alginate-g-poly(acrylic acid)/sodium humate superabsorbent. *Carbohydr Polym.* 75: 79-84.
- Hon, D.N., 1982. *Graft Copolymerization of Lignocellulosic Fibers*. Washington DC: American Chemical Society.
- Horkay, F., I. Tasaki, and P. J. Basser. 2000. Osmotic Swelling of Polyacrylate Hydrogels in Physiological Salt Solutions. *Biomacromolecules* 1: 84-90
- Khalil, M.I., and S. Farag, 1998. Utilization of some starch derivatives in heavy metal ion removal. *J Appl Polym Sci* 69:45-50.
- Lanthong, P., R. Nuisin, and S. Kiatkamjornwong, 2006. Graft copolymerization, characterization, and degradation of cassava starch-g-acrylamide/itaconic acid superabsorbents. *Carbohydr Polym.*, 66:229–245.
- Li, A., J.P. Zhang, and A.Q. Wang, (2007). “Utilization of starch and clay for the preparation of superabsorbent composite. *Biores. Technol.*, 98:327-332
- Moad, G. and D.H. Solomon, 2006. *The Chemistry of Radical Polymerization*. 2nd Edn., Elsevier Inc.
- Nakason, C., T. Wohmang, A. Kaesaman, and S. Kiatkamjornwong, 2010. Preparation of cassava starch-graft-polyacrilamide superabsorbents and associated composites by reactive blending. *Carbohydr. Polym.* 81:348-357.
- Nikmawati, 1999. Pola konsumsi pangan, tingkat kecukupan gizi, dan status gizi kaitannya dengan budaya makan onggok pada masyarakat Cireundeu, Cimahi, Jawa Barat [tesis]. Bogor: Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor.
- Pourjavadi, A., R. Soleiman, Gh.R. Bardajee and F. Seidi.2010. γ -Irradiation Synthesis of a Smart Hydrogel: Optimization Using Taguchi Method and Investigation of Its Swelling Behavior. *Transactions C: Chemistry and Chemical Engineering* 17(1):15-23
- POURJAVADI, A., and Gh. R MAHDavinia.2006. Superabsorbency, pH-Sensitivity and Swelling Kinetics of Partially Hydrolyzed Chitosan-g-poly(Acrylamide) Hydrogels. *Turk J. Chem.* 30:595 – 608.

- Pratama, A.G., 2009. Mempelajari Pengaruh Konsentrasi Ragi Instan dan Waktu Fermentasi Terhadap Pembuatan Alkohol dari Ampas Ubi Kayu (*Manihot utilisima*) [skripsi]. Medan: Fakultas Pertanian-USU.
- Swantomo, D., K. Megasari, and R. Saptaaji, 2008. Pembuatan komposit polimer superabsorben dengan mesin berkas elektron. *Jurnal Fisika Nuklir* 2:143-156.
- Teli, M.D., and N.G. Waghmare, 2009. Synthesis of superabsorbent from carbohydrate waste. *Carbohydr Polym* 78:492-496.
- Wallace, A., and G.A. Wallace, 1986. Effects of very low rates of synthetic soil conditioners on soils. *J Soil Sci.* 141:324-327.
- Zhang, J., A. Li, and A. Wang, 2006. Study on superabsorbent composite. VI. Preparation, characterization and swelling behaviors of starch phosphate-graft-acrylamide/attapulgite superabsorbent composite. *Carbohydr polym* 65(2):150–158.
- Zhang, J., G. Wang, and A. Wang, 2007. Preparation and Properties of Chitosan-g-poly(acrylic acid)/Montmorillonite Superabsorbent Nanocomposite via in Situ Intercalative Polymerization. *J Indust Eng Chem Res* 46(8):2497–2502.

REKAYASA PROSES PEMBUATAN DAN PEMANFAATAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI SELULOSA ASETAT DARI KAYU SENGON

(The process design and utilization of cellulose acetate ultrafiltration membrane from sengon wood)

Erliza Noor¹⁾, Cut Meurah Rosnelly²⁾, Kaseno³⁾

¹⁾Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

²⁾Dep. Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

³⁾Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta

ABSTRAK

Pemakaian selulosa asetat sebagai polimer membran masih terus berkembang dan menempati bagian yang penting dalam teknologi membran. Penelitian ini menggunakan selulosa asetat dari selulosa diasetat (SDA) yang disintesa dari pulp kayu sengon dengan teknik inversi fasa. Sebagai porogen ditambahkan *Polyethylene glycol* (PEG) serta pelarut *N,N-Dimethyl formamide* (DMF). Karakteristik membran yang diamati meliputi struktur dan morfologi, kekuatan tarik serta ukuran pori. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya rasio PEG/SDA, BM PEG dan suhu koagulasi akan mempengaruhi pembentukan pori membran. Penambahan PEG akan mencegah terbentuknya makrovoid pada membran dan struktur morfologi lebih rapat. Penggunaan suhu koagulasi yang rendah juga memberikan struktur morfologi yang lebih rapat. Membran yang dihasilkan adalah jenis ultrafiltrasi dengan ukuran pori maksimal 67 kDa. UF selulosa asetat ini dapat meningkatkan kadar Patchouli Alcohol (PA) dalam minyak nilam hingga 49%, serta menurunkan kehilangan siklodekstrin hingga 12-28%.

Kata kunci: Membran ultrafiltrasi, selulosa asetat, kayu sengon, minyak nilam, siklodekstrin.

ABSTRACT

Cellulose acetate is a polymer that has been used widely in membrane technology. The research was utilised cellulose diasetat made from Sengon wood pulp and used a phase inversion technique to form cellulose acetate membrane. Polyethylene glycol and N,N-Dimethyl formamide (DMF) were added as a porogen and solvent. The structure, morphology, tensile strength and pore size of the produced membrane describe the membrane characteristic. Membrane pore size was influenced by the ratio of PEG/SDA, molecular weight of PEG and coagulation temperature. The addition of PEG could prevent the macrovoid and construct more dense morphology structure of the membrane. Low coagulation temperature also produce more dense membrane. The molecular weight of the ultrafiltration membrane obtained was maximum of 67 kDa. The Patchouli Alcohol content in the Patchouli oil would increase up to 49%, while cyclodextrin rejection reduce to 12 – 28% in the purification processes.

Keyword: Ultrafiltration membrane, cellulose acetate, sengon pulp, patchouli oil, cyclodextrin

PENDAHULUAN

Teknik pemisahan menggunakan membran untuk industri pangan dan agroindustri sudah dimulai sejak lama. Penggunaan yang sangat luas dari teknik ini dibanding teknik pemisahan konvensional lain karena keunggulan-keunggulan yang dimilikinya. Keunggulan dibanding teknik pemisahan lainnya seperti sedimentasi, destilasi, ekstraksi dan sebagainya adalah penggunaan energi yang relatif kecil, tanpa menggunakan bahan kimia tambahan (pelarut), dapat dilakukan secara kontinyu, tidak terjadi perubahan fasa bahan, serta dapat dikombinasikan secara mudah dengan proses lain. Salah satu kendala penggunaan membran di Indonesia adalah belum tersedianya industri manufaktur membran dalam negeri, sampai saat ini membran masih diimport. Pemilihan material membran merupakan faktor penting pada aplikasi karena jenis membran akan berpengaruh pada fenomena-fenomena seperti adsorpsi, kestabilan kimia, dan proses pencucian. Salah satu polimer utama dan digunakan secara luas untuk pembuatan membran adalah selulosa.

Selulosa dapat diperoleh dari kayu dan melalui proses asetilasi dihasilkan selulosa asetat. Membran selulosa asetat dari kayu merupakan membran organik yang bersifat terbarukan (*renewable*), kualitas stabil, dan diproduksi lebih cepat dibandingkan selulosa asetat secara mikrobial, bersifat hidrofilik, serta memiliki ikatan yang lemah terhadap molekul protein sehingga banyak digunakan pada proses pemisahan bahan pangan terutama yang mengandung protein.

Pembuatan membran selulosa asetat telah dilakukan menggunakan selulosa dari berbagai sumber yaitu dari nata de soya, pulp abaka dan serbuk gergaji. Perbedaan sumber bahan baku ini membutuhkan tahapan dan kondisi proses pembuatan selulosa asetat yang berbeda pula. Pemakaian selulosa asetat sebagai polimer membran masih terus berkembang dan menempati bagian yang penting dalam teknologi membran. Di Jepang pemakaian selulosa asetat merupakan lebih dari sepertiga bahan polimer membran (Shibata, 2004). Material membran akan mempengaruhi teknik pembuatan membran. Informasi tentang penelitian pembuatan membran selulosa asetat dari bahan kayu secara utuh belum diperoleh, umumnya terpisah-pisah mencakup aspek pembuatan selulosa asetat (Kuo dan

Bogan, 1997), dan pengaruh pelarut pada proses asetilasi (Saka dan Takanashi, 1998) baik untuk selulosa asetat yang diproduksi secara mikrobial maupun kimia. Namun informasi tentang proses pembuatan membran dari bahan selulosa asetat berbasis selulosa sengon masih belum ada.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Membran Ultrafiltrasi Selulosa Diasetat

Bahan baku membran terdiri dari selulosa diasetat (SDA) dengan kadar asetyl sekitar 39,66% ; *N,N-Dimethyl formamide* (DMF); dan *Polyethelene glycol* (PEG) dengan berbagai berat molekul yaitu 1450, 4000 dan 6000 Da. Bahan baku SDA dan DMF dicampur dengan perbandingan 1 : 6 (v/v). Selanjutnya ditambahkan PEG dengan rasio PEG terhadap SDA antara 10 - 30%. Pencampuran dilakukan selama 1 - 2 jam pada suhu kamar. Pembuatan membran dilakukan dengan menggunakan metoda inversi fasa, dengan variasi suhu proses koagulasi yaitu 15, suhu kamar, dan 50 °C selama 1 jam. Membran yang dihasilkan memiliki ketebalan 0,2 mm.

Karakterisasi Membran

Pengamatan terhadap morfologi membran dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada resolusi 5-10 nm. Permeabilitas membran diukur menggunakan air, Dektran(12 kDa), dan BSA (67 kDa). Membran yang digunakan dalam bentuk datar (*flat*) dengan luas permukaan 12,5 cm² (12,5 x 10⁻⁴ m²), metoda penyaringan silang (*cross-flow filtration*). Porometer membran dinyatakan dalam MWCO berdasarkan nilai rejeki 80-90% dari larutan standar.

Pemisahan dan Pemurnian Minyak Nilam dan Siklodekstrin

Pengujian membran selulosa asetat menggunakan modul *Plate and Frame* dengan aliran umpan silang (*cross-flow filtration*). Luas efektif membran sebesar 23,75 cm² dan memiliki MWCO 67 kDa. Pengukuran sampel untuk masing-masing larutan dilakukan setelah dicapai waktu tunak yaitu setelah 15 menit untuk minyak nilam dan 24 menit untuk siklodekstrin. Parameter operasi yaitu

tekanan berkisar antara 0,6 – 1,8 bar. Pengukuran dilakukan terhadap laju alir permeate (fluksi), rejeksi siklodekstrin dan peningkatan kadar PA minyak nilam.

Pengukuran Rejeksi

Pengukuran Tingkat Rejeksi (Mulder, 1991) Tingkat rejeksi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut: $R (\%) = \frac{(C_{\text{umpan}} - C_{\text{permeat}})}{C_{\text{umpan}}} \times 100\%$

$$C_{\text{umpan}}$$

Dimana: R: persentasi rejeksi, C_{umpan} : konsentrasi senyawa dalam umpan, C_{permeat} : konsentrasi senyawa dalam permeat

Karakterisasi Membran selulosa Asetat

Karakterisasi membran dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) JSM-5310 LV (Japan). Nilai MWCO membran ditentukan dari rejeksi padatan (*Solid Rejection*) antara 80-100% pada keadaan stabil. Jenis larutan identifikasi yang dapat digunakan adalah Bovin Serum Albumin (67 kDa) dan Dekstran (12 kDa). Konsentrasi BSA dan Dekstran di umpan dan permeat dianalisa menggunakan spektrofotometer.

Analisa

Untuk minyak nilam dilakukan analisa kadar patchouli alkohol kromatografi gas (GC). Pengukuran siklodekstrin dilakukan dengan perhitungan selisih total gula (metoda fenol) dengan kadar gula pereduksi (metoda DNS). Kadar protein pada larutan siklodekstrin dianalisa menggunakan metode *Lowry*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelarut DMF dipilih pada pembuatan membran selulosa asetat karena mempunyai afinitas yang tinggi terhadap air sehingga akan diperoleh membran berpori. Perbandingan selulosa diasetat (kadar asetil 39,66%) terhadap DMF ditetapkan sebesar 1:6 setelah terlebih dahulu dilakukan dengan perbandingan 1:3; 1:4; dan 1:5. Chou *et al.* (2007) menggunakan perbandingan SDA (berat molekul 50.000) terhadap DMF sebesar 1:3. Perbedaan perbandingan tersebut karena selulosa asetat berbasis selulosa pulp kayu sengon memiliki berat molekul yang

besar, yaitu 130.221 Da sehingga memerlukan jumlah pelarut yang lebih besar untuk menghomogenkan larutan.

Penambahan aditif polietilen glikol (PEG) sebagai porogen dilakukan pada campuran SDA dan DMF dengan menggunakan berbagai berat molekul PEG (1450, 4000, dan 6000 Da) serta rasio PEG/SDA (10%, 20%, 30%). Waktu pengadukan yang dibutuhkan untuk mendapatkan larutan homogen lebih pendek dibandingkan waktu pengadukan pada pembuatan membran selulosa asetat berbasis selulosa mikrobial yang berlangsung selama 24 jam (Desiyarni, 2006). Hal ini dikarenakan selulosa asetat berbasis selulosa pulp kayu sengon lebih mudah larut dibandingkan serbuk selulosa asetat berbasis selulosa mikrobial.

Karakteristik Membran

Lapisan membran semakin tebal dengan penambahan PEG. Hal ini disebabkan karena terdapat sejumlah molekul PEG pada matriks membran selulosa asetat sehingga kandungan zat padat menjadi lebih banyak. Sementara pada perubahan suhu koagulasi, tebal lapisan membran yang diperoleh pada suhu rendah (15°C) lebih tebal dibandingkan pada koagulasi suhu tinggi (suhu kamar). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Chou *et al.* (2007) bahwa ketebalan membran sangat tergantung dari sifat kelarutan aditif dalam air pada bak koagulasi. Sementara itu menurut Young dan Chen (1995) ketebalan lapisan kulit membran akan naik secara bertahap hingga diffusi pelarut dari lapisan bagian bawah membran melalui lapisan bagian atas ke bukan-pelarut (non-pelarut) berhenti.

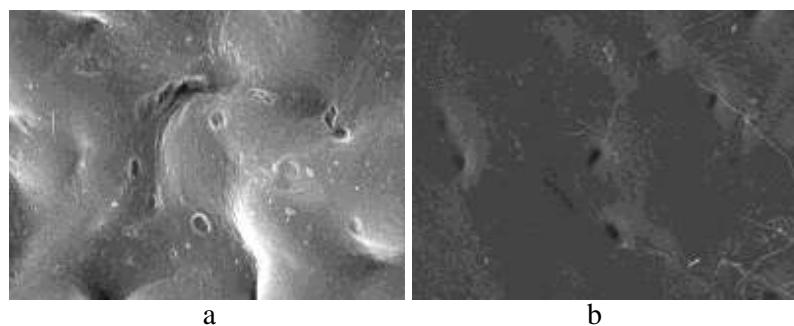
Pada koagulasi suhu kamar, tebal lapisan membran tanpa PEG diperoleh 0,050 mm dan 0,062 mm untuk membran dengan penambahan PEG 6000 Da pada rasio PEG/SDA 20%. Akhlus dan Widiastuti (2005) dari hasil penelitiannya menunjukkan bahwa ketebalan membran berbanding lurus dengan jumlah polimer yang digunakan, yaitu dari 0,059 mm (18% polimer dan 82% pelarut) menjadi 0,076 mm (18% polimer, 18% polimer aditif, dan 64% pelarut).

Pada suhu koagulasi yang lebih rendah (15°C), tebal lapisan membran tanpa PEG diperoleh 0,053 mm dan 0,065 mm untuk membran dengan penambahan PEG 6000 Da dan rasio PEG/SDA 20%. Tebal lapisan membran yang diperoleh

masih berada pada batasan membran asimetrik, yaitu sekitar 150 μm (0,15 mm) (Mulder, 1996).

Morfologi Membran

Membran SDA yang diperoleh secara inversi fasa menggunakan pelarut DMF dan air mengikuti mekanisme *instantaneous demixing* dan menghasilkan membran berpori (*porous membrane*). Hasil pengamatan terhadap morfologi dari membran yang dihasilkan menggunakan *Scanning Electron Misroscope* (SEM) menunjukkan bahwa membran tersebut merupakan membran asimetrik karena struktur permukaan lapisan bawah mempunyai pori yang berukuran lebih besar dibandingkan pori pada lapisan atas (Gambar 1 a dan b). Pori pada lapisan atas lebih rapat dibandingkan pori pada lapisan bawah karena pada proses difusi antara DMF dan air pada bak koagulasi, terjadi pemisahan fasa cair-cair sehingga DMF larut dengan cepat dalam air dan molekul-molekul SDA beragregasi dengan cepat membentuk lapisan atas tanpa pori (*dense*). Selanjutnya DMF berdiffusi lebih lambat pada bagian bawah membran sehingga membentuk pori yang lebih besar.

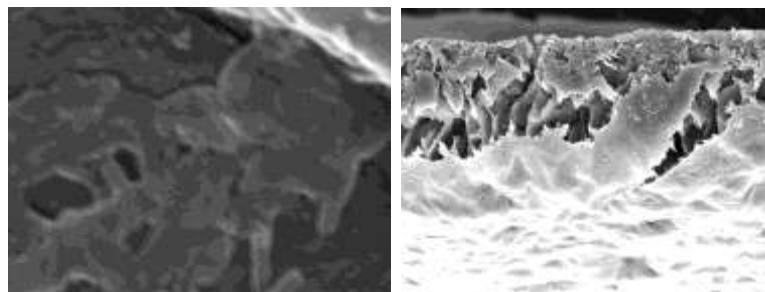


Gambar 1. a. Bagian lapisan permukaan atas membran SDA (2000x), b. Bagian bawah membran SDA (500x).

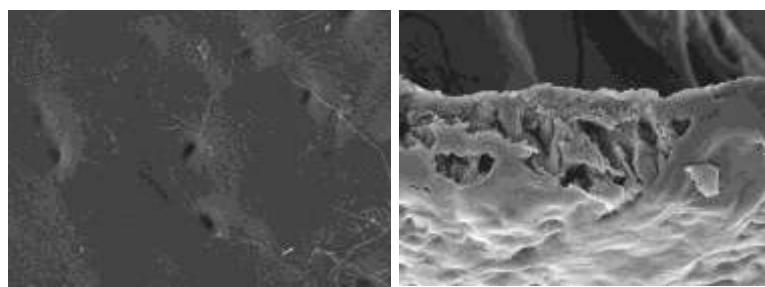
Pengaruh Penambahan PEG

Seperti telah dijelaskan di atas, bahwa mekanisme pembentukan membran pada penelitian ini berlangsung secara *instantaneous demixing*. Kelemahan yang sering terjadi pada mekanisme *instantaneous demixing* adalah terbentuknya makrovoid pada lapisan bagian bawah dari membran. Makrovoid lebih sering terbentuk dari sistem pelarut dan bukan-pelarut yang mempunyai afinitas tinggi seperti DMF dengan air dan membentuk suatu rongga yang sangat terbuka berada

diantara pori-pori yang lebih kecil. Keberadaan makrovoid tidak diharapkan karena akan menurunkan kekuatan mekanikal membran sehingga mempengaruhi permeabilitas membran (Chaudhuri dan Siladitya, 2003; Husain dan Koros, 2009). Perbedaan struktur membran yang dihasilkan dari membran tanpa PEG dan dengan penambahan PEG dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Bagian lapisan bawah dan melintang membran SDA pada perbesaran 500x tanpa PEG (koagulasi pada suhu kamar).

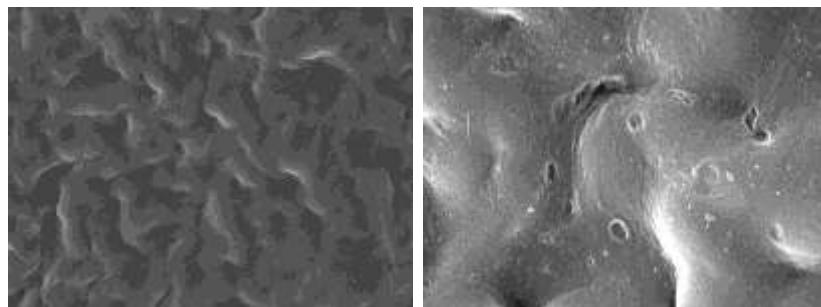


Gambar 3. Bagian lapisan bawah dan melintang membran SDA pada perbesaran 500x dengan penambahan PEG 1450 Da (rasio PEG/SDA 20% , koagulasi pada suhu kamar).

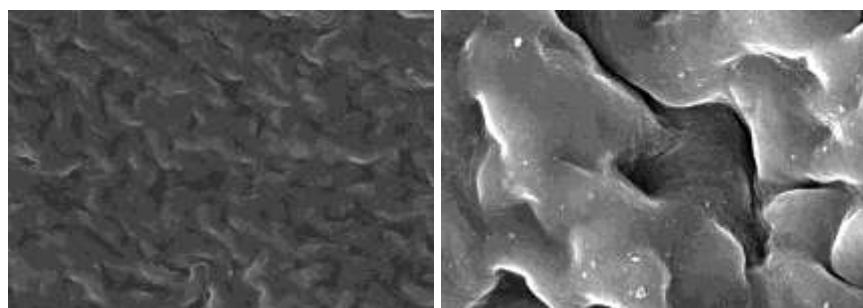
Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa struktur morfologi hadir dengan keberadaan pori yang tidak tertata dengan baik. Terdapat rongga yang besar diantara pori-pori kecil. Rongga besar yang terbentuk tersebut merupakan makrovoid. Penambahan aditif PEG pada larutan cetak membuat larutan polimer menjadi lebih *viscous* dan afinitas antara DMF dan air menjadi berkurang, sehingga dapat menekan terbentuknya makrovoid (Javiya *et al.*, 2008)

Pengaruh Berat Molekul PEG

Struktur membran semakin rapat dengan naiknya berat molekul PEG. Kenaikan berat molekul PEG dalam larutan cetak/larutan polimer akan menaikkan viskositas larutan tersebut sehingga memperlambat difusi PEG dan DMF ke dalam air. Keadaan tersebut membuat kandungan padatan pada matriks selulosa diasetat bertambah, sehingga struktur membran selulosa asetat yang dihasilkan menjadi lebih padat/rapat. Hasil SEM morfologi struktur membran yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Bagian lapisan atas membran SDA pada perbesaran 500x dan 2000x dengan penambahan PEG 1450 Da (rasio PEG/SDA 20%, koagulasi suhu kamar)



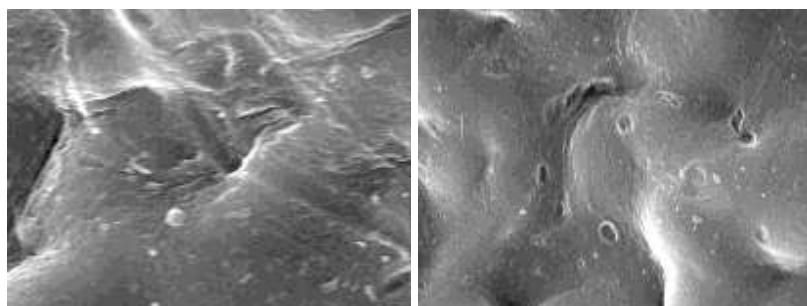
Gambar 5. Bagian lapisan atas membran SDA pada perbesaran 500x dan 2000x dengan penambahan PEG 4000 Da (rasio PEG/SDA 20%, koagulasi suhu kamar)

Sekilas tampak struktur morfologi membran yang sama pada perbesaran 500x dari Gambar 4 dan 5. Namun sebenarnya terdapat perbedaan, yaitu struktur membran pada Gambar 4 lebih renggang pada perbesaran 2000x dan pori yang dihasilkan kelihatan lebih banyak walaupun ukuran pori terlihat lebih kecil dibandingkan Gambar 5. Hal ini disebabkan karena molekul PEG pada berat 1450 Da lebih mudah larut dalam air dibandingkan PEG 4000 Da. Walaupun rasio PEG/SDA yang digunakan sama, diperkirakan jumlah molekul PEG 1450 Da

yang tertinggal pada matriks selulosa diasetat lebih sedikit dan meninggalkan pori yang lebih banyak dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan molekul PEG 4000 Da.

Pengaruh Rasio PEG/SDA

Penambahan rasio PEG terhadap selulosa diasetat pada pembuatan membran berarti semakin bertambah banyak molekul PEG yang ikut bercampur dalam larutan cetak. Molekul PEG tersebut mengisi matriks membran selulosa asetat dan meninggalkan pori pada matriks tersebut ketika berlangsung proses diffusi antara DMF dengan air. Semakin banyak molekul PEG yang ditambahkan, diperkirakan molekul PEG yang meninggalkan matriks membran selulosa asetat juga banyak sehingga pori yang dihasilkan pada membran juga lebih banyak, seperti dapat dilihat pada Gambar 5. Struktur morfologi membran yang dihasilkan lebih rapat dengan naiknya rasio PEG/SDA. Hal ini disebabkan karena diperkirakan jumlah molekul PEG yang tertinggal pada matriks membran selulosa asetat masih lebih banyak dibandingkan dengan rasio PEG/SDA yang rendah. Hasil SEM untuk morfologi membran tersebut dapat dilihat pada Gb. 6.

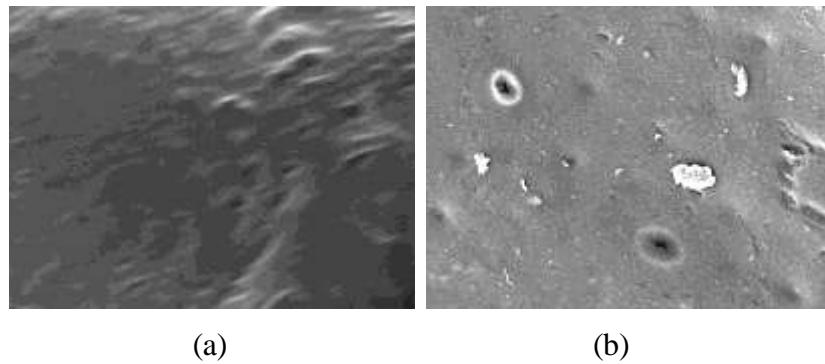


Gambar 6. Bagian lapisan atas membran SDA pada perbesaran 2000x dengan penambahan PEG 1450 Da, koagulasi suhu kamar pada rasio a. PEG/SDA 10%, b. PEG/SDA 20%.

Pengaruh Suhu Koagulasi

Suhu koagulasi yang lebih rendah mengakibatkan afinitas pelarut DMF terhadap air menjadi berkurang. Aditif PEG lebih sukar larut dalam air, sehingga menurunkan kecepatan proses diffusi yang terjadi antara DMF dan air. Pori yang terbentuk lebih kecil dibandingkan hasil koagulasi pada suhu tinggi. Struktur

morfologi hasil pembuatan membran pada koagulasi suhu rendah dari analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 7.

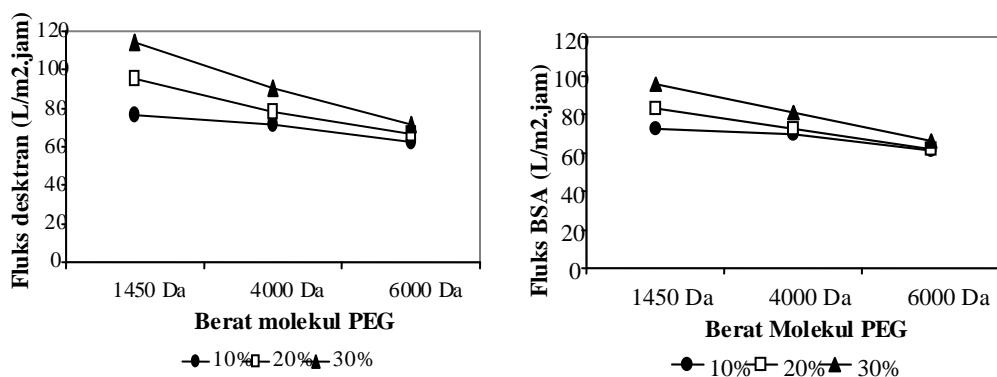


Gambar 7. Bagian lapisan bawah membran SDA dengan penambahan PEG 4000 Da, rasio PEG/SDA 20% pada a. Suhu koagulasi 15°C (10.000x), b. suhu koagulai 50°C (3500x)

Dapat dilihat dari Gambar 7, ukuran pori relatif kecil dan baru dapat dilihat pada perbesaran 10.000x dari membran hasil koagulasi pada suhu 15°C . Ukuran pori yang relatif kecil juga telah dihasilkan oleh Cai *et al.* (2007) pada penelitiannya terhadap pembuatan membran pada suhu koagulasi rendah. Hal ini disebabkan karena kontak antara DMF dengan air berkurang akibat proses diffusi yang terjadi lambat. Sebaliknya, kenaikan suhu koagulasi dapat mempercepat proses kecepatan diffusi DMF dan PEG terhadap air karena affinitas yang tinggi antara DMF dan air. Affinitas yang tinggi tersebut juga dapat memicu terbentuknya makrovoid. Pori yang terbentuk juga lebih besar dan sudah dapat dilihat pada perbesaran yaitu 3500x seperti telihat pada Gambar 10b. Pori yang terbentuk mengarah pada pembentukan makrovoid sehingga perlu dicari suatu pemecahan untuk mengatasi keadaan ini. Menurut Mahendran *et al.* (2004), makrovoid dapat juga diatasi dengan penambahan pelarut pada bak koagulasi.

Fluksi Dekstran dan BSA

Kinerja membran dengan morfologi dan struktur yang diperoleh diatas diuji dengan pengukuran fluksi terhadap larutan Dekstran (12 kDa) dan Bovine Serum Albumin (BSA, 67 kDa). Membran dengan penambahan PEG 1450, 4000 dan 6000 Da serta berbagai variasi rasio PEG dan SDA (10 – 30%) menunjukkan kemiripan trend fluksi untuk larutan Dekstran dan BSA seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan fluksi dekstran dan BSA (TMP 1,2 bar; suhu kamar) dari membran dengan berbagai berat molekul PEG dan rasio PEG/SDA (koagulasi suhu kamar).

Penambahan PEG yang besar pada pembuatan membran akan menghasilkan ukuran pori yang lebih besar, namun tingkat porositas menurun, akibatnya fluksi juga akan menurun. Sedangkan membran yang memiliki rasio PEG/SDA yang tinggi akan memiliki lebih banyak jumlah pori atau porositas yang lebih besar. Nilai fluksi berkorelasi dengan porositas membran. Sehingga untuk kedua larutan fluksi tertinggi diperoleh dari membran yang dibuat menggunakan PEG dengan BM terkecil (1450 Da) namun rasio PEG/SDA terbesar (30%).

Molecular Weight Cut-Off (MWCO) Membran

Molecular Weight Cut-Off (MWCO) didefinisikan sebagai bobot molekul suatu zat terlarut yang 80-90% dapat direjeksi oleh membran. Nilai rejeksi dapat diperoleh setelah dilakukan pengukuran konsentrasi zat padat terlarut pada permeat dengan menggunakan larutan standar. Pengukuran rejeksi padatan (*Solute Rejection Measurements*) merupakan metoda yang paling banyak digunakan dalam mengkarakteristik membran berpori.

Dari berbagai variasi formulasi membran yang telah dihasilkan diperoleh rejeksi terhadap larutan standar dekstran (12 kDa) berkisar 50-66% dan rejeksi larutan standar BSA (67 kDa) berkisar 80-96%. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut, dapat dikatakan bahwa ukuran pori membran berada pada ukuran maksimal 67 kDa. Menurut Osada dan Nakagawa (1992) membran ultrafiltrasi (UF) mempunyai ukuran pori berkisar 10-1000 Å atau MWCO sekitar 10^3 - 10^6 Da.

Ukuran pori membran yang dihasilkan ini masih termasuk kategori membran dengan jenis proses ultrafiltrasi.

Aplikasi Membran

Membran yang dihasilkan pada penelitian ini telah diterapkan pada uji aplikasi dalam peningkatan kadar *Patchouli Alcohol* (PA) dari minyak nilam (*Pogostemon cablin Benth*). Kandungan yang terdapat dalam minyak nilam meliputi, patchouli alkohol (patchcouli camphor), eugenol, benzaldehyde, cinnamic aldehyde, dan cadinene. Namun komponen yang paling menentukan mutu minyak nilam adalah patchouli alcohol karena merupakan penciri utama. Dari Tabel 1 terlihat bahwa untuk semua perlakuan operasi diperoleh kadar PA hampir sama yaitu mencapai 49%. Menurut Suyono (2001) kandungan patchouli alkohol dalam minyak nilam dapat dimaksimalkan sampai 40–50%.

Tabel 1. Kadar patchouli alkohol minyak nilam pada berbagai kondisi operasi.

Laju Alir (ml/det)	Tekanan (Bar)	Kadar Patchouli Alkohol (%)
5.678	0.6	49.61
5.678	1.8	48.74
7.143	0.6	49.09
7.143	1.8	49.05
3.2698	1.8	49.69
4.6253	1.8	49.80

Nilam yang semula diproduksi di Indonesia hanya menghasilkan minyak nilam kotor dengan rendemen minyak <3% dan kadar patchouli alkohol <32%, maka minyak nilam kotor atau crude patchouli oil harus dimurnikan terlebih dahulu untuk meningkatkan nilai jualnya. Selama ini petani nilam hanya mampu menghasilkan minyak nilam dengan kandungan patchouli alkohol 26–28%, sedangkan pabrik penyulingan dengan peralatan suling bahan baja anti karat mampu menghasilkan minyak nilam dengan kandungan patchouli alkohol 31–35%. Pemurnian PA menggunakan membran selulosa asetat ini memiliki prospek yang besar untuk penggunaan di tingkat industri kecil dan menengah.

Pada pemurnian siklodekstrin pengotor berupa sisa pati dan enzim dapat seluruhnya dihilangkan atau dapat tertahan oleh membran. MWCO sebesar 67 kDa cukup besar untuk menahan molekul pati dan enzim dengan berat molekul

rata-rata masing-masing sebesar 100.000 dan 75.000 Da. Sedangkan siklodekstrin (BM 900 – 1100 Da) tertahan sebanyak 12 – 28% (Tabel 2).

Nilai rejeksi siklodekstrin ini lebih kecil dibanding pemurnian menggunakan membran polieter sulfon dengan MWCO 20 kDa yaitu sebesar 19 – 76% (Maryana, 2008). Rejeksi siklodekstrin ini dipengaruhi oleh besarnya tekanan yang digunakan, dimana pada tekanan yang tinggi rejeksi siklodekstrin makin kecil. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh semakin besarnya akumulasi padatan dipermukaan membran pada tekanan yang rendah. Peningkatan akumulasi dipermukaan membran terutama akibat rejeksi pati dan enzim pada permukaan membran yang akan memperbesar tahanan membran.

Peningkatan pembentukan boundary layer dan tahanan di permukaan membran juga dipengaruhi oleh sifat siklodekstrin dan sifat membran. Struktur molekul siklodekstrin terdiri dari bagian rongga yang bersifat hidrofobik (non-polar) dan bagian luar molekul bersifat hidrofilik (polar). Selain itu tertahannya α , β , γ -siklodekstrin di membran juga terkait dengan bentuk molekul siklodekstrin. Siklodekstrin mempunyai bentuk molekul cone, bentuk ini cenderung tertahan di permukaan membran serta bentuknya tetap tidak berubah pada saat melewati pori membran. Interaksi antara molekul siklodekstrin dengan membran serta sifat molekul siklodekstrin inilah yang juga menyebabkan sebagian kecil siklodekstrin tertahan

Tabel 2. Rejeksi siklodekstrin.

Tekanan (Bar)	Laju alir (L/jam)	Rejeksi siklodekstrin (%)
0,9	132	28
1,2	132	25
1,8	132	19
0,9	143	18
1,2	143	17
1,8	143	14
0,9	149	16
1,2	149	14
1,8	149	12

KESIMPULAN

Penambahan porogen PEG meningkatkan kualitas membrane selulosa asetat diantaranya yaitu struktur morfologi lebih rapat, bentuk pori lebih teratur, kerapatan (porositas) meningkat, dan distribusi pori lebih sempit; Kenaikan BM porogen PEG menghasilkan membran dengan struktur morfologi lebih rapat, ukuran pori lebih besar, dan porositas kecil; Kenaikan Rasio PEG/SDA menghasilkan membran dengan struktur morfologi lebih rapat, porositas besar; Koagulasi pada suhu tinggi akan menghasilkan membran lebih tipis dan menurunkan kuat tarik membran. Sedangkan kenaikan suhu koagulasi akan meningkatkan porositas membran dan fluks. Suhu koagulasi terbaik adalah 30°C; MWCO membran menggunakan larutan standar Dekstran (12 kDa) dan Bovine Serum Albumin (67 kDa) yang didasari oleh nilai rejeki 80 – 90% menunjukkan ukuran pori membran selulosa asetat yang diperoleh memiliki ukuran pori maksimal 67 kDa dan merupakan membran Ultrafiltrasi; Membran selulosa asetat (MW 67kDa) dapat digunakan untuk menaikkan kadar Patchouli alkohol pada minyak nilam dan memurnikan larutan siklodekstrin. Tekanan operasi efektif proses pemisahan dengan membran ultrafiltrasi selulosa asetat adalah pada tekanan 1.5 atm, sedangkan peningkatan laju alir akan menaikkan fluksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhlus, S dan Widiastuti, N. 2005. Perolehan Kembali NaOH dari Limbah White Liquor Hasil Pengelantangan Sistem Fotosintizer Katil Bergerak. Akta Kimia Indonesia 1 (1/Okttober):35-40
- Cai, J., Wang, L., dan Zhang, L. 2007. Influence of coagulation temperature on pore size and properties of cellulose membranes prepared from NaOH-Urea aqueous solution. Journal Cellulose 4 (3/June), ISSN 0969-0239.
- Chaudhuri, R., dan Siladitya. 2003. The Effect of electric fields on macrovoid pores in polymeric membranes. <http://drc.ohiolink.edu/handle/2374/oxi9629>.
- Chou, W. L., Yu, D. G., Chien, M. dan Yang, C. H. J. 2007. Effect of molecular weight and concentration of PEG additives on morphology and permeation performance of cellulose acetate. Sciencedirect Separation and Purification Technology.

- Desiyarni. 2006. Perancangan Proses Pembuatan Selulosa Asetat dari Selulosa Mikrobial untuk Membran Ultrafiltrasi. Disertasi dari Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor-IPB.
- Husain, S. dan Koros, W. J. 2009. Macrovoids in hybrid organic/inorganic hollow fiber membranes. *Ind. Eng. Chem.* 48 (5): 2372-2379.
- Javiya, S., Yogesh, Gupta, S., Singh, K dan Bhattacharya, A. 2008. Porometry studies of the polysulfone membranes on addition of poly(ethylene glycol) in gelation bath during preparation. *Journal of Mex. Chem. Soc.* 52(2): 140-144, Sociedad Química de México ISSN 1870-249X.
- Kuo, C. M. dan Bogan, R. T. 1997. Penemu; Process for the manufacture of cellulose acetate. U.S. Patent. Patent : 5,608,050.
- Mahendran, R., Malaisamy, R., dan Mohan, D. R. 2004. Cellulose acetate and polyethersulfone blend ultrafiltration membranes . Part I: Preparation and characterizations. *Polymer Advanced Technologies* 15: 149-157.
- Maryana, Y. 2008. Pemurnian Siklodekstrin Dengan Membran Ultrafiltrasi. Tesis dari Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor-IPB.
- Mulder, M. 1996. Basic Principles of Membrane Technology. Kluwer Academic Publisher, Netherland.
- Osada, Y. dan Nakagawa, T. 1992. Membrana Science and Technology. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Saka, S. dan Takanashi, K. 1998. Cellulose triacetate prepared from low grade hardwood dissolving pulp and its insoluble residues in acetylation medium. *Journal of Applied Polymer Science* 67 : 289-297.
- Shibata, T. 2004. Cellulose acetate in separation technology. *Macromol. Symp.* 208: 353-369.
- Suyati. 2008. Pembuatan Selulosa Asetat dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu dan Identifikasinya. Tesis Pascasarjana FMIPA-Kimia, ITB-Bandung
- Young, T. H dan Chen, L. W. 1995. Pore formation mechanism of membranes from phase inversion process. *Desalination* 103 : 233-2

DESAIN DAN PENGUJIAN KINERJA PROTOTIP-1 MESIN KEPRAS TEBU TIPE PISAU ROTARI

(Design and Performance Test of Rotary Knife Type Sugar Cane Stubble Shaver)

**P.A.S. Radite¹⁾, W. Hermawan¹⁾, Joko W²⁾, M. Suhil²⁾,
Safriandi³⁾, M. Habibullah⁴⁾**

¹⁾Dep Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknik Pertanian, IPB. ²⁾Perekayasa, Balai Besar Mekanisasi Pertanian, Serpong, ³⁾Prodi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Fakultas Teknik Pertanian, IPB, ⁴⁾Prodi Teknik Pertanian, Dept Teknik Pertanian, IPB

ABSTRAK

Operasi pengeprasan yang baik sangat menentukan keberhasilan budidaya ratun di perkebunan tebu. Saat ini, operasi pengeprasan tungul tebu masih dilaksanakan secara manual oleh tenaga manusia menggunakan cangkul. Kepras manual ini kapasitas lapangnya rendah, biayanya mahal dan hasil pengeprasannya sering tidak sesuai dengan harapan. Beberapa dekade yang lalu, mesin kepras mekanis pernah diperkenalkan di beberapa kebun tebu di Indonesia, namun dilaporkan gagal karena persoalan pisau yang sering tumpul. Beberapa tahun yang lalu, penulis juga mengembangkan mesin kepras tebu tipe piringan berputar, yang hasilnya sangat memuaskan, namun masih mempunyai kendala yaitu terbatasnya lebar potong yang hanya sampai sekitar 25 cm. Karena itu penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk mendesain dan menguji kinerja mesin kepras tebu yang berdasar pada pisau rotari, ditarik oleh traktor 4-roda dan ditenagai dari PTO. Piring pengepras mempunyai 8 pisau yang dipasang radial, dibuat bersudut 45-60 derajat. Hasil pengujian lapang menunjukkan bahwa kinerja terbaik adalah pada putaran pisau 780 rpm adan sudut kemiringan pisau 45 derajat. Torsi rata-rata adalah 42.0 Nm kedalaman pemotongan tanah rata-rata 13 cm dengan lebar potong rata-rata 37 cm.

Kata kunci: Mesin kepras, kepras tebu, pisau rotari.

ABSTRACT

Good stubble shaving operation will determined the success of ratoon cultivation at sugar cane plantation. To day, stubble shaving operation is done manually by labor using hoe, therefore, it had low field capacity, high cost and inconsistence quality of stubble cuts. In the past, prototype of mechanized stubble shaver had been introduced at several sugar cane plantation but reported failed because of knife problem. Few years ago, a disc type stubble shaver had been developed and succesfully tested but had problem of cutting width limited to about 25 cm. The objective of this research is, therefore, to develope a rotary knife based stubble shaver which designed to have cutting width of about 35 cm, and able to cut stubble at depth up to 10 cm beneath soil surface. The developed prototype was tractor driven and powered by tractor'PTO. The stubble shaver had 8 knife which positioned radially, and had 45-60 degrees of cutting inclination. Field tests showed that stubble shaving of sugar cane with rotary knife had a better performance in 780 rpm and 45 degrees of cutting inclination. Average torque was 42.0Nm with average cutting depth of about 13 cm, and working width was 37 cm.

Keywords: Stubble shaver, sugar cane, rotary knife.

PENDAHULUAN

Gula merupakan komoditi penting dan merupakan salah satu dari sembilan bahan pokok di Indonesia. Sejak jaman Hindia Belanda tahun 1823 Indonesia telah menjadi salah satu eksportir gula utama dunia. Ekspor terbesar terjadi pada tahun 1929 yaitu mencapai 2.4 juta ton. Perkembangan selanjutnya industri gula Indonesia semakin terpuruk bahkan tidak mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri sendiri sampai saat ini.

Gula digunakan untuk kepentingan industri maupun untuk kepentingan rumah tangga. Luas kebun semakin meningkat, jika pada tahun 2004 hanya mencapai 340 660 ha saat ini di Indonesia terdapat lebih 436,505 ha kebun tebu, terdiri dari 252 783 ha perkebunan rakyat, 82 222 perkebunan negara dan 101,500 perkebunan swasta yang tersebar di Jawa dan Luar Jawa. Diperkirakan pada tahun 2010 akan mencapai luasan 446 15 ha (Disbun, 2010). Total produksi gula juga terus meningkat dari sekitar 2 juta ton tahun 2004 menjadi sekitar 2.6 juta ton pada tahun 2008. Namun demikian, produksi domestik ini masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan gula dalam negeri yang juga semakin meningkat dari tahun ketahun, saat ini sekitar 2.9 juta ton per tahun bahkan diproyeksikan mencapai 4 juta ton pada tahun 2014.

Sejak tahun 1994 Indonesia menjadi pengimpor gula utama dunia, saat ini Indonesia merupakan importir terbesar no 4 di dunia sekitar 3.5% dari impor gula dunia. Tahun 1994 impor gula baru mencapai 4 400 ton, meningkat menjadi 1.34 juta ton dalam waktu 10 tahun. Jika harga impor gula per kg sekitar 4 ribu rupiah saja, lebih dari 5 triliun devisa negara mengalir ke luar negeri setiap tahunnya. Oleh karena itu usaha-usaha peningkatan produksi tebu, perbaikan mutu keprasan misalnya, sangat erat terkait dengan penghematan devisa negara. Dalam kondisi keterbatasan devisa dan kecenderungan harga gula dunia yang meningkat, impor gula akan menimbulkan beban berat bagi perekonomian nasional di masa depan. Atas dasar itu, maka upaya peningkatan produksi dalam negeri merupakan pilihan kebijakan yang rasional sejauh upaya itu dapat dipertanggungjawabkan dari segi efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan posisinya yang penting dan sejalan dengan revitalisasi sektor pertanian, maka industri gula berbasis tebu juga perlu

mengakukan berbagai upaya sehingga sejalan dengan revitalisasi sektor pertanian. Hal ini berarti industri gula berbasis tebu perlu mengakukan berbagai perubahan dan penyesuaian guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi, sehingga menjadi industri yang kompetitif, mempunyai nilai tambah yang tinggi dan memberikan tingkat kesejahteraan yang memadai kepada para pelakunya, khususnya petani. Peningkatan produksi pada industri gula dapat dilakukan dengan melaksanakan kegiatan ekstensifikasi lahan, intensifikasi budidaya dan efisiensi produksi.

Budidaya tebu keprasan atau tebu ratun dapat dipandang sebagai efisiensi produksi, karena biaya tebu ratun yang lebih rendah bahkan dapat mencapai hanya 1/3 dari biaya tebu penanaman baru (plant cane atau PC). Dan jika budidayanya dilaksanakan dengan benar, maka produksi tebu ratun masih memberikan hasil yang memadai. Pelaksanaan kepras tunggul tebu merupakan salah satu kunci keberhasilan budidaya tebu ratoon. Saat ini operasi kepras dilakukan secara manual dengan tenaga manusia menggunakan cangkul. Hasil keprasan cangkul selain kapasitasnya rendah, dan ongkosnya mahal juga hasilnya kurang sesuai dengan harapan. Menurut para praktisi dilapangan, keprasan yang baik adalah jika dapat memotong tunggul dibawah permukaan tanah dan hasil keprasannya berbentuk seperti "huruf V" Namun, pada pekerjaan kepras manual, hasilnya adalah "bentuk gunung" atau "huruf V terbalik". Akibatnya, tebu ratoon akarnya dangkal dan mudah roboh.

Periode tahun 90an pernah diperkenalkan mesin kepras tebu mekanis di beberapa pabrik gula di Indonesia. Hasil pengujian dilaporkan kurang berhasil karena permasalahan seringnya pisau tumpul sehingga hasil tunggul tebu hasil keprasan banyak yang pecah. Radite (2007) mengembangkan mesin kepras tebu mekanis berbasis piringan bercoak (scalloped disk) yang diputar. Hasil pengujian cukup memuaskan, tunggul tebu dapat dipotong pada kedalaman sampai dengan 10 cm dibawah tanah dengan hasil keprasan yang tidak pecah, namun mempunyai kelemahan yaitu lebar pengeprasan yang terbatas hanya mencapai 25 cm.

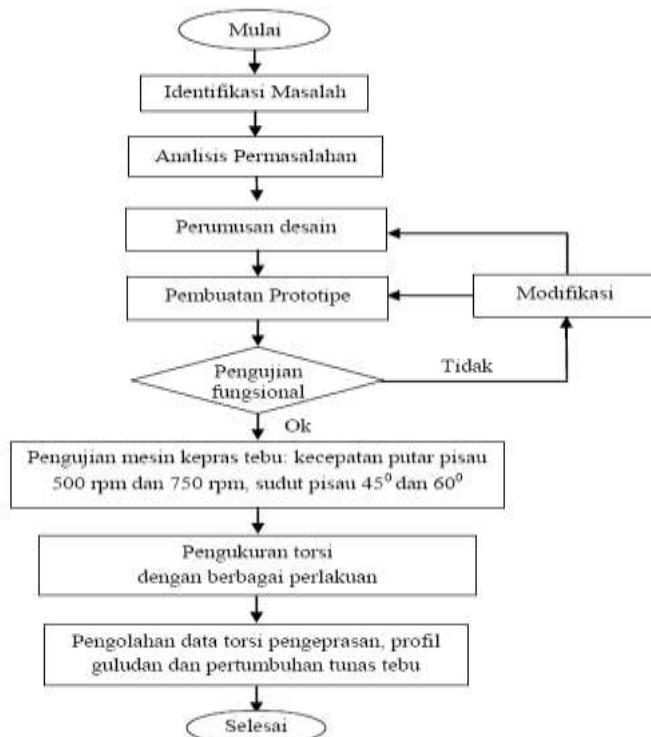
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin kepras tebu tipe pisau rotary yang ditarik oleh traktor 4-roda dan ditenagai melalui putaran PTO (power

take off). Pada desain ini, 8 buah pisau dipasang disepertar piringan yang berputar dengan kemiringan 45-60 derajat dan digunakan sebagai bagian pemotong dari tungkul tebu. Mekanisme ini dipilih karena cukup handal dan relatif sederhana dalam desain dan konstruksinya. Untuk mempertahankan ketajaman pisau selama pemotongan, pisau dibuat menggunakan baja mangan yang diperkeras secara khusus.

METODA PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah bahan pembuat komponen mesin seperti plat baja, besi profil U, baja poros, *bearing*, pisau dan bahan pendukung lainnya. Alat yang digunakan terdiri dari alat dan mesin untuk perkerjaan konstruksi berupa alat per Bengkelan seperti bor, mesin gurinda, las, bubut dan peralatan pendukung lainnya. Sedangkan alat ukur yang digunakan terdiri dari torsi meter, handy *strain amplifier*, *tachometer*, komputer dan alat pendukung untuk pengukuran di lapangan seperti meteran, patok, *stopwatch*, *relief meter*.



Gambar 2. Tahapan penelitian.

Tahapan penelitian

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, pelaksanaan kegiatan ini dilakukan dalam 3 tahap pengembangan. Tahap pertama adalah pengembangan konsep desain dan dilanjutkan dengan pembuatan gambar kerja menggunakan Auto CAD. Kriteria batasan desain yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, tenaga putar harus dari PTO traktor sehingga putarannya 540 rpm atau 1000 rpm, sudut potong dapat diatur, dan mempunyai desain yang kompak dengan jumlah komponen yang minimal. Kedua, berdasarkan hasil pengembangan konsep desain, komponen dari alat dibuat dan prototipe difabrikasi. Selanjutnya, prototip dari mesin kepras hasil pengembangan tersebut diuji fungsional untuk mengukur kebutuhan daya, kapasitas lapang dan kualitas hasil potongan.

Tahap desain, fabrikasi dan modifikasi mesin dilaksanakan di Bengkel Teknik Mesin dan Budidaya Pertanian dan tahap uji kinerja mesin dilaksanakan di Laboratorium Lapangan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem di Leuwikopo, Dramaga, Bogor, Jawa Barat.

Parameter uji dan pengukuran data

Perlakuan pengujian adalah 2 sudut kemiringan pisau (45 derajat dan 60 derajat), 2 putaran PTO (490 rpm dan 780 rpm. Selama pengujian diukur kecepatan putar PTO, kecepatan maju traktor, kedalaman pengeprasan, lebar pengeprasan, torsi pengeprasan, profil guludan dan kapasitas lapang pengeprasan.

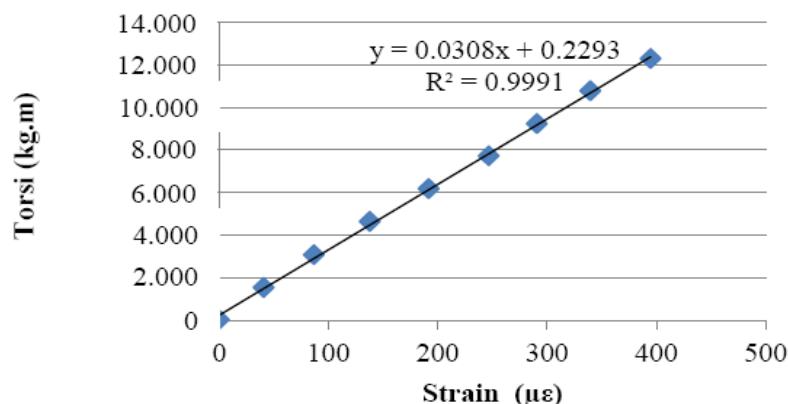
1. Kecepatan putar dari poros pisau diukur menggunakan tachometer digital. Pembacaan dilakukan 3 kali ulangan, dan datanya dirata-ratakan.
2. Kecepatan maju traktor, diukur dengan mengukur waktu tempuh pada panjang lintasan yang dilalui pada percobaan pengeprasan, dan dinyatakan sebagai:
Kecepatan maju [m/s] = jarak tempuh [m]/ waktu tempuh [detik]
3. Kedalaman dan lebar pengeprasan diukur dengan pita meter
4. Torsi pengeprasan diukur dengan menggunakan torsi meter yang terdiri dari sensor torsi dan *handy strain amplifier*. Sensor torsi linier terhadap beban torsi, hasil kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 2.
5. Profil guludan sebelum dan sesudah pengeprasan diukur menggunakan *refief mete*, *water pass*, mistar dan pita meter

6. Pengujian kapasitas pengepresan tebu ditujukan untuk mengetahui hasil kinerja mesin. Kapasitas teoritis dihitung sebagai berikut:

KLT [ha/jam] = 0.1 x lebar alat [m] x kecepatan maju [km/jam].

Sedangkan kapasitas lapang efektif dihitung sebagai berikut:

KLE [ha/jam] = luas lahan yang dikepras [ha] / waktu kepras [jam]



Gambar 2. Kurva kalibrasi sensor torsi.

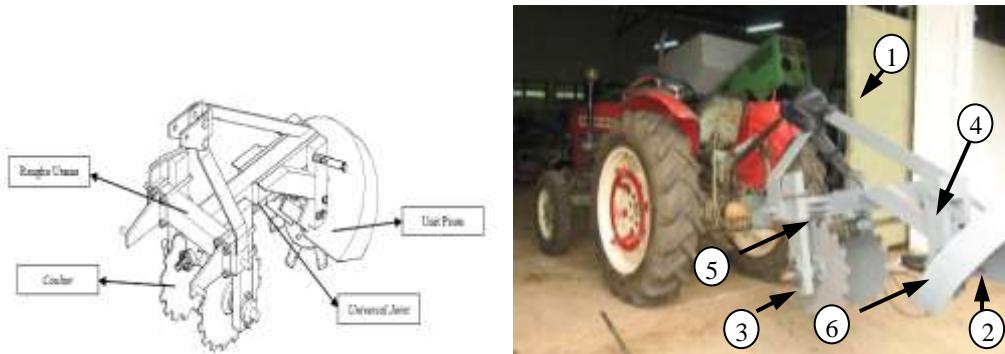
HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototip mesin kepras tebu

Prototip mesin kepras tebu tipe pisau rotari yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 3. Prototip ini mempunyai 6 komponen utama, yaitu: 1) rangka tarik utama, 2) pisau rotari, 3) kolter tipe piringan bercoak, 4) bagian pengatur kemiringan pisau rotari, 5) sistem transmisi dari PTO traktor, dan 6) pelindung pisau.

Rangka tarik utama berfungsi untuk mengikatkan semua bagian komponen mesin kepras tebu dan bagian yang dihubungkan ke traktor melalui titik gandeng traktor. Unit pisau rotari merupakan bagian terpenting yang akan memotong bagian tebu pada kedalaman 5 – 10 cm di bawah permukaan tanah. Pisau ini dapat dipasang dan dilepaskan untuk memudahkan penggantian *sparepart*. Pisau dibuat mempunyai kemiringan untuk kepentingan pengujian. Bagian kolter berfungsi untuk membelah pinggir gulusan tebu agar pengepresan berlangsung lebih baik. Sistem transmisi berfungsi sebagai penyalur daya yang dari PTO traktor ke mesin

kepras. Sedangkan pelindung pisau dimaksudkan untuk keselamatan operasi yaitu meredam pelemparan benda asing oleh putaran pisau.



Gambar 3. Prototip mesin kepras tebu tipe pisau rotari

Pengujian Kinerja di Lapangan

Traktor yang digunakan untuk pengujian adalah traktor 4-roda 30 hp. Selama pengujian, parameter yang diukur adalah kecepatan pisau pengepras, torsi yang diperlukan untuk pengrasan, kedalaman pengepras dan lebar pemotongan tunggul tebu. Kecepatan pisau pengepras diukur dengan menggunakan tachometer, sedangkan torsi pemotongan diukur menggunakan torsi meter kapasitas 50 kgf. Kedalaman pemotongan akan diatur untuk keprasan antara 5-10 cm dari permukaan tanah. Sudut pisau pengepras dapat diatur antara 45-60 derajat.

Tebu yang dipergunakan untuk uji dalam satu rumpun tanaman memiliki tunggul rata-rata tunggul 2 dengan kisaran 1 sampai 6 tunggul. Diameter tunggul rata-rata 2.3 cm dengan kisaran 1 sampai 3.6 cm.

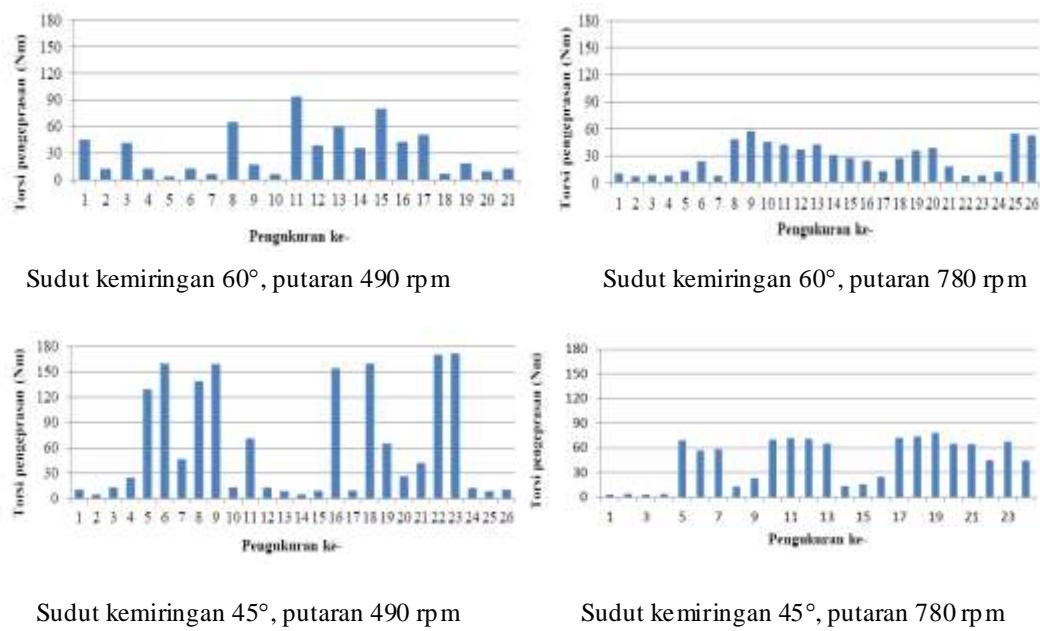
Mesin kepras tebu tipe pisau rotari memiliki kinerja yang bagus pada kecepatan putaran pisau 780 rpm dan sudut kemiringan 45 derajat, dibandingkan pada kecepatan putaran pisau yang lebih kecil dan sudut kemiringan pisau yang lebih besar.

Rekapitulasi pengukuran torsi pemotongan ditunjukkan pada Tabel 1. Pada pemotongan tunggul tebu diatas tanah, torsi pemotongan rata-rata adalah 7.8 Nm dengan kisaran 3.1 – 16.4 Nm.

Tabel 1. Torsi rata-rata pengeprasan tunggul tebu.

Posisi pisau di atas permukaan tanah			Posisi pisau di bawah permukaan tanah		
Sudut ($^{\circ}$)	Kecepatan Putar (rpm)	Torsi (Nm)	Sudut ($^{\circ}$)	Kecepatan Putar (rpm)	Torsi (Nm)
60	490	8,08	60	490	32,23
60	780	7,13	60	780	26,79
45	490	8,64	45	490	62,71
45	780	7,34	45	780	44,70

Pada pengeprasan tunggul tebu dibawah tanah, torsi terukur lebih besar dari pada pengeprasan tunggul tebu diatas permukaan tanah. Hal ini disebabkan ketika pisau pemotong masuk ke dalam tanah, maka torsi terukur merupakan penjumlahan dari tori pemotongan dan torsi untuk memotong tanah dan mengatasi gesekan antara tanah dan pisau pemotong. Pada pengeprasan tunggul dibawah tanah, torsi rata-rata adalah 42.0 Nm dengan kisaran antara 3.13 sampai dengan 171.6 Nm.



Gambar 4. Torsi pemotongan tunggul tebu.

Adapun lebar pemotongan hasil pengeprasan mempunyai rata-rata 37 cm dengan kisaran 30.0 -50.0 cm. Pada kecepatan maju taktor rata-rata 0.25 m/s pada kisaran 0.21-0.33 m/s, kapasitas lapang teoritis dari mesin kepras ini mencapai 0.122 ha/jam dan kapasitas lapang efektifnya 0.108 ha/jam.

Pertumbuhan anakan tebu

Pengamatan pertumbuhan tebu hasil keprasan menunjukkan bahwa jumlah anakan yang muncul sangat dipengaruhi banyaknya tunggul yang dikepres dalam satu rumpun dan oleh mutu hasil keprasan. Tunggul yang tidak pecah memberikan hasil anakan yang lebih banyak dibandingkan dengan tunggul yang pecah. Perkembangan selanjutnya juga memperlihatkan bahwa hasil keprasan yang tidak pecah menghasilkan pertumbuhan anakan yang lebih baik dari pada tunggul yang pecah

Dari pengamatan pertumbuhan tebu hasil keprasan didapatkan bahwa rasio pertunasian tanaman cukup baik. Dimana nilai rata-rata rasio pertunasian terkecil adalah 1.7 dan rasio pertunasian terbesar adalah 3.2. Rasio pertunasian tertinggi dihasilkan pada operasi kepras dengan sudut pisau 45 derajat dan kecepatan putaran pisau 780 rpm. Sedangkan rasio terendah dihasilkan oleh operasi pengepras pada sudut pisau 60 derajat pada kecepatan putaran pisau 490 rpm.

KESIMPULAN

Prototip mesin kepras tebu tipe pisau rotari yang ditarik oleh traktor dan ditenagai dari putaran PTO traktor telah dibuat dan dapat berfungsi dengan baik untuk pengepras tunggul tebu di lahan; Mesin kepras tebu tipe pisau rotari memberikan kinerja yang baik pada kondisi pengoperasian dengan kecepatan putaran pisau 780 rpm, sudut kemiringan pisau 45 derajat dan kecepatan maju traktor 0.25 m; Besarnya torsi yang dibutuhkan untuk pengepras dibawah permukaan tanah pada kedalaman rata-rata 13 cm, adalah rata-rata 42.0 Nm dengan kisaran 3.1 – 171.6 Nm Adapun lebar kerja rata-rata pisau pemotong sebesar 37 cm dengan kisaran 30 – 50 cm; Kapasitas lapang teoritis dari pengujian mesin kepras sebesar 0.122 Ha/jam dan kapasitas lapang efektifnya sebesar 0.108 Ha/jam; Jumlah anakan dipengaruhi oleh jumlah tunggul yang dikepras dalam satu tunggul dan kualitas hasil keprasan. Semakin banyak jumlah tunggul yang dikepras, semakin banyak jumlah anakan yang bisa dihasilkan. Hasil keprasan yang bagus dan tidak terbelah menghasilkan anakan yang lebih baik dari pada tunggul tebu yang hasil keprasannya belah. Pada uji coba ini didapatkan rasio pertunasian tebu terendah 1.7 dan tertinggi mencapai 3.2.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Litbang Departemen Pertanian RI atas didanainya penelitian ini melalui skema KKP3T tahun 2010. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada IPB yang telah memberikan dukungan fasilitas, dan juga kepada Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian di Serpong atas kerjasamanya dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Radite P.A.S., W Hermawan, M. Suhil dan J. Wiyono. 2010. Pengembangan Mesin Kepras Tebu Tipe Pisau Rotari Dua Baris Ditarik Traktor 4-roda dengan Kapasitas 10 Jam/ha, Kedalaman Kepras 5-10 cm, Biaya Kepras 30% Lebih Rendah,dan Pertumbuhan Tunas Tebu $\geq 80\%$. Laporan penlitian KKP3 T. Lembaga Pengelitian dan Pemberdayaan Masyarakat, IPB
- Ditjenbun. 2009. Luas Areal dan Produksi Perkebunan Seluruh Indonesia Menurut Pengusahaan. <http://ditjenbun.deptan.go.id/cigraph/index.php/viewstat/komoditiutama/9-Tebu> [07 Feb 2010]
- Radite P.A.S, W. Hermawan, Radite, P.A.S., Lisyanto, dan I N. Suastawa. 2009. Development of Powered Disk Type Sugar Cane Stubble Saver. Proc. Intl Simposium on Agric Eng Toward Sustainable Agric. in Asia, Bogor International Conf, 17-19 Nov 2009.
- Radite, P.A.S., I N. Suastawa, Koes S. dan M.F. Syuaib. 2007. Pengembangan Mesin Pengepras Tebu Tipe Powered Disc. Laporan hasil penelitian program KKP3T. Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat, IPB.
- Lisyanto. 2007. Evaluasi Parameter Bajak Piring yang Diputar untuk Pengeprasan Tebu Lahan Kering. Disertasi Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

**KARAKTERISTIK DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN NANOPARTIKEL
EKSTRAK KULIT MAHONI TERSALUT KITOSAN**
(Characterization and antioxidant activity of chitosan-encapsulated Mahogany
bark extract nanoparticles)

Syamsul Falah¹⁾, Sulistiyan¹⁾, Dimas Andrianto¹⁾
¹⁾Dep.Biokimia,Fakultas Matematika dan IPA, IPB

ABSTRAK

Untuk meningkatkan efektivitas ekstrak kulit mahoni sebagai suplemen antioksidan perlu dilakukan penelitian bentuk sediaan ekstrak kulit mahoni yang akan lebih mudah diserap oleh tubuh. Oleh karena itu, teknologi nanopartikel ekstrak kulit mahoni ditekankan untuk pengembangan produk suplemen. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis karakteristik nanopartikel kulit kayu mahoni tersalut kitosan dan menguji aktivitas antioksidannya. Ekstrak air panas kulit mahoni dibuat nanopartikel yang dikapsulasi dengan nanokitosan terikat natrium tripolifosfat (Na-TPP) dengan metode *spray dry* dan ultrasonikasi selama 30 dan 60 menit. Ukuran partikel dan morfologi permukaan nanopartikel dianalisis dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan X-Ray Diffraction (XRD). Pembuatan nanopartikel ekstrak kulit mahoni tersalut kitosan menghasilkan rendemen 14.6%. Ukuran nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 menit berkisar antara 480-2000 nm, sedangkan dengan 60 menit menghasilkan nanopartikel berukuran 240-1000 nm. Morfologi permukaan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni berbentuk bola dengan permukaan halus dan cembung (waktu ultrasonikasi 30 menit) dan bentuk tidak beraturan dengan permukaan kasar dan berkerut (ultrasonikasi 60 menit). Berdasarkan data FT-IR, nanopartikel ekstrak kulit mahoni dapat mengisi nanokapsul kitosan. Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH memperlihatkan nanopartikel ekstrak kulit mahoni dengan penyalut kitosan lebih rendah dari ekstrak kasarnya.

Kata kunci: Mahoni, kitosan, nanopartikel, *spray dry*, ultrasonikasi.

ABSTRACT

The present study reports on the characterization of mahogany bark extract-loaded chitosan nanoparticles and their antioxidant activity. Mahogany bark meal was extracted by boiled water. Chitosan-sodium tripolyphosphate (STPP) nano-spheres were sonicated with ultrasonicator to obtain chitosan-STPP nanocapsules for 30 and 60 minutes and then were dried with spray dryer. The chitosan-STPP nanocapsules loaded with the mahogany bark extract were resonicated to yield the 14.6% of the nanoparticles. The chitosan-STPP nanocapsules loaded by mahogany extract were then analysed of the particle size. The surface morphology and physical state of nanoparticles were analysed by scanning electron microscope (SEM) and X ray diffraction (XRD), respectively. Antioxidant activity of the nanoparticles was evaluated by scavenging the DPPH free radical method. Based on SEM data, the nanoparticles shape were viewed to adhere spherical shape. Spherical chitosan-STPP nanoparticles loaded with mahogany bark extract were obtained in the size range of 480 nm-1000 nm. Surface morphology of the mahogany bark extract-loaded chitosan nanoparticles is spherical. The result of the 30 minutes ultrasonication time have a smooth surface and a convex. While the morphology of nanoparticles with a time of 60 minutes ultrasonication have irregular shapes with rough and wrinkled surface. The antioxidant activity of the nanoparticles is lower than that of the native mahogany bark extract.

Keywords: Mahogany, chitosan, nanoparticles, spray drying, ultrasonication.

PENDAHULUAN

Penelitian ini menggunakan kulit kayu mahoni, yang merupakan limbah industri pengolahan kayu berbahan baku kayu mahoni. Berdasarkan data potensi kayu pertukangan dari hutan rakyat di 5 kabupaten di Jawa Barat (Sukabumi, Tasikmalaya, Ciamis, Majalengka, dan Kuningan), produksi kayu mahoni pada tahun 2003 mencapai 50.822,07 m³ (Pasaribu dan Roliadi 2006). Jika diperkirakan 10% dari jumlah tersebut berupa kulit, maka volume kulit kayu mahoni sebagai limbah berjumlah sekitar 5000 m³.

Potensi kulit kayu mahoni sebagai makanan suplemen telah diteliti. Ekstrak air kulit mahoni memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Berdasarkan uji toksisitas akut, ekstrak kulit mahoni juga aman dikonsumsi. Selain itu berpotensi juga untuk menurunkan kadar gula, mencegah kenaikan konsentrasi kolesterol dan menurunkan kadar asam urat dalam darah (Falah *et al.* 2009). Untuk meningkatkan efektivitas ekstrak kulit mahoni sebagai suplemen antioksidan perlu dilakukan penelitian bentuk sediaan ekstrak kulit mahoni yang akan lebih mudah diserap oleh tubuh. Oleh karena itu, teknologi nanopartikel ekstrak kulit mahoni diteliti untuk pengembangan produk suplemen antioksidan yang berasal dari limbah pengolahan industri kayu mahoni.

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang dalam ilmu Fisika, Kimia, Biologi, dan Rekayasa yang penting dan menarik beberapa tahun terakhir ini. Jepang dan Amerika Serikat merupakan dua negara terdepan dalam riset nanoteknologi (Poole & Owens 2003). Berdasarkan data tahun 2004, pemerintah Jepang mengeluarkan dana riset sebesar 875 juta dolar, sedangkan Amerika Serikat sebesar 1,3 miliar dolar pada tahun 2006 (USGAO 2008). Penelitian nanobiosistem dan biomedis bahkan telah menjadi prioritas di beberapa negara maju termasuk Amerika Serikat, Inggris, Jepang, Australia, dan Cina (Malsch 2005).

Penggunaan nanopartikel sebagai pembawa obat dan sistem pengantar obat telah berkembang beberapa tahun terakhir. Ukuran nanopartikel yang kecil menyebabkan partikel dapat melewati membran pembuluh darah dan mengantarkan obat ke sel target (Poulain & Nakache 1998).

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan menguji karakteristik nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni yang tersalut kitosan serta menguji aktivitas antioksidannya dalam rangka pengembangan produk suplemen antioksidan. Manfaat penelitian ini adalah membuat suatu produk inovasi berupa sediaan nanopartikel ekstrak kulit mahoni sebagai suplemen antioksidan dari bahan alam yang akan lebih mudah diserap oleh tubuh, dan pemanfaatan dan peningkatan nilai tambah dari limbah industri pengolahan kayu. Selain itu pemanfaatan kitosan juga akan meningkatkan nilai tambah dari limbah industri pengolahan kerang, udang, dan kepiting.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel ekstrak mahoni adalah Erlenmeyer, gelas piala, neraca analitik, *magnetic stirrer*, gelas ukur 100 mL, pipet Mohr, ultrasonikator, dan pengering semprot (*spray dryer*). Alat yang digunakan untuk karakterisasi nanopartikel adalah mikroskop elektron payaran (SEM), defraktometer sinar X (XRD), dan Spektroskopi *fourier transform infrared* (FTIR).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan serbuk dengan derajat deasetilasi 88%, sodium tripolifosfat (STPP), ekstrak mahoni, asam asetat 2%, dan akuades.

Ekstraksi Kulit Kayu Mahoni

Kulit kayu mahoni dibuat serbuk berukuran 40-60 mesh dengan Wiley mill. Kemudian serbuk kulit kayu sebanyak 160 g diekstraksi dengan air panas untuk memperoleh ekstrak air panas. Ekstraksi dengan air panas dilakukan pada temperatur 100°C selama 4 jam. Selanjutnya larutan ekstrak air panas disaring dan diuapkan dengan menggunakan *rotary vaccum evaporator* untuk mendapatkan ekstrak air.

Pembuatan Nanopartikel Ekstrak Mahoni Tersalut Kitosan (Kim *et al.* 2006 dan Wulandary 2010)

Sebanyak 2 gram kitosan dilarutkan dalam 100 mL asam asetat 2% sehingga diperoleh konsentrasi kitosan 2% (b/v). Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* untuk mempercepat pelarutan. Larutan ditambahkan 50 mL STPP 0.5% larut dalam akuades. Sampel kemudian disonikasi dengan ultrasonikator dengan daya 130 W, frekuensi 20 KHz dan amplitudo 40% selama 30 menit. Kedua larutan kitosan yang telah disonikasi dikeringkan dengan pengering semprot sehingga diperoleh sampel dalam bentuk serbuk.

Serbuk larutan kitosan dan STPP 0.5% dilarutkan kembali dalam 100 mL asam asetat 2% dan 50 mL akuades dengan *magnetic stirrer* dengan pemanasan sedang agar serbuk larut sempurna. Sebanyak 1 mL ekstrak mahoni ditambahkan dalam larutan tersebut. Larutan yang sudah ditambahkan ekstrak disonikasi kembali selama 30 menit kemudian dikeringkan dengan pengering semprot.

Penentuan Ukuran dan Morfologi Nanopartikel dengan Mikroskop Elektron Payaran (Modifikasi Desai & Park 2005)

Serbuk nanopartikel kitosan diletakkan pada potongan kuningan (*stub*) berdiameter 1 cm dengan menggunakan selotip dua sisi. Selanjutnya serbuk tersebut dibuat menjadi konduktif secara elektrik dengan seberkas sinar dari platina lapis tipis (*coating*) selama 30 detik pada tekanan dibawah 2 Pa dan kuat arus 30 mA. Foto diambil pada tegangan elektron 10 kV dengan perbesaran 3000x, 5000x, 7000x, dan 10.000x.

Karakterisasi Gugus Fungsi Nanopartikel dengan Fourier Transform Infrared (FTIR) (Kencana 2009)

Sebanyak 2 mg sampel nanopartikel dicampur dengan 100 mg KBr untuk dibuat pelet dengan pencetak vakum. Pelet yang terbentuk dikenai sinar infra merah pada jangkauan bilangan gelombang 4000 – 400 cm^{-1} . Latar belakang penyerapan dihilangkan dengan cara pelet KBr dijadikan satu pada setiap pengukuran.

Karakterisasi Derajat Kristalinitas Nanopartikel dengan Difraksi Sinar X (XRD) (Kencana 2009).

Sebanyak 200 mg sampel dicetak langsung pada aluminium berukuran 2 x 2,5 cm dengan bantuan perekat. Derajat kristalinitas ditentukan menggunakan alat XRD dengan sumber sinar dari tembaga pada panjang gelombang 1.5406 Å.

Aktivitas Antioksidan Metode DPPH dengan spektrofotometri (modifikasi dari Salazar 2009)

Uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH (Salazar 2009) yang dimodifikasi. Sampel ekstrak yang diuji adalah, ekstrak air kulit kayu mahoni, ekstrak nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit. Ekstrak dilarutkan dalam metanol absolut dengan konsentrasi yang berbeda (0, 10, 25, 50, 75, dan 100 ppm). Sebanyak 1 mL larutan yang akan diuji ditambahkan dengan 1 mL DPPH (125 µM dalam metanol). Sedangkan untuk kitosan digunakan pelarut asam asetat 0.2%. Campuran tersebut kemudian dihomegenasikan dengan vortex, dan diikubasi selama 30 menit. Kemudian, diukur absorbansinya dengan spektrofotometri pada panjang gelombang 517 nm. Pengujian juga dilakukan terhadap blangko (Larutan DPPH dengan pelarutnya). Kontrol positif yang digunakan adalah senyawa rutin. Nilai IC₅₀ dihitung dengan menggunakan rumus persamaan regresi. Nilai IC₅₀ paling rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang paling tinggi. Adapun aktivitas persen penangkapan radikal DPPH (%) dihitung dengan rumus: % inhibisi = [(A_{blangko} – A_{sampel})/A_{blangko}] x 100%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak Kulit Kayu Mahoni

Ekstraksi kulit kayu mahoni menggunakan metode rendam air panas. Ekstraksi dilakukan dengan air panas (perbandingan 1 g sampel:10 mL air) pada temperatur 100°C selama 4 jam. Selanjutnya larutan ekstrak air tersebut disaring dan kemudian diupakan dengan menggunakan *rotary vaccum evaporator* bersuhu 60°C untuk mendapatkan ekstrak air. Metode Rendam air panas merupakan metode yang mudah dan praktis. Metode ini didasarkan pada kebiasaan masyarakat yang sering mengkonsumsi bahan herbal dengan cara menyeduh dan melarutkannya dalam air panas. Rendemen ekstrak air yang diperoleh sebesar

5.86%. Produk metabolit sekunder tanaman dipengaruhi oleh umur tanaman dan interaksi lingkungan (Nurcholis 2008).

Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni Tersalut Kitosan

Pembuatan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni tersalut kitosan dilakukan dengan membandingkan waktu ultrasonikasi. Variasi waktu ultrasonikasi selama 30 menit dan 60 menit dilakukan untuk mengetahui ukuran nanopartikel dan kehomogenan larutan. Proses ultrasonikasi mempunyai prinsip pemberian energi kepada larutan sehingga dapat memecah partikel-partikel besar yang terdapat di dalam larutan. Semakin lama waktu ultrasonikasi, pemecahan molekul polimer kitosan akan terus berjalan. Kencana (2009) menyatakan bahwa kitosan akan mengalami penurunan bobot molekul secara signifikan pada rentang waktu 8 menit dan 60 menit.

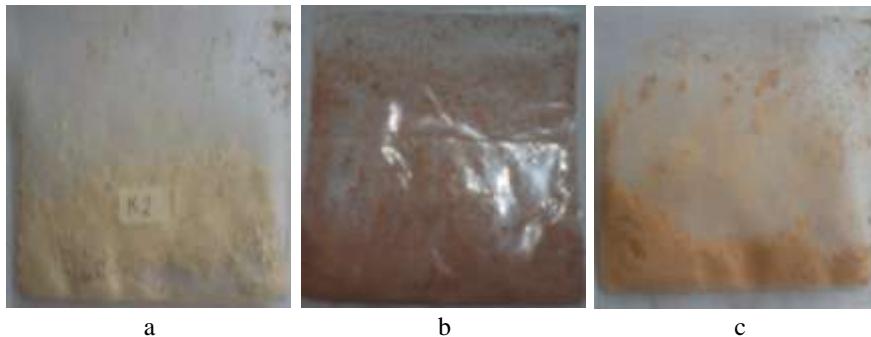
Penelitian ini menggunakan kitosan yang dilarutkan dalam asam asetat. Larutan kitosan 2% kemudian dicampurkan dengan STPP (sodium tripolifosfat) 0.5%. Penambahan STPP bertujuan untuk membentuk ikatan silang ionik antar molekul kitosan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan penjerap (Mi *et al.* 1999).

Sampel hasil ultrasonikasi dikeringkan dengan menggunakan pengering semprot (*spray dryer*). Pengering semprot bertujuan untuk mengubah sampel cairan menjadi serbuk karena pengaruh panas yang diberikan. Sehingga diperoleh sampel dalam bentuk serbuk (Gambar 1). Serbuk kitosan-STPP yang didapatkan, dilarutkan kembali dengan penambahan ekstrak diikuti oleh ultrasonikasi kedua dan dikeringkan kembali dengan pengering semprot. diperoleh sampel dalam bentuk serbuk.

Sebanyak 151 mL larutan nanopartikel kitosan-ekstrak kulit kayu mahoni menghasilkan bobot sampel serbuk sebesar 0.2915 gram nanopartikel kering untuk ultrasonikasi 30 menit dan 0.3896 gram nanopartikel kering untuk ultrasonikasi 60 menit. Nilai rendemen berturut-turut sebesar 0.182% dan 0.244% (Tabel 1).

Tabel 1. Rendemen nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni tersalut kitosan.

Sampel	Rendemen	
	Gram	%
Sampel 1 (Ultrasonikasi 30 menit)	0.2915	0.182
Sampel 2 (Ultrasonikasi 60 menit)	0.3896	0.244



Gambar 1. Hasil pengering semprot sampel nanokitosan (a), nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni ultrasonikasi 30 menit (b), dan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni ultrasonikasi 60 menit (c).

Ukuran dan Morfologi Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni

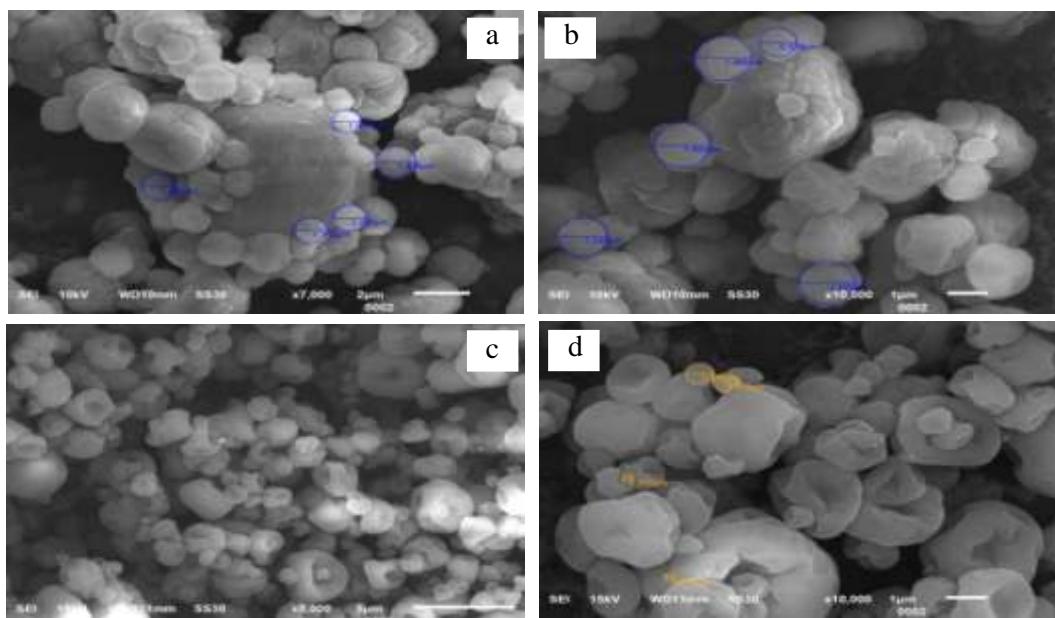
Indikasi penyalutan ekstrak kulit kayu mahoni terhadap kitosan dapat dilihat dari ukuran dan morfologi nanopartikel yang dihasilkan. Penentuan ukuran partikel ditentukan oleh bentuk partikel nanokitosan (Kencana 2009). Kitosan dan ekstrak kulit kayu mahoni yang diberi perlakuan ultrasonikasi memiliki bentuk partikel yang menyerupai bola. Oleh karena itu, ukuran partikel ditentukan dengan mengukur diameter nanopartikel. Perbesaran yang digunakan yaitu mulai dari 5000 kali sampai dengan 10000 kali.

Penelitian ini juga menggunakan variasi waktu ultrasonikasi dalam pembuatan nanopartikel. Variasi waktu dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu ultrasonikasi terhadap ukuran nanopartikel dengan perlakuan dua kali ultrasonikasi. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui apakah nanopartikel masih bisa diotimalkan ukurannya dengan penambahan waktu ultrasonikasi. Variasi waktu dibagi menjadi dua bagian, yaitu waktu ultrasonikasi selama 30 menit dan ultrasonikasi selama 60 menit.

Hasil foto SEM nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit menunjukkan ukuran berkisar pada rentang 480-2000 nm. Sedangkan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 60

menit berukuran 240-1000 nm (Gambar 6). Kencana (2009) menyatakan bahwa semakin lama waktu ultrasonikasi menyebabkan energi yang dikeluarkan oleh ultrasonikator dapat diterima oleh semua partikel dalam larutan kitosan.

Morfologi permukaan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni berbentuk bola. Hasil nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 menit memiliki permukaan halus dan cembung. Sedangkan morfologi nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 60 menit memiliki bentuk tidak beraturan dengan permukaan kasar dan berkerut. Hanya beberapa yang berbentuk bola dengan permukaan halus dan cembung (Gambar 2). Menurut Desai & Park (2005), bahan pengisi yang telah tersalut kitosan akan berbentuk bola dengan permukaan yang halus dan cembung, sedangkan kitosan yang belum terisi memiliki permukaan kasar dan cekung. Adanya nanopartikel kitosan yang tidak terisi oleh ekstrak kulit kayu mahoni kemungkinan disebabkan oleh waktu ultrasonikasi yang terlalu lama (60 menit), sehingga menyebabkan kitosan pecah dan tidak dapat menyalut ekstrak.



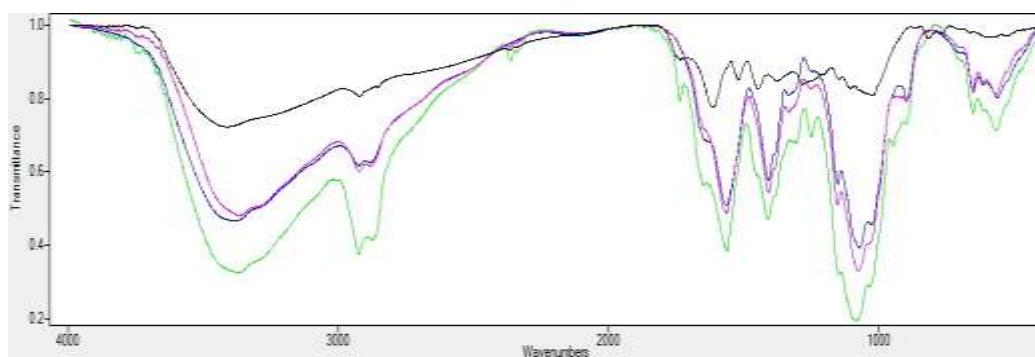
Gambar 2. Foto SEM nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni waktu ultrasonikasi 30 menit perbesaran 7000 kali (a), perbesaran 10000 kali (b), dan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni waktu ultrasonikasi 60 menit perbesaran 5000 kali (c), perbesaran 10000 kali (d).

Gugus Fungsi Spesifik Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni

Grafik transmitan hasil FTIR menunjukkan profil kimiawi berupa pola spektrum yang berbeda dan mempunyai ciri yang khas. Kitosan murni memiliki

gugus fungsi yang khas yaitu gugus amida (-NH_2) dan hidroksil (-OH). Sedangkan ekstrak kulit kayu mahoni memiliki gugus spesifik yaitu -OH , C=O , dan C=C (Falah *et al.* 2008).

Pada penelitian ini, ekstrak kulit kayu mahoni berhasil tersalut oleh kitosan. Hal ini dibuktikan dari grafik hasil FTIR nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit dan 60 menit memiliki bentuk grafik yang hampir sama dengan nanokitosan (Gambar 3). Hasil FTIR nano-kitosan menunjukkan adanya gugus amida pada bilangan gelombang 1564.56 cm^{-1} . Gugus yang sama terlihat juga pada sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit yaitu ada bilangan gelombang 1562.34 cm^{-1} dan 1564.54 cm^{-1} . Cardenas & Miranda (2004) menyebutkan bahwa gugus amida kitosan murni akan terbaca pada bilangan gelombang $1646-1580 \text{ cm}^{-1}$. Nanokitosan mengandung gugus -OH pada bilangan gelombang 3374.39 cm^{-1} . Nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit mempunyai gugus -OH pada bilangan gelombang 3368.48 cm^{-1} dan 3366.20 cm^{-1} . Gugus fungsi hidroksil pada kitosan murni akan muncul pada bilangan gelombang sekitaran 3450 cm^{-1} (Firdaus *et al* (2008) atau pada bilangan gelombang 3257 cm^{-1} (Cardenas & Miranda 2004).



Gambar 3. Grafik transmision hasil FTIR untuk standar kulit kayu mahoni (hitam), standar kitosan (biru), sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni ultrasonikasi 30 menit (hijau), dan sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni ultrasonikasi 60 menit (merah muda).

Hasil grafik yang diperoleh, gugus fungsi khas yang terdapat pada ekstrak kulit kayu mahoni seperti gugus fungsi C=O dan C=C tidak terdeteksi pada sampel nanokitosan dan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu

ultrasonikasi 30 dan 60 menit. Akan tetapi terjadi pergeseran gugus fungsi C≡C pada sampel nanopartikel dibandingkan dengan standar nanokitosan. Pergeseran panjang gelombang tersebut disebabkan adanya interaksi antara gugus fungsi lain selain gugus fungsi kitosan akibat penambahan STPP dan waktu ultrasonikasi.

Gambar 3 juga memperlihatkan bahwa keempat pola spektrum memiliki gugus fungsi yang sama, yaitu O-H, C-H, C-O, dan C=C tetapi nilai transmitan dan bilangan gelombang berbeda (Tabel 2). Adanya keempat gugus fungsi tersebut dalam suatu ekstrak menunjukkan kemungkinan adanya senyawa tertentu yang membentuk struktur antioksidan, seperti flavonoid.

Tabel 2. Bilangan gelombang gugus fungsi spesifik ekstrak kulit kayu mahoni, nanokitosan, sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit, dan 60 menit.

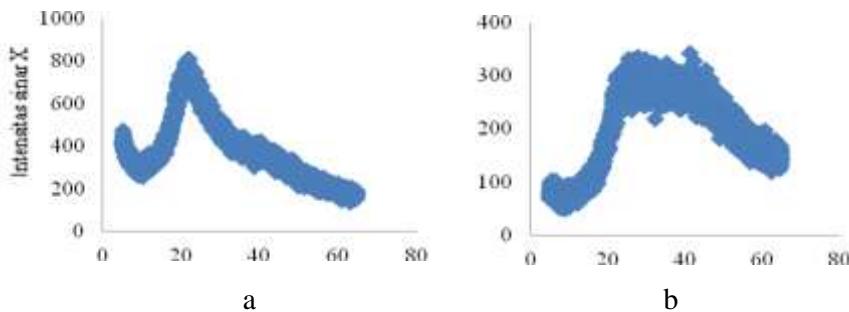
Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})				
	Mahoni	Kitosan	Ultrasonikasi 30 menit	Ultrasonikasi 30 menit	Acuan (Creswell et al. 1991)
Regang -OH	3411	3374	3364	3366	3750-3000
Regang C-H	2920	2923	2923	2922	3300-2900
Regang C≡C	-	2123	2362	-	2400-2100
Regang C=O	1734	-	1736	-	1900-1650
Regang N-H	-	1564	1562	1564	1660-1500
Regang C=C	1615	-	-	-	1675-1500
Lentur C-H	1448	1409	1411	1408	1475-1300
Lentur C-O	1149-1024	1154-1028	1084	1154-1076	1300-1000
Lentur C=C	817	896-653	949-653	899-653	1000-650

Derajat Kristalinitas Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni

Analisis XRD digunakan untuk menentukan struktur fisik bahan. Hasil data yang diperoleh dari analisis XRD berupa grafik hubungan sudut difraksi sinar x pada bahan dengan intensitas sinar yang dipantulkan oleh bahan. Nilai derajat kristalinitas dapat diketahui dari grafik kristalinitas yang memotong bagian lembah pada grafik.

Gambar 4 merupakan hasil karakterisasi nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit dan 60 menit. Hasil analisis XRD sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit dan 60 menit menunjukkan sifat amorf. Sifat ini ditandai dengan puncak lembah pada sudut difraksi pada sekitaran 20° . Puncak difraksi untuk nanopartikel

ektrsak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit berada pada sudut 21.055° , dan 21.804° untuk nanopartikel ektrsak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 60 menit. Menurut Kencana (2009), bentuk amorf memiliki puncak lembah difraksi pada sudut 20° .



Gambar 4. Pola XRD nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit (A) dan 60 menit (B).

Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis kembali dengan menggunakan program Xpowder untuk mendapatkan nilai derajat kristalinitas. Nilai derajat kristalinitas yang didapat untuk nanopartikel ektrsak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 sebesar 46.593% dan 58.677%. Nilai derajat kristalinitas yang semakin rendah menunjukkan kapasitas kitosan untuk dapat disisipi ekstrak kulit kayu mahoni semakin tinggi (Kencana 2009). Data yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai kristalinitas cukup tinggi, sehingga dapat dipastikan bahwa ekstrak kulit kayu mahoni telah mengisi kitosan.

Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Ekstrak Kulit Kayu Mahoni

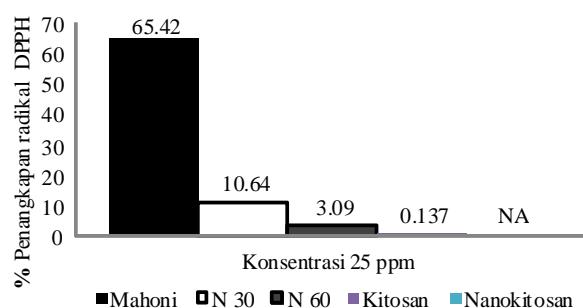
Pada penelitian ini pengukuran aktivitas antioksidan diujikan pada sampel ekstrak air kulit kayu mahoni, serbuk nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit, nanokitosan, dan standar rutin diuji aktivitas antioksidannya menggunakan metode 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH). Metode ini dipilih karena mudah, cepat, dan sangat baik untuk sampel dengan polaritas tertentu (Marxen *et al.* 2007).

Hasil analisis menunjukkan nilai IC_{50} rata-rata ekstrak air kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit memiliki nilai IC_{50} lebih dari 100 ppm. Nilai IC_{50} untuk nanokitosan dan kitosan berada pada konsentrasi diatas 1000ppm. Hanani *et al.* (2005) menyebutkan bahwa suatu bahan memiliki

aktivitas antioksidan yang kuat apabila memiliki nilai IC_{50} kurang dari 200 ppm. Nilai IC_{50} rata-rata dari seluruh ekstrak dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak air kulit kayu mahoni dan standar rutin memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, sedangkan sampel kitosan, nanokitosan, nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 memiliki aktivitas yang sangat rendah atau sedikit.

Kecilnya nilai IC_{50} kitosan, nanokitosan, nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 ini dapat disebabkan oleh nilai derajat deasetilasi sampel kitosan, bobot molekul kitosan, dan waktu inkubasi setelah penambahan DPPH (Yen *et al.* 2008). Nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni yang tersalut kitosan memerlukan waktu dalam pelepasan ekstrak untuk bereaksi dengan DPPH. Yen *et al.* 2008 melaporkan bahwa aktivitas antioksidan untuk sampel kitosan dengan waktu inkubasi 120 menit lebih effektif dibandingkan dengan sampel kitosan dengan waktu inkubasi 60 dan 90 menit. Pengukuran aktivitas antioksidan kitosan dengan metode DPPH dinilai tidak efektif.

Pengukuran nilai IC_{50} tidak dapat dilakukan pada sampel kitosan, nanokitosan, nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60. Nilai hambat yang stabil terdapat pada konsentrasi 25 ppm sedangkan untuk konsentrasi diatasnya daya hambat sampel menjadi tidak stabil. Larutan kitosan dengan konsentrasi 25 ppm mempunyai daya hambat sebesar 0.137%. Sampel nanopartikel dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 mempunyai daya hambat secara berutan sebesar 3.09%, dan 10.64%. Sedangkan daya hambat nanokitosan konsentrasi 25 ppm tidak terbaca (NA).



Gambar 5. Aktivitas penangkapan radikal bebas DPPH ekstrak mahoni, nanopartikel ekstrak mahoni yang tersalut kitosan pada konsentrasi 25 ppm.

Tabel 3. Nilai IC₅₀ rata-rata seluruh ekstrak.

Ekstrak	IC ₅₀ rata-rata (ppm)
Standar rutin	9.531
Ekstrak air	18.125
Nanopartikel 30 menit	>100
Nanopartikel 60 menit	>100
Nanokitosan	>100
Kitosan	>1000

KESIMPULAN

Nilai rendemen yang diperoleh untuk nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit secara berturut-turut sebesar 0.182% dan 0.244%. Ukuran nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 menit menunjukkan ukuran berkisar pada rentang 480-2000 nm dan waktu ultrasonikasi 60 menit berukuran 240-1000 nm. Karakterisasi FTIR memberikan informasi bahwa gugus fungsi khas yang terdapat pada ekstrak kulit kayu mahoni tidak terdeteksi pada sampel nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit. Ini menunjukkan bahwa ekstrak berhasi tersalut oleh kitosan. Hasil XRD menunjukkan bahwa nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 menit berstruktur amorf. Nilai derajat kristalinitas yang didapat untuk nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 sebesar 46.593% dan 58.677%. Aktivitas antioksidan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni dengan waktu ultrasonikasi 30 dan 60 sangat rendah. Penggunaan metode DPPH dinilai kurang efektif untuk pengukuran aktivitas antioksidan nanopartikel kulit kayu mahoni.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) IPB yang telah mendanai penelitian ini dalam program hibah Penelitian Unggulan Fakultas tahun 2011 melalui DM IPB dengan nomor kontrak 255.13/I3.11/PG/2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Desai KGH, Park HJ. 2005. Preparation and characterization of drug-loaded chitosan-tripolyphosphate microspheres by spray drying. *Drug Development Res.* 64:114–128.
- Falah S, Sulistiyan, M Safithri. 2009. Aplikasi Ekstrak Kulit Mahoni (*Swietenia macrophylla*) sebagai Makanan Suplemen yang Mengandung Senyawa Antioksidan. Laporan Penelitian Strategis Unggulan IPB. LPPM IPB. 49 hal.
- Hernani, Rahardjo M. 2005. *Tanaman Berkhasiat Antioksidan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kencana AL. 2009. Perlakuan sonikasi terhadap kitosan: viskositas dan bobot molekul [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Kim DG *et al.* 2006. Preparation and characterization of retinol-encapsulated chitosan nanoparticle. *J. App. Chem.* 10:65-68.
- Marxen *et al.* 2007. Determination of DPPH radical antioxidant caused by methanolic extract of some microalgal species by linear regression analysis of spectrophotometric measurements. *Sensors* 7:2080-2095.
- Malsch NH. 2005. *Biomedical Nanotechnology*. New York: Taylor & Francis Group.
- Mi FL, Shyu SS, Lee ST, Wong TB. 1999. Kinetic study of chitosan-tripolyphosphate complex reaction and acid-resistive properties of the chitosan-tripolyphosphate gel beads prepared by in-liquid curing method. *J Polym Sci* :1551-1564.
- Nurcholis W. 2008. Profil senyawa penciri dan biaktivitas tanaman temulawak pada agrobiofisik berbeda. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Packer L, G. Rimbach, F. Virgili. 1999. Antioxidant activity and biologic properties of a procyanidin-rich extract from pine (*Pinus maritima*) bark, pycnogenol. *Free Radical Biol Med* 27: 704-724
- Pasaribu, RA, H. Roliadi. 2006. Kajian Potensi Kayu Pertukangan dari Hutan Rakyat pada Beberapa Kabupaten di Jawa Barat. Prosiding Seminar Hasil Litbang Hasil Hutan 2006. Hal: 35-48.
- Poole CPJr, Owens FJ. 2003. *Introduction to Nanotechnology*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Poulain N, Nakache E. 1998. Nanoparticles from vesicles polymerization II. evaluation of their encapsulation capacity. *J. Polym. Sci.* (36): 3035–3043.

Salazar RA *et al.* 2009. Antimicrobial and antioxidant activities of plants from Northeast of Mexico. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* (2011): 1-6

[USGAO] United States Government Accountability Office. 2008. Accuracy of data on federally funded environmental, health, and safety research could be improved. <http://www.gao.gov/products/GAO-08-709T.html> [30 Des 2009].

Wulandary T. 2010. Sintesis nanopartikel ekstrak temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) berbasis polimer kitosan-TPP dengan metode emulsi. [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Yen M, Yang J, Mau J. 2008. Antioxidant properties of chitosan from crab shells. *Carbohydrate Polymer* (74): 840-844.

PENGEMBANGAN KUALITAS PEREKAT LIKUIDA TANDAN KOSONG SAWIT

(Development of Wood Liquid of Oil Palm Empty Fruit Bunches Quality)

Surdiding Ruhendi¹⁾, Tito Sucipto²⁾

¹⁾Dep. Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

²⁾Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

ABSTRAK

Sebagian besar perekat untuk industri kayu komposit merupakan perekat sintetis, seperti urea, phenol dan melamin formaldehida (UF, PF, MF). Perekat berbahan formaldehida merupakan perekat sintetis yang bahan bakunya diperoleh sebagai hasil olahan minyak bumi. Kelebihan perekat formaldehida adalah sifat perekatan yang baik, sedangkan kelemahannya yaitu sumber bahan baku yang semakin berkurang serta menimbulkan emisi formaldehida terhadap lingkungan. Sumberdaya alam yang cukup potensial sebagai bahan baku perekat dan papan komposit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tandan kosong sawit (TKS) dapat digunakan sebagai bahan baku perekat melalui proses pencairan (likuifikasi). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik kualitas perekat likuida TKS, dan mengetahui pengaruh penambahan resorsinol terhadap kualitas perekat likuida TKS campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perekat likuida TKS yang dihasilkan merupakan golongan perekat phenolik dengan karakteristik bentuk cair, warna cokelat merah kehitaman, bebas kotoran, pH 11,60, kekentalan 101,00 cps, berat jenis 1,192, kadar padatan 49,77%, waktu gelatinasi 151,20 menit, kadar abu 20,46% dan derajat kristalinitas 19,94%. Sebagian besar karakteristik perekat likuida memenuhi karakteristik perekat PF untuk kayu lapis (SNI 06-4567-1998). Penambahan resorsinol pada perekat likuida TKS cenderung menyebabkan penurunan keasaman (pH), tetapi meningkatkan kepekatan warna (warna lebih gelap), kekentalan, berat jenis, kadar padatan, waktu gelatinasi, kadar abu dan derajat kristalinitas.

Kata kunci: Tandan kosong sawit, likuifikasi, perekat likuida, resorsinol, kualitas perekat

ABSTRACT

Most of adhesive used in wood industry were synthetic adhesive, such as urea, phenol, and melamine formaldehyde (UF, PF, MF). Formaldehyde adhesive were synthetic adhesive which its material contents derived from petroleum manner. The advantage of formaldehyde adhesive was its good adhesion, meanwhile the disadvantage was its main contents was on the wane and causes formaldehyde emission. Potential natural resources which can be used as adhesive main contents and biocomposite were oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). The oil palm empty fruit bunches (EFB) could be used as adhesive main contents through liquefaction process. The research consists of research of making EFB wood liquid, its characterization, and resorcinol addition to have better quality. The research results show that EFB liquids which were produced belong to phenolic adhesive type, which specified by characteristics as follows: liquid, brown-red-black in color, free of dirt, pH 11.60, viscosity 101.00 cps, density 1.192, solid content 49.77%, gelatin time 151.20 minutes, ash content 20.46%, and crystallinity degree 19.94%. Adhesive quality, in general, fulfill the spesification for phenol formaldehyde as plywood adhesives (SNI 06-4567-1998). Adding resorcinol on EFB wood liquids decrease pH, but adding resorcinol on EFB wood liquids increase color, viscosity, density, solid content, gelatin time, ash content, and crystallinity degree.

Keywords: Oil palm empty fruit bunches, liquefaction, wood liquids, resorcinol, quality

PENDAHULUAN

Sebagian besar perekat yang digunakan dalam industri kayu komposit merupakan perekat sintetis, seperti urea formaldehida (UF), phenol formaldehida (PF) dan melamin formaldehida (MF). Perekat berbahan formaldehida merupakan perekat sintetis yang bahan bakunya diperoleh sebagai hasil olahan minyak bumi yang tidak dapat pulih (Maloney 1993). Kegiatan penambangan minyak bumi yang dilakukan terus menerus mengakibatkan sumber minyak bumi semakin berkurang dan bahkan habis, sehingga perlu adanya alternatif bahan baku perekat. Kelebihan perekat berbahan dasar minyak bumi (formaldehida) adalah sifat perekatan yang baik, tapi memiliki kelemahan yaitu ketersediaan sumber bahan baku perekat yang semakin berkurang serta dapat menimbulkan emisi formaldehida terhadap lingkungan.

Menurut Umemura (2006), pengembangan perekat saat ini cenderung pada perekat yang sedikit atau tidak mengandung formaldehida serta perekat yang sedikit atau tidak menggunakan pelarut berbahan dasar air, sehingga dampak negatif terhadap lingkungan dapat berkurang. Sumberdaya alam yang potensial sebagai bahan baku perekat adalah sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Setyawati (1994) menyebutkan bahwa setiap ha tanaman sawit mampu menghasilkan 20,08 ton tandan buah segar (TBS) per tahun untuk diolah menjadi minyak sawit yang akan menghasilkan limbah tandan kosong sawit (TKS) 4,42 ton (basah) atau 1,55 ton (kering). Menurut Dirjen Perkebunan Deptan (2009), tahun 2009 luas areal perkebunan sawit di Indonesia mencapai 7,322 juta ha, sehingga dapat menghasilkan 147,026 juta ton TBS dan 32,363 juta ton TKS basah atau 11,349 juta ton TKS kering.

Perendaman partikel TKS pada air panas merupakan perlakuan pendahuluan optimal untuk meningkatkan keterbasahan partikel dan akan berpengaruh terhadap perekatan (Ruhendi dan Sucipto 2007). Prihantini (2008) mendapatkan sifat perekat likuida dengan perlakuan perendaman partikel TKS pada air panas lebih mendekati perekat phenol formaldehida (PF), bila dibandingkan dengan likuida tanpa perendaman partikel TKS pada air panas. Namun, kualitas perekat likuida yang dihasilkan masih belum memenuhi standar SNI 06-4567-1998, seperti

kekentalan, pH dan kadar padatan. Menurut Sucipto (2009), zat ekstraktif non polar yang terdapat dalam TKS dapat mengurangi kualitas perekat likuida yang dihasilkan. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan perendaman serbuk TKS dalam larutan n-heksana, sehingga diharapkan zat-zat ekstraktif TKS non polar dapat dilarutkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik kualitas perekat likuida TKS, yaitu kenampakan, derajat keasaman (pH), kekentalan, berat jenis, kadar padatan, waktu gelatinasi, formaldehida bebas dan derajat kristalinitas. Juga mendapatkan informasi pengaruh penambahan resorsinol terhadap karakteristik kualitas perekat likuida TKS campuran.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan adalah willey mill, parang/golok, saringan serbuk ukuran 40~60 mesh, oven, desikator, timbangan, penangas air, pengaduk, kaca datar, cawan abu, gelas ukur, gelas piala, erlenmeyer, tabung reaksi, pipet, alumunium foil, pH-meter, kertas indikator pH, viscotester, piknometer, thermometer, stirrer, *stop watch*, tisu, XRD (*x-ray diffractometer*) merk Shimadzu untuk determinasi derajat kristalinitas, GCMS (*gas chromatografi mass spectrometer*) merk Shimadzu untuk determinasi senyawa kimia, alat tulis dan *tally sheet*. Bahan yang digunakan adalah limbah tandan kosong sawit (TKS) yang berasal dari PT Kertajaya/ PTPN VIII Malimping Pandeglang, n-heksana, etanol-benzena (1 : 2), etanol, NaOH 1%, phenol kristal teknis, H₂SO₄ 98%, NaOH 50%, formaldehida 37%, resorsinol, amonium asetat 20%, asetil aseton dan air destilata.

Penelitian ini mengenai pembuatan perekat likuida TKS serta determinasi kualitas perekat likuida TKS dan perekat likuida TKS yang ditambah resorsinol 2,5%, 5%, 7,5%, 10%. Penelitian meliputi pembuatan dan pengeringan partikel TKS, perendaman partikel TKS dalam n-heksana, pembuatan perekat likuida TKS, penambahan resorsinol pada perekat likuida TKS, dan determinasi kualitas perekat likuida TKS.

Tandan kosong sawit (TKS) dicacah menjadi serpihan kecil dengan menggunakan golok/parang. Serpihan TKS dikeringkan dengan cara dijemur

dan/atau dioven sampai kadar air sekitar 15%. Serpihan TKS digiling dengan menggunakan *willey mill* dan disaring sampai diperoleh serbuk ukuran 40~60 mesh. Partikel berupa serbuk TKS disimpan di tempat yang sejuk dan kering. Partikel berupa serbuk TKS diberi perlakuan perendaman dalam n-heksana untuk menurunkan kadar ekstraktifnya. Perbandingan serbuk TKS : n-heksana adalah 1 : 6. Perendaman dilakukan di dalam *waterbath* dengan suhu 100°C selama 6 jam. Setelah perlakuan perendaman, serbuk tersebut dikeringkan dalam oven sampai kadar air sekitar 5% dan disimpan dalam kantong plastik yang tertutup rapat.

Pembuatan perekat likuida TKS mengacu kepada Sucipto (2009) atau modifikasi Pu *et al.* (1991) yaitu masukkan serbuk TKS hasil perendaman sebanyak 100 gr berukuran 40-60 mesh dengan kadar air 5% ke dalam gelas piala 1000 ml. Tambahkan larutan H₂SO₄ 98% sebanyak 25 ml (5% dari berat phenol) dan aduk sampai rata sekitar 30 menit. Kemudian tutup gelas piala dengan aluminium foil dan diamkan selama 24 jam. Masukkan larutan phenol sebanyak 500 ml (lima kali berat serbuk TKS) ke dalam gelas piala yang sudah berisi serbuk TKS dan larutan H₂SO₄ 98%. Kemudian aduk ketiga bahan tersebut sampai larutan menjadi homogen. Tambahkan NaOH 50% sambil aduk larutan menggunakan *stirrer* sampai pH larutan menjadi 11. Tambahkan larutan formaldehida 37% dengan perbandingan molar phenol: formalin adalah 1 : 0,5. Saring larutan menggunakan kain saring. Panaskan larutan yang sudah disaring dalam penangas air pada suhu 100°C selama dua jam sambil aduk larutan sampai menjadi homogen.

Perekat likuida dibuat menjadi enam formulasi perekat, yaitu perekat likuida TKS tanpa perendaman (LK), perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 0% resorsinol (LP+0), perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 2,5% resorsinol (LK+2,5), perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 5% resorsinol (LP+5), perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 7,5% resorsinol (LK+7,5), dan perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 10% resorsinol (LP+10). Determinasi kualitas masing-masing formulasi perekat mengacu pada SNI 06–4567–1998 mengenai Phenol Formaldehida Cair untuk Perekat Kayu Lapis, yang terdiri atas kenampakan,

keasaman (pH), kekentalan (viskositas), berat jenis, sisa penguapan (kadar padatan), waktu gelatinasi, kadar abu dan derajat kristalinitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kualitas masing-masing perekat likuida TKS dibandingkan dengan standar SNI 06-4567-1998 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik kualitas perekat likuida TKS.

Parameter	Satuan	LK	LP+0	LP+2,5	LP+5	LP+7,5	LP+10	SNI 06-4567-1998
Bentuk	-	Cair	Cair	Cair	Cair	Cair	Cair	Cair
Kenampakan	-	Cokelat merah kehitaman	Cokelat merah kehitaman	Cokelat agak tua merah kehitaman	Cokelat agak tua merah kehitaman	Cokelat tua merah kehitaman	Cokelat tua merah kehitaman	Merah kehitaman
Kotoran dalam perekat	-	-	-	-	-	-	-	-
pH (25°C)	-	11,60	11,48	11,42	11,38	11,26	11,17	10,0–13,0
Kekentalan (25°C)	cps	101,00	143,33	186,67	200,00	216,67	250,00	130–300
Berat jenis (25°C)	-	1,192	1,199	1,204	1,206	1,207	1,209	1,165–1,200
Sisa penguapan	%	49,77	53,33	54,22	54,66	55,11	56,00	40–45
Masa gelatinasi (100°C)	menit	151,20	295,20	321,00	363,00	417,00	477,00	≥ 30
Kadar abu	%	20,46	18,95	21,62	23,10	25,93	27,45	12,840*
Derajat kristalinitas	%	19,94	18,42	19,07	20,02	23,22	19,17	16,08 *

Keterangan:

LK = Perekat likuida TKS tanpa perendaman (kontrol)

LP+0 = Perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 0% resorsinol

LP+2,5 = Perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 2,5% resorsinol

LP+5 = Perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 5% resorsinol

LP+7,5 = Perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 7,5% resorsinol

LP+10 = Perekat likuida TKS dengan perendaman partikel TKS dalam n-heksana + 10% resorsinol

* = Hasil determinasi perekat PF

Kenampakan

Kenampakan perekat likuida TKS pada beberapa kadar penambahan resorsinol secara kualitatif disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan pengamatan secara visual, bentuk perekat likuida TKS adalah cair, warna cokelat dan bebas kotoran yang berupa serabut atau butiran. Persyaratan kenampakan perekat phenol formaldehida (PF) menurut SNI 06-4567-1998 adalah bentuk perekat cair, warna merah kehitaman dan bebas kotoran. Warna perekat likuida TKS lebih terang daripada warna perekat PF. Ada kecenderungan semakin tinggi kadar

penambahan resorsinol maka warna perekat campuran menjadi lebih gelap dan kemerahan. Warna lebih gelap dan kemerahan disebabkan oleh warna dari resorsinol yang tercampur secara merata dan sempurna. Hal ini mengindikasikan terjadinya reaksi antara perekat likuida TKS dengan resorsinol.

Warna perekat likuida didominasi oleh warna phenol kristal teknis yang berwarna cokelat dan sebagian warna lignin yang terlarut. Sedangkan senyawa phenolik seperti tanin dan flavonoid yang memiliki kandungan phenol, jumlahnya hanya sedikit sehingga tidak begitu mempengaruhi warna perekat likuida TKS. Warna perekat yang paling terang adalah perekat likuida TKS, sedangkan warna perekat yang paling gelap adalah perekat likuida TKS yang ditambah 10% resorsinol. Kenampakan perekat likuida TKS memenuhi SNI 06-4567-1998 yang mensyaratkan bentuk perekat cair, warna merah kehitaman dan bebas kotoran.

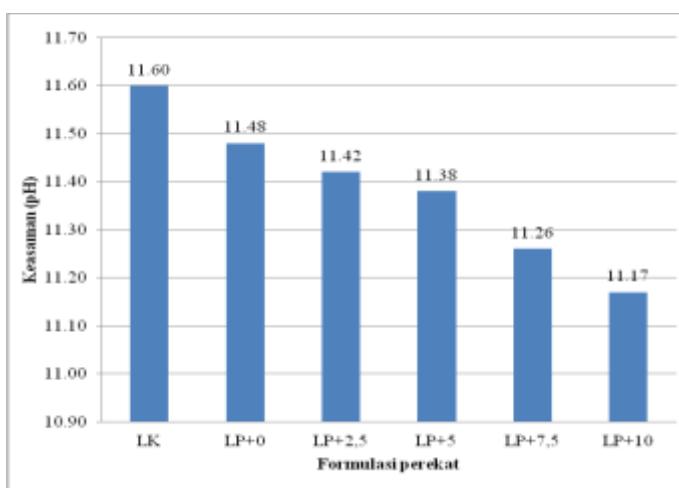
Pada larutan perekat likuida TKS tidak terdapat kotoran berupa serabut, butiran, debu atau benda asing lainnya, karena pada proses pembuatannya dilakukan proses penyaringan menggunakan kertas saring. Tujuan penyaringan adalah memurnikan perekat likuida dari partikel, serabut, butiran, debu atau benda asing lainnya yang dapat menjadi ampas atau residu. Residu ini berwarna hitam berupa serat dan senyawa karbon akibat penambahan H_2SO_4 untuk memotong dan memecah rantai senyawa-senyawa lignoselulosa. Residu yang terdapat dalam larutan dapat menghambat terjadinya reaksi polimerisasi antara gugus phenolik partikel TKS dengan phenol kristal dan dengan formaldehida. Residu juga dapat mengganggu proses perekatan pada saat aplikasi, karena dapat menghalangi ikatan antara perekat dengan sirekat.

Penelitian Masri (2005) dan Prihantini (2008) mendapatkan perekat likuida TKS masih mengandung kotoran berupa serabut butiran halus. Penelitian tersebut dilakukan tanpa proses penyaringan, sehingga perekat likuidanya belum murni. Warnanya pun lebih gelap karena faktor keberadaan senyawa karbon dari sisa degradasi partikel TKS oleh asam sulfat pekat.

Keasaman (pH)

Keasaman (pH) perekat likuida TKS disajikan pada Gambar 1. Keasaman (pH) perekat yang paling tinggi adalah perekat likuida TKS tanpa perendaman

dalam n-heksana (11,60), sedangkan pH perekat yang paling rendah adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 10% resorsinol (11,17). Ada kecenderungan semakin tinggi kadar penambahan resorsinol maka pH perekat campuran menjadi semakin rendah (semakin asam). Hal ini karena resorsinol (sama halnya dengan phenol) bersifat asam, sehingga penambahan resorsinol pada perekat likuida TKS akan menurunkan pH perekat likuida campuran tersebut. Penurunan pH perekat campuran karena penambahan resorsinol mengindikasikan terjadinya reaksi antara likuida TKS dengan resorsinol.



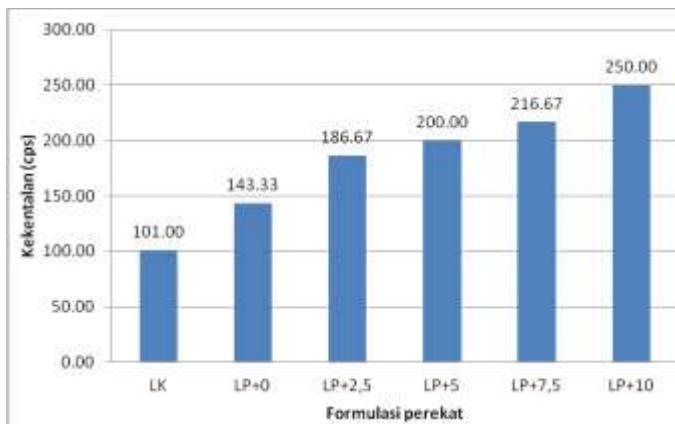
Gambar 1. Grafik keasaman (pH) beberapa formulasi perekat likuida TKS.

Keasaman semua perekat likuida memenuhi SNI 06-4567-1998 yang mensyaratkan pH sebesar 10,0–13,0. Keasaman semua perekat likuida masih di atas pH netral (7), sehingga perekat tidak akan merusak kayu pada saat diaplikasikan. Menurut Suhendra (1992) *dalam* Santoso (1995), dalam pembuatan perekat, pH akhir dari hasil reaksi kondensasi antara lignin dengan formaldehida harus 2,5–11, agar tidak merusak struktur kayu yang direkat.

Kekentalan (viskositas)

Kekentalan perekat likuida TKS disajikan pada Gambar 2. Kekentalan perekat yang paling tinggi adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 10% resorsinol (250,00 cps), sedangkan kekentalan perekat yang paling rendah adalah perekat likuida TKS tanpa perendaman dalam n-heksana (101,00 cps).

Ada kecenderungan semakin tinggi kadar penambahan resorsinol maka kekentalan perekat campuran menjadi semakin tinggi. Semakin banyak penambahan resorsinol, maka perekat likuida akan semakin kental. Hal ini karena resorsinol bersifat kristal padat yang bereaksi dengan perekat likuida TKS dan akan meningkatkan kekentalannya. Penambahan resorsinol akan menambah bobot molekulnya, sehingga perekat likuida menjadi semakin kental. Peningkatan kekentalan perekat campuran karena penambahan resorsinol mengindikasikan terjadinya reaksi antara likuida TKS dengan resorsinol. Kekentalan semua formulasi perekat likuida TKS memenuhi SNI 06-4567-1998 yang mensyaratkan kekentalan sebesar 130–300 cps, kecuali perekat likuida TKS tanpa perendaman dalam n-heksana (101,00 cps).



Gambar 2. Grafik kekentalan beberapa formulasi perekat likuida TKS.

Pada penelitian ini perbandingan molar phenol : formaldehida adalah 1 : 0,5, sehingga penambahan formaldehida lebih sedikit daripada penelitian Sucipto (2009) yang perbandingan molar phenol : formaldehida adalah 1 : 1,2. Keasaman perekat mencapai 11 juga memerlukan penambahan NaOH (basa) lebih banyak daripada pH perekat kurang dari 11.

Perekat yang kental mengindikasikan ikatan antar komponen penyusunnya sangat kuat, baik sesama komponen kimia kayu, sesama komponen kimia dari bahan kimia maupun antara komponen kimia kayu dengan komponen kimia dari bahan kimia. Sehingga diperlukan energi yang cukup besar untuk memisahkan ikatan tersebut. Sebaliknya perekat yang encer mengindikasikan ikatan antar

komponen penyusunnya yang tidak kuat. Perekat yang kental disebabkan oleh tingginya bobot molekul komponen penyusun perekat dan adanya residu serat saat proses pemasakan atau likuifikasi (Ruhendi *et al.* 2007).

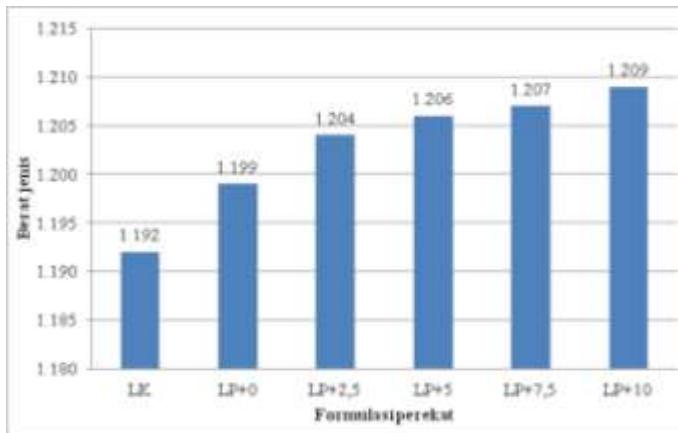
Pu *et al.* (1991) menyatakan bahwa kekentalan perekat meningkat seiring dengan peningkatan waktu likuifikasi, yang akan meningkatkan jumlah phenol yang terikat dengan komponen kayu. Lin (1996) juga menambahkan bahwa kekentalan perekat akan meningkat dengan meningkatnya jumlah phenol yang berikatan.

Kekentalan perekat dapat mempengaruhi kemampuan penetrasi perekat dan pembasahan oleh perekat ke sirekat. Penetrasi dan pembasahan berlangsung antara sirekat dan perekat yang dipakai. Semakin rendah kekentalan perekat, maka akan semakin besar kemampuan perekat untuk mengalir, berpindah, penetrasi dan pembasahan pada sirekat (Ruhendi *et al.* 2007).

Berat jenis

Berat jenis perekat likuida TKS disajikan pada Gambar 3. Berat jenis perekat yang paling tinggi adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 10% resorsinol (1,209), sedangkan berat jenis perekat yang paling rendah adalah perekat likuida TKS tanpa perendaman dalam n-heksana (1,192).

Ada kecenderungan semakin besar kadar penambahan resorsinol maka berat jenis perekat campuran menjadi semakin besar. Hal ini karena resorsinol bersifat kristal padat yang akan bereaksi dengan perekat likuida dan akan meningkatkan massa perekat dan berat jenisnya. Penambahan resorsinol akan menambah bobot molekulnya, sehingga massa perekat likuida menjadi semakin besar. Peningkatan berat jenis perekat campuran karena penambahan resorsinol mengindikasikan terjadinya reaksi antara likuida TKS dengan resorsinol. Berat jenis semua formulasi perekat likuida TKS memenuhi SNI 06-4567-1998, yang mensyaratkan berat jenis 1,165–1,200.

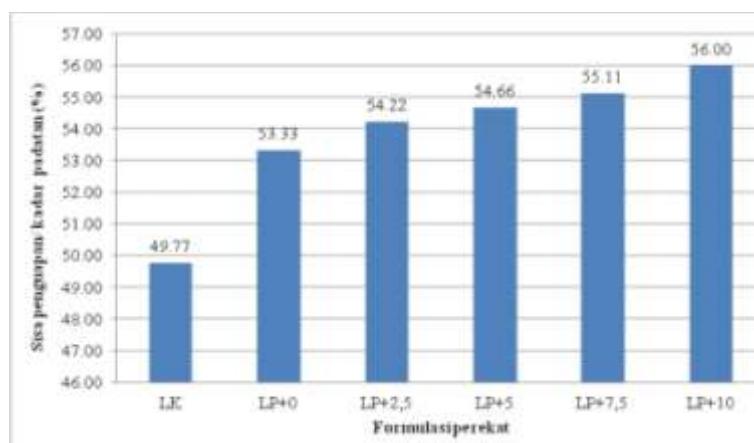


Gambar 3. Grafik berat jenis beberapa formulasi perekat likuida TKS.

Sisa pengapan (kadar padatan)

Kadar padatan perekat likuida TKS disajikan pada Gambar 4. Kadar padatan perekat yang paling tinggi adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 10% resorsinol (56,00%), sedangkan kadar padatan perekat yang paling rendah adalah perekat likuida TKS tanpa perendaman dalam n-heksana (49,77%).

Ada kecenderungan semakin tinggi kadar penambahan resorsinol maka kadar padatan perekat campuran menjadi semakin tinggi. Peningkatan kadar padatan perekat campuran karena penambahan resorsinol mengindikasikan terjadinya reaksi antara likuida TKS dengan resorsinol. Kadar padatan semua formulasi perekat likuida TKS memenuhi SNI 06-4567-1998 yang mensyaratkan kadar padatan sebesar 40%–45%.

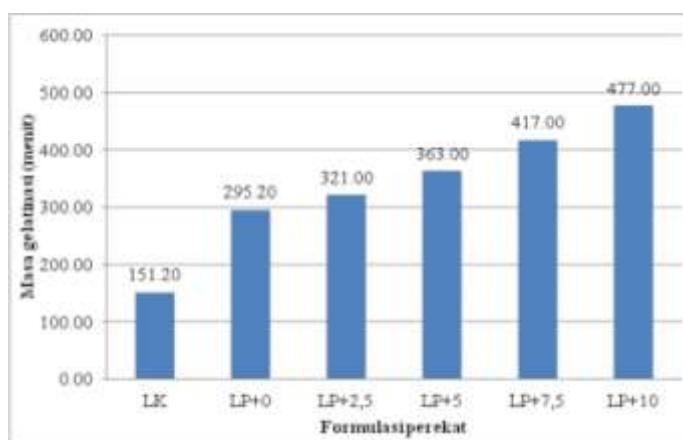


Gambar 4. Grafik kadar padatan beberapa formulasi perekat likuida TKS.

Kadar padatan perekat likuida TKS tidak murni kadar padatan unsur perekat, namun merupakan kadar padatan komponen perekat dan kadar padatan komponen abu. Sehingga kadar padatan perekat likuida TKS setelah dikurangi kadar abu adalah menjadi 29,31% (perekat likuida TKS tanpa perendaman dalam n-heksana), 34,38% (perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana), 32,60% (perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 2,5% resorsinol), 31,56% (perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 5% resorsinol) 29,18% (perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 7,5% resorsinol), dan 28,55% (perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 10% resorsinol). Sehingga kadar padatan semua perekat likuida TKS setelah dikurangi kadar abu menjadi tidak memenuhi SNI 06-4567-1998 yang mensyaratkan kadar padatan sebesar 40%–45%.

Waktu gelatinasi

Waktu gelatinasi perekat likuida TKS disajikan pada Gambar 5. Waktu gelatinasi perekat yang paling tinggi adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 10% resorsinol (477,00 menit), sedangkan waktu gelatinasi perekat yang paling rendah adalah perekat likuida TKS tanpa perendaman dalam n-heksana (151,20 menit). Pada semua formulasi perekat likuida TKS, ada kecenderungan meningkatnya kadar penambahan resorsinol seiring dengan meningkatnya waktu gelatinasi perekat likuida. Waktu gelatinasi semua perekat likuida TKS memenuhi SNI 06-4567-1998 yang mensyaratkan waktu gelatinasi sebesar ≥ 30 menit.



Gambar 5. Grafik waktu gelatinasi beberapa formulasi perekat likuida TKS.

Penambahan resorsinol yang terlalu banyak dapat mengakibatkan larutan menjadi jenuh, sehingga resorsinol tidak bereaksi dengan formaldehida secara optimal. Peningkatan waktu gelatinasi perekat likuida TKS campuran karena penambahan resorsinol mengindikasikan reaksi antara likuida TKS dengan resorsinol tidak berjalan optimal. Resorsinol yang ditambahkan pada perekat likuida berikatan dan bereaksi dengan formaldehida. Penambahan lagi resorsinol akan menyebabkan kelebihan resorsinol pada larutan perekat, sementara formaldehida sudah berikatan dengan phenol dan resorsinol pada penambahan sebelumnya. Kelebihan resorsinol akan menyebabkan waktu gelatinasi perekat semakin meningkat. Resorsinol dalam kondisi ruang terbuka akan berbentuk cair.

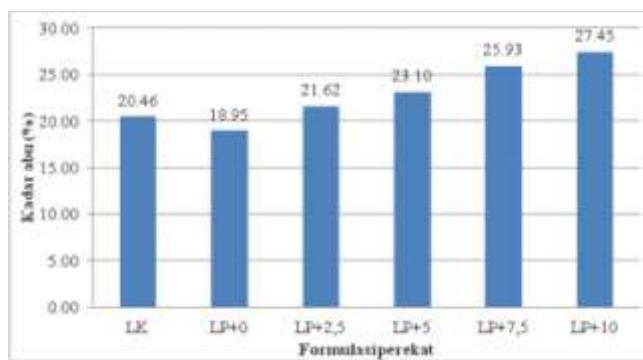
Waktu gelatinasi perekat likuida TKS berkaitan dengan keasaman perekat. Semakin asam perekat maka waktu gelatinasi perekat semakin tinggi (lama). Penambahan resorsinol yang bersifat asam akan meningkatkan waktu gelatinasi. Penurunan waktu gelatinasi dapat dilakukan dengan modifikasi keasaman perekat likuida, yaitu dengan meningkatkan pH perekat, seperti penambahan senyawa kimia basa pada larutan perekat tersebut.

Menurut Santoso (1995), waktu gelatinasi yang cukup lama bisa disebabkan oleh adanya kelebihan formaldehida yang tidak bereaksi selama proses kondensasi dan juga dikarenakan terbentuknya molekul-molekul air yang banyak sebagai hasil samping dari reaksi kondensasi tersebut. Waktu gelatinasi yang tinggi memungkinkan perekat memiliki masa simpan perekat (*storage life*) yang lama dibandingkan perekat yang memiliki waktu gelatinasi yang rendah. Namun waktu gelatinasi yang tinggi juga mengakibatkan proses aplikasi perekat pada sirekat memerlukan proses pengempaan yang lebih lama dengan suhu yang lebih tinggi agar perekat cepat mengeras.

Kadar abu

Kadar abu perekat likuida TKS disajikan pada Gambar 6. Kadar abu perekat yang paling tinggi adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 10% resorsinol (27,45%), sedangkan kadar abu perekat yang paling rendah adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana (18,95%).

Ada kecenderungan semakin tinggi kadar penambahan resorsinol maka kadar abu perekat likuida campuran menjadi semakin tinggi. Semakin banyak penambahan resorsinol, maka perekat likuida TKS akan memiliki kadar abu yang semakin tinggi. Kadar abu tidak disyaratkan dalam SNI 06-4567-1998, tetapi sebagai perbandingan kadar abu perekat PF hasil determinasi adalah 12,840%. Kadar abu PF lebih kecil daripada kadar abu perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana (18,95%), bahkan jauh lebih kecil daripada kadar abu perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 10% resorsinol (27,45%).



Gambar 6. Grafik kadar abu beberapa formulasi perekat likuida TKS.

Peningkatan kadar abu diduga karena dalam perekat likuida campuran terbentuk polimer resorsinol formaldehida (RF) kristal yang terdeterminasi sebagai kadar abu. Polimer RF kristal ini tidak meleleh pada pemanasan dalam tanur dengan suhu 600°C. Peningkatan kadar abu perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana (18,95%) ke perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 2,5% resorsinol (21,62%) adalah sebesar 2,67%, sebanding dengan penambahan kadar resorsinol sebesar 2,5%. Begitu juga peningkatan masing-masing kadar abu untuk perekat campuran (mulai dari LP, LP+2,5, LP+5, LP+7,5 sampai LP+10), sebanding dengan penambahan kadar resorsinol sebesar 2,5%.

Komponen abu yang utama antara lain kalsium, kalium, dan magnesium. Kadar kalsium di sebagian jenis kayu dapat mencapai lebih dari 50% dari unsur total kadar abu kayu. Kalium dan magnesium masing-masing menduduki urutan kedua dan ketiga, diikuti mangan, natrium, fosfat dan klorida. Endapan mineral

semakin besar terdiri atas kalsium karbonat, kalsium oksalat, dan silika (Fengel dan Wegener 1995). Tingginya kadar abu dalam perekat likuida TKS juga dipengaruhi kandungan silika sebagai komponen abu pada bahan baku partikel TKS.

Kadar abu perekat likuida TKS yang cukup tinggi dapat disebabkan kadar abu partikel TKS yang cukup tinggi. Azemi *et al* 1994 dalam Sa'id 1996 menyatakan kadar abu partikel TKS mencapai 15%. Selain itu komponen abu juga berasal dari senyawa karbon dari proses pemecahan rantai lignoselulosa dengan asam sulfat pekat. Kadar abu yang terlalu tinggi dapat menghambat reaksi antara gugus phenolik partikel TKS dengan phenol Kristal.

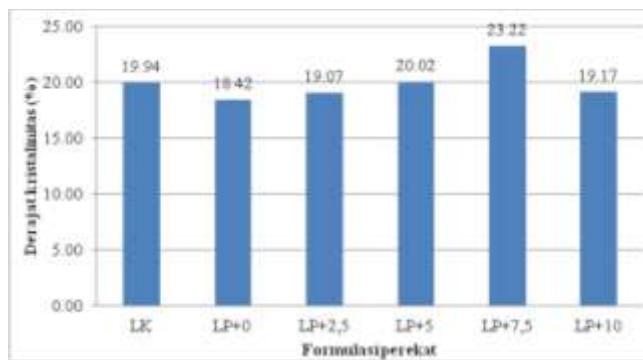
Komponen abu bukan hanya mineral yang berasal dari dinding sel, tetapi juga dari komponen mineral yang terdapat sebagai kristal dalam rongga sel. Selain komponen utama Ca, K dan Mg, kadang-kadang terdapat juga dalam jumlah kecil natrium (Na), mangan (Mn), besi (Fe) dan alumunium (Al). Radikal-radikal yang biasa terdapat dalam abu antara lain karbonat, fosfat, silikat, sulfat dan klorida. Unsur seng (Zn), tembaga (Cu) dan khrom (Cr) kadang-kadang juga ditemukan di dalam abu. Komponen oksida logam yang paling banyak dijumpai di dalam abu adalah kalsium oksida, yang tidak hanya terdapat dalam dinding sel tetapi juga terdapat dalam sel parenkim sebagai kalium oksalat. Kalsium karbonat dan kalium oksalat merupakan sumber kalsium oksida dari abu.

Derajat kristalinitas perekat likuida TKS

Derajat kristalinitas perekat likuida TKS disajikan pada Gambar 7. Derajat kristalinitas perekat yang paling tinggi adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 7,5% resorsinol (23,33%), sedangkan derajat kristalinitas perekat yang paling rendah adalah perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana (18,42%).

Pada semua formulasi perekat likuida TKS dengan penambahan resorsinol, ada kecenderungan meningkatnya kadar penambahan resorsinol sampai 7,5% seiring dengan meningkatnya derajat kristalinitas perekat campuran, dan menurun pada penambahan resorsinol 10%. Derajat kristalinitas perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana + 7,5% resorsinol (23,33%) merupakan

derajat kristalinitas yang paling tinggi sebagai puncak pada grafik. Pada formulasi ini resorsinol bereaksi dengan formaldehida bebas lebih optimal. Penambahan lagi kadar resorsinol mengakibatkan larutan menjadi jenuh, sehingga resorsinol tidak bereaksi dengan formaldehida bebas secara optimal.



Gambar 7. Grafik derajat kristalinitas beberapa formulasi perekat likuida TKS.

Derajat kristalinitas perekat likuida TKS menunjukkan persentase bagian kristalin terhadap seluruh bagian perekat likuida TKS. Derajat kristalinitas perekat likuida TKS merupakan derajat kristalinitas komponen phenol, komponen abu dan resorsinol. Derajat kristalinitas perekat likuida yang paling mendekati derajat kristalinitas perekat PF (16,08%) adalah derajat kristalinitas perekat likuida TKS dengan perendaman dalam n-heksana (18,42%). Karena sebenarnya komponen utama penyusun perekat ini phenol alami dari TKS dan phenol kristal.

KESIMPULAN

Perekat likuida TKS yang dihasilkan adalah golongan perekat phenolik dengan karakteristik bentuk cair, warna cokelat merah kehitaman dan bebas kotoran, pH 11,60, kekentalan 101,00 cps, berat jenis 1,192, kadar padatan 49,77%, waktu gelatinasi 151,20 menit, kadar abu 20,46%, dan derajat kristalinitas 19,94%. Sebagian besar karakteristik perekat likuida memenuhi karakteristik perekat phenol formaldehida (PF) untuk kayu lapis (SNI 06-4567-1998). Penambahan resorsinol pada perekat likuida TKS cenderung menyebabkan penurunan keasaman (pH) dan meningkatkan kepekatan warna (warna lebih gelap), kekentalan, berat jenis, kadar padatan, waktu gelatinasi, kadar abu dan derajat kristalinitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1998. *SNI 06-4567-1998 tentang Fenol Formaldehyda Cair untuk Perekat Kayu Lapis*. Jakarta: BSN.
- Dirjen Perkebunan Departemen Pertanian. 2009. Statistik perkebunan Indonesia. Deptan RI. Jakarta.
- Lin L. 1996. *Characterization of Phenolated Wood and Study on the Liquefaction Mechanism of Lignin*. Kyoto: Kyoto University.
- Maloney, TM. 1993. *Modern Particle Board and Dry Proces Fiberboard Manufacturing*. San Fransisco: Miller Freeman Inc.
- Masri AY. 2006. Kualitas perekat likuida tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada berbagai ukuran serbuk, keasaman, dan rasio molar formaldehyda dengan fenol [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Prihantini AI. 2008. Kualitas likuida tandan kosong sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan perlakuan perendaman bahan baku dalam air panas [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Pu S, Yoshioka M, Tanihara Y, Shiraishi N. 1991. *Liquefaction of Wood in Phenol and Its Application to Adhesives*. Kyoto: Kyoto University.
- Ruhendi S, Koroh DN, Syamani FA, Yanti H, Nurhaida, Saad S, Sucipto T. 2007. *Analisis Perekatan Kayu*. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Ruhendi S, Sucipto T. 2007. Wettabilitas tandan kosong sawit (TKS). Laporan penelitian.
- Sa'id G. 1996. *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit*. Ungaran: Trubus Agriwidya.
- Santoso A. 1995. Pencirian isolate lignin dan upaya menjadikannya sebagai bahan perekat kayu lapis [tesis]. Bogor: Pascasarjana IPB.
- Setyawati, B.R. 1994. Kajian Produksi Aseton-Butanol-Etanol oleh Clostridium acetobutylicum dengan Substrat Hidrolisat Tandan Kosong Kelapa Sawit. [tesis]. Program Pascarjana IPB. Bogor.
- Sucipto T. 2009. Karakterisasi partikel dan likuida tandan kosong sawit [tesis]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Umemura K. 2006. Wood-based materials and wood adhesives: recent trend in Japan [makalah Wood Science School]. Cibinong: UPT Biomaterial LIPI.

PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI BERBASIS TEKNOLOGI

INFORMASI UNTUK PEMBERDAYAAN PETANI SAYURAN

(Information System Development Based on Information Technology to Increase the Vegetable Farmer Empowerment)

Sumardjo¹⁾, Retno Sri Hartati Mulyandari²⁾

¹⁾Kepala Pusat Kajian Resolusi Konflik dan Pemberdayaan LPPM IPB,

²⁾Pusat Perpustakaan dan Penyebarluasan Teknologi Pertanian

ABSTRAK

Teknologi informasi (TI) memiliki peran penting untuk mendukung petani dalam proses pengambilan keputusan melalui pengembangan sistem informasi. Penelitian ini memiliki empat tujuan, yaitu: 1) Menganalisis manfaat sistem informasi berbasis TI; 2) Menganalisis faktor yang mempengaruhi pengembangan sistem informasi berbasis TI; 3) Menganalisis konten sistem informasi pertanian; dan 4) Merancang strategi sistem informasi dalam mendukung pemberdayaan petani sayuran. Penelitian dilakukan di Cianjur (Jawa Barat) dan Batu (Jawa Timur) pada Juli 2010 - Oktober 2011. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan sampel dari 200 responden dengan kuesioner semi terbuka menggunakan skala Likert. Data kuantitatif dianalisis berdasarkan statistik korelasi dan t-test. Manfaat sistem informasi pertanian adalah meningkatkan peluang petani terhadap informasi pasar dan teknologi pertanian serta mempercepat proses komunikasi dalam pemasaran maupun untuk proses produksi sehingga meningkatkan jaringan komunikasi dan posisi tawar petani. Pengetahuan, sikap, dan kemampuan dalam pemanfaatan TI, kepemilikan TI, tingkat pendidikan, usia, dan status sosial adalah faktor dominan yang mempengaruhi aksesibilitas petani terhadap sistem informasi pertanian berbasis TI. Sedangkan faktor dominan mempengaruhi pemberdayaan petani sayur adalah intensitas dan tingkat pemanfaatan TI. Konten dalam sistem informasi pertanian berbasis TI dapat dikategorikan menjadi lima jenis, yaitu berita, informasi teknologi pertanian, informasi pasar, informasi penunjang, dan interaktif. Pengembangan sistem informasi pertanian dirancang dengan mengintegrasikan konten informasi yang berada di masing-masing lembaga, dikelola secara fungsional, dan disajikan secara komprehensif, mutakhir, dan tepat guna dalam satu muka didukung dengan strategi pemanfaatan secara two-step flow dalam mendukung pemberdayaan petani sayuran.

Kata kunci: Informasi pertanian, komunikasi, teknologi informasi, sistem informasi, inovasi, jaringan.

ABSTRACT

Information Technology (IT) have some important roles supporting the farmer in decision-making process through information system development. The research have four objectives, are: 1) Analyzing the benefit of information system based on IT; 2) Analyzing the factors influencing information system development based on IT; 3) Analyzing the content of agricultural information system effectiveness based on IT; and 4) Designing the strategy of information system based on IT to support the vegetable farmer empowerment. The research was conducted in Cianjur (West Java) and Batu (East Java) on July 2010 - October 2011. Data collection techniques used in this study was derived from the 200 respondents with closed and semi-open questionnaires and processed by using Likert scale. Quantitative data were analyzed statistically based on correlation and t-test. The benefits of agricultural information system based on

information technology is to increase the farmers accessibility to market information and agricultural technology and accelerate the process of communication and information access, thus increasing the network of communication and bargaining position of farmers. Knowledge, attitude, and capabilities in IT utilization, IT ownership, education level, age, and social status are the dominant factors influencing the accessibilities of agricultural information system. The dominant factors influencing the vegetable farmer empowerment are the intensity and the level of IT utilization. Content in agricultural information system based on IT can be categorized into five types, namely news, information technology, agriculture, market information, supporting information, and interactive. Development of agricultural information system designed to integrate the information content at each institution, functionally managed, and presented in a comprehensive, current and appropriate in the face supported by strategic use of two-step flow to support the empowerment of vegetable farmers.

Keyword: Agricultural information, communication, information technology, information system, innovation, networking.

PENDAHULUAN

Informasi pertanian merupakan salah satu faktor yang penting dalam proses produksi usaha tani. Informasi pertanian juga merupakan aplikasi pengetahuan yang mendorong dan menciptakan peluang untuk pembangunan dan pengurangan kemiskinan. Integrasi yang efektif antara teknologi informasi dalam sektor pertanian menuju pada pertanian berkelanjutan melalui penyiapan informasi pertanian yang tepat waktu yang relevan dapat memberikan informasi yang tepat kepada petani dalam proses pengambilan keputusan berusahatani untuk meningkatkan produktivitasnya. Teknologi informasi dapat meningkatkan aksesibilitas petani terhadap informasi pasar, input produksi, tren konsumen, yang secara positif berdampak pada kualitas dan kuantitas produksi mereka. Informasi pemasaran, praktek pengelolaan ternak dan tanaman, penyakit dan hama tanaman/ternak, ketersediaan transportasi, secara ekonomi sangat penting untuk efisiensi produksi (Maureen 2009 dan Taragola *et al.* 2009).

Meskipun disadari teknologi informasi memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung pembangunan pertanian, namun sampai saat ini belum dipertimbangkan dalam usahatani dan lingkungan kebijakan di bidang teknologi informasi. Pemanfaatan teknologi informasi dalam proses pengambilan keputusan berusahatani membutuhkan proses pendidikan dan peningkatan kapasitas karena masih terdapat kesenjangan secara teknis maupun keterampilan dalam bisnis secara elektronis (e-business). Membangun sebuah masa depan

elektronis (berwawasan teknologi informasi) atau (e-future) memerlukan strategi dan program untuk menyiapkan petani dengan kompetensi di bidang teknologi informasi. Hal ini bermanfaat untuk mendukung perdagangan dan kewirausahaan, sehingga pemerintah dapat meningkatkan kapasitas petani untuk berperan serta dan bermanfaat bagi tiap pertumbuhan ekonomi. Dengan mengintegrasikan TI dalam proses pengambilan keputusan berusahatani melalui peningkatan kapasitas petani, maka petani berpikir dengan cara yang berbeda, berkomunikasi secara berbeda, dan mengerjakan bisnisnya secara berbeda. Hal ini sebagaimana dinyatakan pula oleh Sumardjo (1999) bahwa upaya untuk mengembangkan mekanisme komunikasi inovasi pertanian yang efektif dan efisien perlu dilaksanakan untuk mempercepat proses adopsi inovasi pertanian melalui pembentukan lembaga pemandu sistem komunikasi inovasi pertanian dan pengembangan sistem jaringan informasi di antaranya dengan memanfaatkan teknologi informasi.

Penelitian ini dilakukan dengan empat permasalahan penting yaitu: 1) Sejauhmana manfaat sistem informasi pertanian berbasis TI dalam mendukung pemberdayaan petani sayuran?, 2) Faktor-faktor dominan mana sajakah yang mempengaruhi aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI?, 3) Sejauhmana efektivitas *content* sistem informasi pertanian yang telah dikembangkan oleh Kementan?, dan 4) Bagaimana rancangan konsep strategi pengembangan sistem informasi berbasis TI yang efektif mendukung keberdayaan petani sayuran?. Dengan demikian tujuan penelitian adalah untuk: 1) Mempelajari manfaat sistem informasi berbasis TI dalam mendukung pemberdayaan petani sayuran, 2) Menganalisis Faktor-faktor dominan yang mempengaruhi aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI, 3) Menganalisis efektivitas *content* sistem informasi pertanian yang telah dikembangkan oleh Kementan, dan 4) Menyusun strategi pengembangan sistem informasi pertanian berbasis TI yang efektif mendukung keberdayaan petani sayuran?

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah sentra produksi sayuran di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat dan Kabupaten Batu, Jawa Timur yang keduanya memiliki akses

terhadap sistem informasi berbasis teknologi informasi. Wilayah BPP Pacet Kabupaten Cianjur memiliki jangkauan aksesibilitas teknologi informasi secara mandiri. Sedangkan Desa Giripurno, Kabupaten, Jawa Timur memperoleh dukungan dari *World Bank* melalui *Telecenter Kartini Mandiri*.

Penelitian ini dirancang dengan mengkombinasikan antara penelitian menerangkan (*explanatory research*) dengan penelitian deskriptif (*descriptive research*). Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan (*observation*), kuesioner (*questioner*), wawancara (*interview*) terhadap 200 responden, wawancara mendalam (*indepth interview*), *Focuss Group Discussion* (FGD), dan dokumentasi (*documentation*). Sedangan data dan informasi dijabarkan dan diinterpretasikan menurut alur logika melalui penerapan statistik induktif (Bailey 1992) dan deskriptif dengan menerapkan pendekatan dan analisis sistem. Analisis data digunakan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian dan menguji hipotesis. Pengolahan data digunakan analisis kuantitatif dan untuk mendukung dan mempertajam analisis kuantitatif dilengkapi dengan informasi berdasarkan data kualitatif (Dey 1993) (Moleong 1991). Analisis kuantitatif menggunakan statistik yang meliputi: 1) analisis statistik deskriptif, 2) analisis korelasi, dan 3) analisis uji beda (Kerlinger dan Sarwono 2007). Untuk memudahkan dalam analisis data deskriptif, uji korelasi, dan uji t, digunakan aplikasi SPSS versi 19.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Responden Petani Sayuran

Rata-rata responden termasuk usia produktif (38 – 43 tahun) dengan pendidikan rata-rata SMP/tidak lulus SMP. Berdasarkan hasil uji beda diketahui bahwa pada umumnya usia petani responden di Pacet relatif lebih muda dibandingkan dengan petani di Batu. Skor rata-rata kepemilikan TI adalah 44 – 46 dengan sarana TI dominan dimiliki responden adalah telepon genggam (85%) dan sarana TI yang paling sedikit dimiliki adalah komputer berinternet (7%). Meskipun pengetahuan terhadap TI rata-rata masih rendah, namun umumnya petani bersikap positif terhadap pemanfaatan TI dan memiliki keterampilan pemanfaatan TI (utamanya telepon genggam) yang cukup baik (Tabel 1).

Tabel 1. Gambaran umum petani responden berdasarkan peubah penelitian.

Peubah	Pengukuran	Rata-rata		Sig (Uji t)
		Jabar	Jatim	
Karakteristik Individu Petani				
Umur	Tahun	38,40	42,46	0,036*
Pendidikan	Tahun	8,02	8,17	0,552
Ke pemilikan sarana TI	Skor	46,63	44,00	0,857
Status sosial	Skor	49,20	48,94	0,485
Pengetahuan pemanfaatan TI	Skor	44,70	33,35	0,001**
Sikap dalam pemanfaatan TI	Skor	85,67	92,08	0,000**
Keterampilan pemanfaatan TI	Skor	66,00	58,83	0,008**
Aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI				
Intensitas pemanfaatan TI	Skor	31,19	35,94	0,494
Manfaat untuk promosi	Skor	30,14	38,29	,000**
Manfaat untuk akses informasi	Skor	27,50	22,25	0,024*
Manfaat untuk komunikasi	Skor	50,75	60,33	0,000**
Tingkat Keberdayaan Petani				
Menentukan komoditas	Skor	64,25	72,42	0,007**
Mengatur input	Skor	69,67	73,00	0,186
Memasarkan hasil	Skor	67,67	73,00	0,036*

Kategori pengukuran skor: sangat rendah: < 25; rendah: 25,01 – 50; sedang: 50,01 – 75; tinggi: > 75.

Responden penelitian merupakan petani sayuran yang minimal dapat mengakses salah satu sarana teknologi informasi. Berdasarkan hasil scoring terhadap tingkat sarana TI yang dimiliki oleh petani, maka dapat dinyatakan bahwa kepemilikan sarana TI petani sayuran baik di Pacet maupun di Batu sebagian besar berada pada kategori sedang dengan memiliki rata-rata 1-2 sarana TI dan yang terbanyak dimiliki adalah telepon genggam, yaitu sebesar 84,5% petani responden yang memilikinya. Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara dengan responden, diketahui bahwa jenis atau tipe telepon genggam yang dimiliki petani sebagian besar sudah merupakan media konvergen yang dapat digunakan untuk mendengarkan radio, mengakses internet, sebagai kamera dan video, bahkan ada beberapa di antaranya yang dapat digunakan untuk menonton siaran televisi.

Secara umum, tingkat aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI masih rendah khususnya untuk intensitas pemanfaatan TI dan tingkat manfaat

yang dirasakan untuk promosi dan akses informasi. Sedangkan untuk tingkat pemanfaatan TI untuk komunikasi termasuk dalam kategori sedang. Berdasarkan hasil uji beda diketahui bahwa pada umumnya tingkat manfaat TI untuk promosi dan komunikasi secara nyata lebih tinggi dirasakan oleh petani di Batu dibandingkan dengan petani di Pacet. Hal ini disebabkan di antaranya adalah lebih bervariasi dan lebih banyaknya jumlah rata-rata komoditas yang diusahakan oleh petani sayuran di Batu yang rata-rata 5 komoditas dibandingkan dengan di Pacet yang hanya rata-rata 3 komoditas. Di samping itu, jenis komoditas yang diusahakan oleh petani di Batu sebagian besar merupakan komoditas sayuran eksotis untuk pangsa pasar hotel dan restoran yang sebagian besar masakannya adalah masakan Cina, Jepang, dan Eropa.

Berkaitan dengan tingkat keberdayaan petani, pada umumnya petani sayuran sudah memiliki tingkat keberdayaan yang sedang baik dalam aspek menentukan jenis komoditas yang ditanam, mengatur input, maupun memasarkan hasil usahatannya. Berdasarkan hasil uji beda diketahui bahwa petani di Batu relatif lebih berdaya dibandingkan dengan petani di Pacet khususnya dalam menentukan jenis komoditas dan memasarkan hasil pertaniannya.

Manfaat Sistem Informasi Pertanian Berbasis TI

Wilayah BPP Pacet, Cianjur, Provinsi Jawa Barat dan Desa Giripurno, Bumiaji, Batu, Provinsi Jawa Timur merupakan lokasi dengan mayoritas petaninya merupakan petani yang berusahatani di bidang sayuran. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa teknologi informasi untuk mendukung kegiatan usahatani sayuran sudah banyak dimanfaatkan oleh petani sayuran khususnya untuk mencari informasi pasar dan berhubungan langsung dengan pedagang di pasar tujuan pemasaran sayuran. Selain untuk mengakses informasi pasar, teknologi informasi juga telah dimanfaatkan untuk mengakses teknologi pertanian mendukung kegiatan usahatani, sebagaimana disampaikan oleh salah seorang petani sayuran sebagai berikut: “....melalui HP saya dapat kabar dari kios Kramatjati bahwa hari ini harga pakcoy sedang bagus. Tanpa pikir panjang saya minta pegawai kebun untuk memanen pakcoy keesokan harinya meskipun sebenarnya waktu panen normal masih lima hari lagi... Hal ini saya lakukan

untuk mengantisipasi menurunnya harga dalam waktu yang tidak terlalu lama. dan Alhamdulillah dengan cara begini, meskipun ada satu produk yang kurang menguntungkan, di sisi lain ada satu produk yang sangat menguntungkan dengan cara jeli membaca pasar”

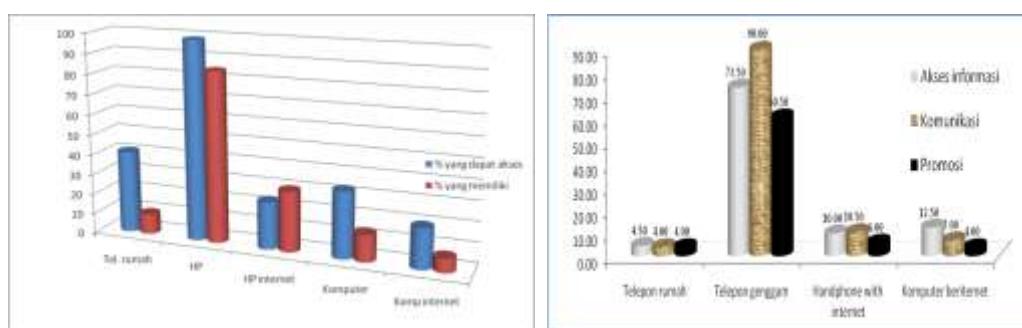
Petani sayuran telah banyak yang memanfaatkan telepon genggam untuk mengakses informasi pasar, meskipun di beberapa lokasi masih terjadi kendala terkait dengan keterbatasan jaringan telepon dan internet. Dengan berkembangnya jejaring sosial melalui aplikasi teknologi informasi, BPP Pacet melalui salah satu Tenaga Harian Lapang mulai menerapkan sistem layanan informasi melalui pemanfaatan jejaring informasi tersebut. Konsultasi selain dilakukan secara tatap muka di lokasi usahatani dan pertemuan rutin dengan petani juga dilakukan melalui media berbasis TI, yaitu telepon genggam bahkan melalui jejaring sosial “*facebook*”. Untuk lebih mendekatkan informasi kepada para pengguna langsungnya, BPP Pacet juga mengadakan *infomobile* ke wilayah binaan dengan membawa perlengkapan untuk akses internet (laptop dengan modem untuk akses internet). Sebagai lembaga penyedia layanan informasi bagi petani, BPP menyadari sepenuhnya bahwa informasi harga sangat penting bagi petani sayuran karena sifatnya yang sangat berfluktuasi. Oleh karena itu, untuk melayani pengguna agar dapat akses informasi harga, maka BPP Pacet juga menyediakan layanan informasi harga melalui SMS (apabila diperlukan) maupun melalui pemutakhiran data informasi pasar secara regular melalui situs dan dicantumkan dalam papan informasi di depan perpustakaan. Namun demikian, kegiatan pengembangan sistem informasi berbasis TIK ini mengalami hambatan terkait dengan permasalahan keterbatasan anggaran operasional.

Secara garis besar, teknologi informasi dapat diterapkan dalam mendukung manajemen sumber daya, pemasaran, dan mempercepat proses pelaksanaan kegiatan penyuluhan. Manfaat yang dapat diperoleh melalui kegiatan pengembangan pengembangan sistem informasi berbasis TI sejalan dengan apa yang dinyatakan oleh Mulyandari (2005), yaitu:

- Mendorong terbentuknya jaringan informasi pertanian di tingkat lokal dan nasional.

- Membuka akses petani terhadap informasi pertanian untuk: 1) Meningkatkan peluang potensi peningkatan pendapatan dan cara pencapaiannya; 2) Meningkatkan posisi tawar petani, serta 3) Meningkatkan kemampuan petani dalam melakukan diversifikasi usahatani dan merelasikan komoditas yang diusahakannya dengan input yang tersedia, jumlah produksi yang diperlukan, dan kemampuan pasar menyerap output.
- Mendorong terlaksananya kegiatan pengembangan, pengelolaan, dan pemanfaatan informasi pertanian secara langsung maupun tidak langsung.
- Memfasilitasi dokumentasi informasi pertanian di tingkat lokal (*indigenous knowledge*) yang dapat diakses secara lebih luas.

Hampir seluruh (98,50%) petani responden akses terhadap telepon genggam dan sebagian besar (84,50%) di antaranya telah memiliki sendiri media tersebut. Sedangkan komputer dengan fasilitas akses internet merupakan media yang paling sedikit dimiliki oleh petani, yaitu hanya sebanyak 7% responden yang memiliki dan 20% responden yang dapat mengaksesnya. Hal ini sangat dipahami karena telepon genggam merupakan media komunikasi yang sudah biasa petani manfaatkan karena mudah penggunaannya, relatif terjangkau biayanya, dan terasa manfaatnya khususnya terkait dengan efisiensi. Berdasarkan hasil survei di lapangan, diketahui pula bahwa pada umumnya, teknologi informasi yang biasa dimanfaatkan oleh petani sayuran adalah telepon genggam. Sedangkan jenis pemanfaatan teknologi informasi untuk mendukung kegiatan usahatani dapat dikategorikan menjadi tiga manfaat, yaitu untuk akses informasi, untuk komunikasi, dan untuk promosi hasil atau kegiatan usahatani (Gambar 1).



Gambar 1. Tingkat Kepemilikan Sarana TI dan Tingkat Manfaat Sistem Informasi melalui sarana TI.

Rendahnya akses dan kepemilikan media komunikasi berbasis internet (baik telepon genggam maupun komputer) disebabkan oleh masih relatif barunya media tersebut dan dianggap oleh petani sebagai barang yang mahal, tidak mudah dijangkau, dan penggunaannya juga relatif sulit. Di samping itu, masih ada pula kekhawatiran atas dampak negatif akses internet bagi masyarakat apabila tidak pada tempatnya. Sedangkan telepon rumah saat ini sudah dianggap kurang praktis oleh sebagian besar responden yang semula memiliki telepon rumah di samping biayanya lebih mahal dibandingkan dengan pulsa telepon genggam. Telepon rumah bersifat statis dan penggunaannya hanya terbatas untuk berkomunikasi langsung. Ada sebagian kecil responden yang telah memanfaatkan telepon rumah untuk dialih fungsikan sebagai sambungan internet melalui fasilitas *speedy* dengan biaya sambungan internet yang relatif dapat dijangkau.

Jenis pemanfaatan media komunikasi berbasis TI yang sangat dirasakan oleh petani adalah untuk komunikasi mendukung kegiatan usahatani, terutama untuk pemanfaatan telepon genggam (HP). Hal ini ditunjukkan dengan hampir seluruh (90%) responden menggunakan HP sebagai sarana komunikasi mendukung kegiatan usahatani. Sedangkan untuk media komunikasi berbasis internet, sebagian besar pengguna yang mengakses, memanfaatkan HP atau komputer berinternet untuk akses informasi atau menelusur informasi khususnya informasi pasar.

Faktor Yang Mempengaruhi Aksesibilitas Petani Terhadap Sistem Informasi Pertanian Berbasis TI

Sistem informasi berbasis TI memerlukan media sebagai alat bantu untuk mengaksesnya. Aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI yang dilihat dari intensitasnya dalam memanfaatkan TI untuk akses terhadap sistem informasi berbasis TI serta tingkat manfaat TI baik untuk akses informasi, komunikasi, maupun promosi hasil usahatani sangat bergantung pada faktor internal maupun eksternal. Dari tujuh aspek karakteristik pribadi petani yang dianalisis dalam penelitian ini, yaitu umur, pendidikan, kepemilikan sarana TI, status sosial, pengetahuan terhadap TI, sikap terhadap TI, dan keterampilan menggunakan TI ternyata hampir seluruh aspek karakteristik pribadi kecuali umur memiliki hubungan yang nyata positif terhadap aksesibilitas petani terhadap

sistem informasi pertanian berbasis TI (Tabel 2). Umur, memiliki hubungan negative yang nyata terhadap aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI, khususnya untuk intensitas petani dalam menggunakan sarana TI dan tingkat manfaat TI untuk akses informasi pada tingkat kepercayaan 0,05. Sedangkan dilihat dari pengaruhnya terhadap manfaat TI untuk komunikasi mendukung kegiatan usahatani, umur berkorelasi positif secara nyata pada selang kepercayaan 0,01.

Tabel 2. Analisis korelasi antara karakteristik petani dengan aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI.

Karakteristik petani	Intensitas menggunakan TI	Manfaat TI untuk akses informasi pertanian	Manfaat TI untuk komunikasi mendukung usaha tani	Manfaat TI untuk promosi usaha tani
Umur	-.315**	-.303**	-.175*	-.113
Pendidikan formal	.432**	.340**	.303**	.215**
Kelembagaan TI	.543**	.431**	.426**	.268**
Status sosial	.128	.189**	.224**	.154*
Pengetahuan terhadap TI	.570**	.529**	.453**	.361**
Sikap terhadap pemanfaatan TI	.359**	.245**	.164*	.162*
Keterampilan menggunakan TI	.502**	.529**	.438**	.332**

Keterangan: ** signifikan pada $P<0,01$ dan * signifikan pada $P<0,05$

Sebagian besar petani yang masih muda usia lebih mudah mengoperasionalkan teknologi informasi dan sudah lebih merasakan bahwa teknologi informasi khususnya telepon selain sudah menjadi bagian dari kebutuhan pokok yang sudah sepantasnya dipenuhi juga merupakan gaya hidup dan sarana untuk bersosialisasi. Teknologi informasi dianggap oleh petani yang berusia muda selain bermanfaat untuk menunjang kegiatan usahatani karena mempercepat waktu dan menghemat ongkos transportasi karena transaksi dapat dilakukan melalui telepon genggam juga dapat digunakan sebagai sarana hiburan yang murah. Demikian halnya untuk akses teknologi informasi (HP maupun komputer) yang berbasis internet, sebagian besar hanya petani yang berusia muda (di bawah 45 tahun).

Rata-rata pendidikan formal petani responden adalah 8 tahun. Dengan demikian secara umum dapat dikatakan bahwa sebagian besar responden telah mengenyam pendidikan hingga bangku sekolah SMP. Hal ini sangat dipahami karena responden yang dipilih adalah yang dapat akses terhadap teknologi informasi, dan petani yang mampu akses terhadap media komunikasi berbasis TI sebagian besar merupakan petani yang memiliki tingkat pendidikan setidaknya tamat SD. Tingkat pendidikan ini mempengaruhi tingkat pengetahuan dan keterampilannya terhadap pemanfaatan TI. Berdasarkan hasil korelasi diketahui bahwa tingkat pendidikan, pengetahuan terhadap TI, dan keterampilan dalam pemanfaatan TI berpengaruh positif secara nyata terhadap seluruh aspek dalam aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI. Sedangkan untuk status sosial, hanya memiliki pengaruh positif yang nyata terhadap manfaat TI untuk akses informasi dan komunikaksi dalam mendukung kegiatan usahatani. Sementara sikap petani terhadap pemanfaatan TI untuk mendukung kegiatan usahatani berpengaruh positif secara nyata terhadap intensitas pemanfaatan TI dan manfaat TI untuk akses informasi.

Berkaitan dengan tingkat keberdayaan petani, diketahui bahwa secara umum, faktor aksesibilitas petani terhadap sistem informasi yang memiliki pengaruh positif secara nyata terhadap tingkat keberdayaan petani khususnya dalam mengatur input produksi dan memasarkan hasil usahatani adalah intensitas menggunakan TI.

Banyak faktor lain yang dapat mempengaruhi tingkat keberdayaan petani, di antaranya adalah faktor eksternal yaitu intensitas kegiatan penyuluhan dan pendampingan serta kondisi lingkungan strategis lainnya khususnya terkait dengan infrastruktur jaringan komunikasi dan kebijakan dalam pengembangan sistem informasi berbasis TIK. Penyuluhan yang proaktif terhadap pengembangan sistem informasi berbasis TIK sampai di tingkat petani mendorong petani untuk lebih dapat memanfaatkan teknologi informasi untuk akses informasi dan komunikasi khususnya terkait dengan upaya pemecahan permasalahan yang dihadapi petani. Kemudahan komunikasi antara petani dengan penyuluhan melalui pemanfaatan teknologi informasi, khususnya melalui telepon genggam semakin mempermudah komunikasi secara langsung tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu.

Analisis Content Sistem Informasi Pertanian Berbasis TI

Kementerian Pertanian telah memiliki lembaga-lembaga terkait dengan *content* informasi di bidang komoditas sayuran. Secara umum, analisis *content* didasarkan atas lima kategori *content*, yaitu: 1) Berita, 2) Informasi Teknologi Pertanian, 3) Informasi Pasar, 4) Informasi Penunjang Usahatani Sayuran, dan 5) Informasi interaktif (forum interaktif dimana pengguna dapat berperan aktif dalam forum ini). Dari situs lingkup Kementerian yang memuat *content* bidang hortikultura, berikut disajikan hasil analisis *content* baik berdasarkan analisis *cyber study* maupun hasil survei di lapangan.

Survei analisis *content* sistem informasi pertanian berbasis TI dilakukan terhadap delapan situs pertanian bidang hortikultura untuk komoditas sayuran, yaitu: 1) Situs Kementerian Pusat (<http://www.deptan.go.id/index1.php>), 2) Situs Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian dengan alamat: <http://www.hortikultura.go.id/>, 3) Situs *Cyber Eension* dengan alamat: <http://cybex.deptan.go.id/>, 4) Situs Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura dengan alamat: <http://hortikultura.litbang.deptan.go.id/>, 5) Situs Balai Penelitian Sayuran dengan alamat <http://balitsa.litbang.deptan.go.id/ind/>, 6) Situs Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dengan alamat: <http://www.litbang.deptan.go.id/>, 7) Situs Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian dengan alamat: <http://www.pustaka.litbang.deptan.go.id/>, 8) Situs e-petani dengan alamat <http://epetani.deptan.go.id/>, 9) Situs BPTP Jabar dengan alamat <http://jabar.litbang.deptan.go.id/>, 10) Situs BPTP Jatim dengan alamat Situs: <http://jatim.litbang.deptan.go.id/>, 11) Situs BPTPH Pacet dengan alamat situs: <http://bpbtphpacet.com/>

Berdasarkan hasil analisis *content* terhadap situs Kementerian, dapat disimpulkan bahwa umumnya situs ini lebih bersifat ke arah situs organisatoris yang lebih banyak menyajikan informasi terkait dengan kegiatan organisasi. Namun demikian, situs lingkup Kementerian sudah menyajikan *content* informasi dengan muatan yang cukup komprehensif khususnya terkait dengan informasi pasar dan forum interaktif. Namun demikian, informasi pasar yang disediakan sebatas hanya informasi pasar yang terkait dengan komoditas tanaman pangan. Karena dalam penelitian ini yang dianalisis adalah *content* untuk informasi

hortikulturan bidang tanaman sayuran, maka pada banyak informasi yang belum dapat disajikan secara baik oleh situs Kementerian. Hasil ringkas analisis situs lingkup Kementerian berdasarkan kelima kategori penilaian jenis *content* dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis *content* situs Kementerian.

Kategori <i>content</i>	Skor efektivitas <i>content</i>				
	Keaktualan	Kesesuaian dengan kebutuhan	Tingkat pemecahan masalah	Antusiasme pemanfaatan <i>content</i>	Rata-rata
Berita	86,61	74,02	70,75	66,51	74,47
Informasi teknologi pertanian	79,76	73,86	77,78	68,48	74,97
Informasi pasar	45,35	65,24	50,45	34,65	48,92
Informasi penunjang	66,18	60,11	69,27	66,85	65,60
Forum interaktif	81,40	63,82	63,16	52,98	65,34
Rata-rata	71,86	67,41	66,282	57,894	65,86

Berita merupakan *content* informasi yang memiliki tingkat efektivitas yang paling tinggi dilihat dari aspek keaktualannya. Berita yang disampaikan melalui situs Kementerian sudah cukup aktual dengan masa tenggah pemberitaan kurang dari satu minggu dari waktu saat akses situs. Namun demikian, secara keseluruhan, informasi teknologi pertanian memiliki tingkat efektivitas yang paling tinggi dibandingkan dengan kategori *content* yang lainnya baik dari kesesuaiannya dengan kebutuhan pengguna, tingkat untuk pemecahan permasalahan, maupun dari aspek tingkat pemanfaatan terhadapi informasi yang diakses. Informasi teknologi pertanian yang disediakan situs Kementerian sebagian besar diakses melalui Sinar Tani dan Agritech yang disiapkan oleh Pusat Perpustakaan dan Penyebarluasan Teknologi Pertanian.

Content informasi pasar yang disediakan oleh situs Kementerian memperoleh skor rata-rata nilai efektivitas yang paling rendah dibandingkan dengan jenis *content* informasi yang lainnya. Informasi pasar yang disajikan dalam situs Kementerian sudah cukup lengkap untuk setiap jenis komoditas berdasarkan kelompok subsektor. Namun demikian, informasi pasar yang dapat diakses hanya untuk tanaman pangan dan utamanya adalah beras. Sedangkan informasi harga pasar untuk kelompok komoditas yang lain termasuk bidang hortikultura tanaman

sayuran tidak atau belum tersedia. Dengan demikian informasi harga yang disajikan dalam situs Kementerian sebagian besar tidak dapat dimanfaatkan oleh petani sayuran.

Berkaitan dengan informasi penunjang usahatani yang disediakan oleh situs Kementerian, misalnya informasi tentang cuaca dan iklim ternyata juga dianggap tidak dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan informasi yang disajikan sudah kadaluarsa yaitu di bawah tahun 2011 yang sudah sangat tidak relevan. Namun demikian, responden menyadari bahwa informasi cuaca dan iklim sangat penting untuk dimanfaatkan sebagai data dukung dalam mengatur masa tanam.

Forum interaktif yang ditawarkan oleh situs Kementerian sebenarnya cukup menarik bagi responden petani sayuran. Namun demikian, dari banyaknya forum interaktif yang disediakan yaitu, hanya satu yang dianggap bermanfaat dan cukup aktual, yaitu kontak agribisnis yang memuat daftar penawaran dan daftar permintaan. Daftar penawaran dan daftar permintaan merupakan kontak bisnis yang disediakan bagi kalangan pengusaha di sektor pertanian yang berminat untuk mempromosikan bisnis atau usahanya. Iklan tersebut akan ditayangkan oleh administrator maksimal dua bulan (terhitung dari tanggal posting). Forum interaktif lainnya yang disediakan dalam situs Kementerian adalah forum tanya jawab, *bisnis online*, forum informatika, forum konsultasi, dan forum (dialog pertanian dan forum pengaduan).

Strategi Pengembangan Sistem Informasi Pertanian Berbasis Teknologi Informasi

Dalam era perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, pada tahun 2004 Alireza Noruzi memberikan rekomendasi dalam tulisannya untuk mengaplikasikan hukum Ranganathan dalam aplikasi teknologi informasi dan komunikasi untuk pengembangan sistem informasi melalui internet atau *web* sebagai berikut:

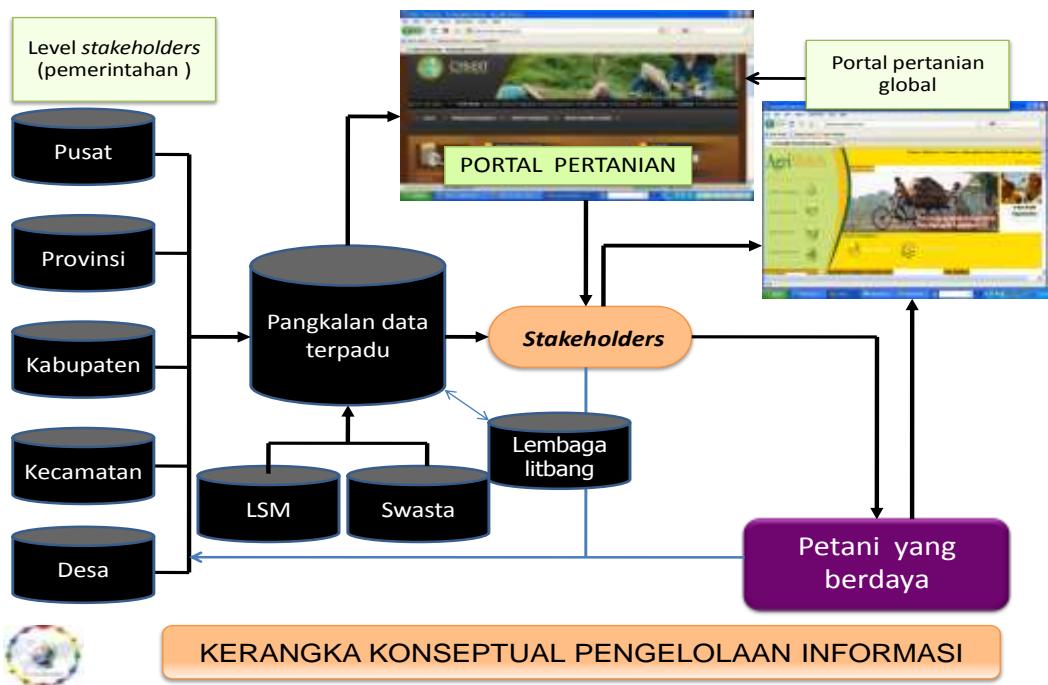
- 1. Web resources are for use.** *Website* dirancang untuk digunakan, bukan hanya sekedar untuk menarik perhatian pengguna dari jauh. Pengguna diharapkan dapat berinteraksi dengan *website*, melakukan klik di *field* yang tersedia di situs, dan melakukan hal-hal lain yang bermanfaat termasuk untuk hiburan.

2. ***Every user has his or her web resource.*** Setiap pengguna *website* harus memperoleh informasi yang dibutuhkannya. Oleh karena itu, pengelola situs harus memiliki kemampuan untuk membaca kebutuhan penggunanya yang spesifik. Untuk meningkatkan nilai guna *website* dan *awareness* pengguna terhadap *website*, perlu dilakukan kegiatan sosialisasi dan promosi *website*.
3. ***Every web resource its user.*** Substansi *website* seyogianya memiliki arti bagi penggunanya. Oleh karena itu, pengelola *website* harus senantiasa menambahkan atau memutakhirkan *content* dari *website* sehingga pengguna dapat selalu menemukan konten yang dibutuhkannya. Pastikan konten kita adalah sesuatu yang telah melalui proses identifikasi sebagai kebutuhan pengguna, dan pada saat yang sama memastikan bahwa tidak ada orang atau pihak yang dapat mengacaukan konten *website*.
4. ***Save the time of the user.*** *Website* menghemat waktu pengguna. Aplikasi hukum ini dalam situs web, memiliki dua komponen yaitu komponen *front-end* (membuat orang yakin untuk cepat menemukan apa yang mereka cari) dan komponen *back-end* (memastikan bahwa data telah disusun sedemikian sehingga dapat dilakukan proses pencarian kembali dengan cepat).
5. ***The web is a growing organism.*** *Website* adalah organisme hidup. Dengan demikian *website* perlu direncanakan dan dibangun dengan harapan bahwa situs *web* dan penggunanya akan tumbuh dan berubah dari waktu ke waktu. Demikian pula tingkat keterampilan pengelola situs juga perlu ditingkatkan.

Sebagai organisasi pembelajar, Kementerian harus memberikan kepemimpinan yang kuat dalam manajemen pengetahuan. Melampaui pengetahuan eksplisit, perpustakaan juga harus mengembangkan cara untuk menangkap semua pengetahuan yang implisit namun penting bagi penggunanya, organisasinya, dan untuk operasi internal stafnya. Situs *web* masing-masing kelembagaan harus berfungsi sebagai "**portal**" untuk semua sumber pengetahuan selektif dan relevan baik informasi dan pengetahuan eksplisit maupun yang *taxit* dalam beragam format. Istilah "**portal**" telah didefinisikan oleh Michael Looney dan Peter Lyman sebagai "alat untuk mengumpulkan berbagai sumber daya informasi yang berguna

ke dalam satu halaman tunggal yaitu *one-stop web*, sehingga dapat membantu pengguna untuk menghindari kewalahan dalam mengelola informasi dan merasa kehilangan informasi dan pengetahuan pada *web* (Michael & Peter 2000).

Salah satu skenario pembangunan portal *one-stop-web* untuk mendukung komunikasi inovasi pertanian adalah pengembangan portal terpadu informasi dan pengetahuan pertanian secara interaktif. Masing-masing kelembagaan dan *stakeholders* melalui ahli informasi mengembangkan informasi dan pengetahuan dalam berbagai bentuk dan format sesuai dengan tupoksinya dan selanjutnya dihimpun dalam mekanisme pengelolaan pangkalan data terpadu untuk dilakukan pengelolaan informasi dan pengetahuan (information and knowledge management) dan verifikasi informasi/pengetahuan yang layak *diupload* dalam portal *one stop-agricultural web*. Tantangan bagi para pengelola informasi dan pengetahuan adalah mewujudkan sarana berbagi informasi dan pengetahuan pertanian terpadu secara interaktif.



Gambar 2. Skenario pembangunan portal *one stop agricultural web* mendukung komunikasi inovasi pertanian melalui aplikasi teknologi informasi dan komunikasi.

KESIMPULAN

Manfaat yang langsung dapat dirasakan petani dalam pemanfaatan sistem informasi berbasis TI adalah untuk komunikasi, akses informasi, dan promosi usahatani serta untuk memperluas jaringan pemasaran dan membuka akses petani terhadap informasi pertanian; Faktor dominan yang mempengaruhi aksesibilitas petani terhadap sistem informasi berbasis TI (berdasarkan urutan tingkat hubungannya) adalah: pengetahuan terhadap TI, keterampilan petani dalam menggunakan TIK untuk akses pada sistem informasi berbasis TI, kepemilikan TI, pendidikan formal, umur, sikap petani terhadap pemanfaatan TI, dan status sosial. Sedangkan faktor dominan yang mempengaruhi tingkat keberdayaan petani dalam memasarkan hasil usahatani adalah intensitas menggunakan TI dan tingkat manfaat TI untuk akses informasi pertanian. Faktor dominan yang mempengaruhi tingkat keberdayaan petani dalam mengatur input adalah intensitas menggunakan TI untuk mendukung kegiatan usahatani; Konten dalam pengembangan sistem informasi pertanian berbasis TI di lingkup Kementerian dapat dikategorikan menjadi lima jenis, yaitu berita, informasi teknologi pertanian, informasi pasar, informasi penunjang, dan interaktif. Informasi pasar merupakan *content* informasi situs yang masih belum optimal dimanfaatkan karena belum mutakhir dan lengkap menyajikan informasi sesuai kebutuhan pengguna; Pengembangan sistem informasi pertanian dirancang dengan mengintegrasikan konten informasi yang berada di masing-masing lembaga, dikelola secara fungsional, dan disajikan secara komprehensif, mutakhir, dan tepat guna dalam satu muka didukung dengan strategi pemanfaatan secara *two-step flow* dalam mendukung pemberdayaan petani sayuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Dey I. 1993. *Qualitative Data Analysis: A User Friendly guide for Social Scientists*. New York: Routledge.
- Kerlinger FN. 1993. Asas-asas Penelitian Behavioral. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Noruzi, A. 2004. Application of Ranganathan's Laws to the Web. *Webology*, 1(2), Article 8. Available at: <http://www.webology.org/2004/v1n2/a8.html>

- Mulyandari, Retno SH. 2005. Alternatif Model Diseminasi Informasi Teknologi Pertanian Mendukung Pengembangan Pertanian Lahan Marginal. Prosiding Seminar Nasional Pemasyarakatan Inovasi Teknologi dalam Upaya Mempercepat Revitalisasi Pertanian dan Perdesaan di Lahan Marginal, Mataram, 30-31 Agustus 2005.
- Maureen. 2009. How Can ICTs Promote Sustainable Agriculture? <http://www.citizenjournalismAfrica.org/blog/%5Buser%5D/05-aug-2009/1856>
- Moleong, Lexy J. 1991. Metodologi Penelitian Kualitatif. Remaja Rosda Karya, Bandung.
- Rakhmat, J. 2008. Psikologi Komunikasi. PT Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Sarwono S W. 1984. *Teori-Teori Psikologi Sosial*. Jakarta: Rajawali Press.
- Sumardjo. 1999. Transformasi Model Penyuluhan Pertanian Menuju Pengembangan Kemandirian Petani. Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Taragola, N., D. Van Lierde, E. Gelb. 2009. Information and communication Technology (ICT) adoption in Horticulture: comparison of the EFITA, ISHS, and ILVO questionnaires. [terhubung berkala] 26 Agustus 2009.

**TEKNOLOGI SEPARASI BAHAN AKTIF TEMULAWAK
MENGGUNAKAN BIOPOLIMER TERMODIFIKASI BERBASIS
LIMBAH PRODUKSI SAGU**

(Separation Technology of Java Turmeric Active Compound using Modified Biopolymer from Sago Waste)

Tun Tedja Irawadi^{1,2)}, Henny Purwaningsih^{1,2)}, Djarot S Hami Seno^{1,3)}

¹⁾Laboratorium Terpadu IPB, ²⁾Dep. Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, IPB,

³⁾Dep. Biokimia, Fakultas Matematika dan IPA, IPB

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi tanaman obat herbal yang besar, namun penggunaannya masih sebagai jamu tradisional, yang secara ekonomis nilainya jauh lebih rendah dibandingkan setelah menjadi obat/produk murni. Sementara itu, potensi biopolimer dari limbah sagu sangat berlimpah di Indonesia (~7 juta ton/tahun), dan akan meningkat jika sagu telah dibudidayakan. Hasil studi awal menunjukkan bahwa biopolimer termodifikasi dari limbah sagu dapat memisahkan bahan aktif dari kunyit. Pada penelitian ini, modifikasi dilakukan menggunakan teknik *grafting* dan *crosslinking* menggunakan monomer akrilamida dan *N,N*-metilena-*bis*-akrilamida sebagai *crosslinker*. Uji kinerja material separator dilakukan untuk pemisahan komponen aktif ekstrak kasar temulawak. Prototipe material separator dengan *backbone* isolat serabut ampas sagu lebih stabil terhadap pelarut organik dibandingkan prototipe dengan *backbone* dari ampas sagu. Prototipe material separator dengan *backbone* isolat serabut ampas sagu mampu memisahkan ekstrak kasar temulawak dengan teknik kromatografi konvensional. Jumlah *crosslinker* dan rasio monomer:isolat yang memberikan pemisahan terbaik untuk ekstrak temulawak adalah 0,1 g dan 50:50. Prototipe material separator yang layak diteleti lebih lanjut adalah material separator dengan *backbone* berasal dari isolat serabut ampas sagu dengan metode isolasi menggunakan HCl 3%, dilanjutkan dengan *pulping* dengan NaOH 20%, kemudian delignifikasi menggunakan H₂O₂ 5%.

Kata kunci: Temulawak, sagu, kopolimerisasi, separasi, bioaktif.

ABSTRACT

Indonesia has many potential herbal plants, however their utilizing are still as traditional medicine (jamu), of which the economic value is much lower compare to drug/pure products. Meanwhile, the amount of sago waste is abundance in Indonesia, estimated 7 million tons/year, and will significantly increase when this plant has been well cultivated. Preliminary studies have showed that modified biopolymer from sago waste was able to separate the active compound of turmeric. In this research, sago waste biopolymer was modified by grafting copolymerization and crosslinking using acrylamide as monomer and *N,N*-methylene-*bis*-acrylamide as crosslinker. Performance test was conducted for the separation of the active components of crude extracts of java turmeric. Separator material with a backbone from sago waste fibers was more stable against organic solvents compared with sago waste. Separator material with sago waste fiber backbone was capable for separating the crude extract of java turmeric using conventional chromatographic techniques. The amount of crosslinker and monomer:backbone ratio that gave the best separation was 0,1 g and 50:50, respectively. The separator material that is worthy for further study was material separator with sago waste fibers backbone which was isolated using HCl 3%, followed by pulping with NaOH 20%, then delignification using H₂O₂ 5%.

Keywords: Java turmeric, sago, copolymerization, separation, bioactive.

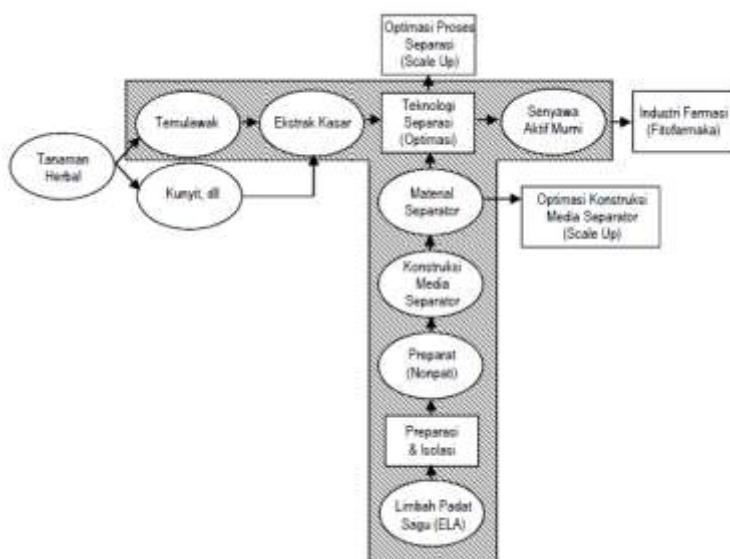
PENDAHULUAN

Potensi Indonesia sebagai sumber tanaman herbal sangat besar. Kebutuhan akan ekstrak herbal (seperti ekstrak temulawak) yang murni sebelum diaplikasikan sebagai bahan fitofarmaka dan berbagai obat-obatan modern mendorong pengembangan teknologi proses separasi/pemurnian. Material separator dengan daya resolusi tinggi sangat diperlukan untuk pemurnian ekstrak temulawak. Resolusi spesifik dapat dicapai jika kolom berdasarkan interaksi afinitas. Namun kolom kromatografi afinitas melibatkan senyawa protein (enzim, reseptor, antibodi, dsb.) yang rentan sehingga waktu penggunaannya pendek. Oleh karena itu, diperlukan material separator yang tidak rentan dan dapat digunakan lebih lama.

Senyawa polisakarida dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan material separator. Senyawa ini banyak terkandung dalam limbah produksi hasil pertanian seperti ampas sagu (ela). Jumlahnya yang besar dan pemanfaatannya yang belum maksimal menjadikan ela sebagai bahan dasar material separator yang potensial untuk dikembangkan. Rekayasa terhadap polisakarida ela melalui teknik *grafting* dan *crosslinking* perlu dilakukan untuk meningkatkan resolusi dan efisiensi pemisahan melalui sistem multigugus fungsi. Selain itu, adanya *crosslinking* juga dapat membantu separasi melalui efek sterik, di samping memberikan kontribusi terhadap stabilitas material separator sehingga lebih tahan dan dapat diregenerasi ulang. Umumnya, material separator konvensional berbasis pada penggunaan satu jenis gugus fungsi yang bertindak sebagai tapak dimana proses pemisahan terjadi. Pada penelitian ini, material separator yang dikonstruksi melibatkan multigugus fungsi (-OH, -COOH, -COONH₂, dsb.) yang diharapkan dapat meningkatkan resolusi dan efisiensi pemisahan melalui sistem multipartisi. Teknik *graft-crosslink copolymerization* terhadap komponen polisakarida nonpati dari limbah sagu yang dipadu dengan proses hidrolisis parsial, memungkinkan diperoleh material separator dengan multigugus fungsi tersebut di atas.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian payung terkait tanaman herbal dan pemanfaatan limbah padat sagu sebagai media separator dengan *roadmap* sebagaimana tersaji pada Gambar 1. Konstruksi material separator

melibatkan penggunaan monomer akrilamida dan *N,N'*-metilena-bis-akrilamida sebagai *crosslinker*. Keberhasilan rekayasa dipantau melalui teknik spektroskopi, mikroskopi, dan analisis termal. Pra-uji kinerja material separator dievaluasi untuk pemisahan komponen aktif dari ekstrak temulawak menggunakan teknik kromatografi. Uji kinerja material separator pada kolom HPLC (*high performance liquid chromatography*) dilakukan sebagai langkah awal untuk menguji kualitas pengemasan kolom.



Keterangan: ■ = Riset yang dilakukan pada penelitian ini

Gambar 1. *Roadmap* penelitian pemurnian senyawa aktif dari tanaman Herbal menggunakan media separator yang dimodifikasi dari limbah padat sagu (ELA).

METODE PENELITIAN

Rancangan Riset

Material separator dikonstruksi dari bahan alami (polisakarida nonpati) limbah produksi sagu sebagai rantai molekul utama dan bahan sintetik berupa senyawaan akrilamida sebagai bahan *grafting* (rantai samping) dan *crosslinking* (taut silang). Dengan teknik *graft-crosslink copolymerization* terhadap komponen polisakarida nonpati dari limbah produksi sagu yang dipadu dengan proses hidrolisis parsial, memungkinkan diperoleh material separator dengan multigugus fungsi yang diharapkan dapat memisahkan campuran kompleks dalam ekstrak

temulawak, terutama komponen kurkuminoid dan xanthorizol, dengan resolusi dan efisiensi yang tinggi.

Bahan dan Alat

Bahan baku berupa hasil samping ekstraksi pati sagu diperoleh secara acak dari industri penghasil sagu rakyat di Halmahera Barat. Perekasi utama yang digunakan adalah monomer akrilamida dan *crosslinker* *N,N'*-metilena-bis-akrilamida (berasal dari E-Merck). Perekasi lain yang digunakan juga berasal dari E-Merck yang langsung dapat dipakai tanpa preparasi terlebih dulu.

Prosedur Penelitian

Preparasi Bahan baku dan Isolasi Polisakarida Nonpati. Bahan baku berupa hasil samping ekstraksi pati sagu diambil dari industri rakyat dengan cara acak, sampel dihaluskan 100 mesh dan digabungkan secara homogen. Bahan baku yang telah mengalami perlakuan tersebut terlebih dahulu dikarakterisasi melalui analisis komposisi berbagai komponen penyusunnya seperti: karbohidrat, protein, lemak, mineral, dan air dengan mengacu pada metode standar (AOAC 2005). Komposisi kimia berupa selulosa, holoselulosa, hemiselulosa, lignin, dan bahan ekstraktif juga ditentukan (TAPPI Standard 1961; ASTM 1981). Isolasi polisakarida nonpati dilakukan dengan mengacu pada metode isolasi selulosa Sun *et al.* (1999). Beberapa modifikasi dilakukan terkait konsep perekasi ramah lingkungan seperti penggunaan perekasi H_2O_2 pada tahap delignifikasi menggantikan senyawaan klorin yang berbahaya.

Konstruksi Material Separator. Konstruksi material separator dilakukan dengan teknik *graft-crosslink copolymerization* secara radikal bebas, mengacu pada metode Cai *et al.* (1999) dalam atmosfer inert (menggunakan gas nitrogen). Monomer yang digunakan adalah jenis akrilamida, sedangkan sebagai inisiator dan *crosslinker* berturut-turut adalah ammonium persulfat dan *N,N'*-metilena-bis-akrilamida.

Uji Kinerja dan Seleksi Prototipe. Uji kinerja dilakukan terhadap berbagai prototipe material separator yang dihasilkan. Sebagai bahan uji dimulai dari campuran senyawa murni kurkuminoid dan xanthorizol dan dilanjutkan dengan ekstrak kasar temulawak. Teknik kemasan dari material separator dibuat dalam

bentuk kolom. Berbasis data uji kinerja, seleksi dilakukan untuk memperoleh prototipe terbaik.

Optimasi dan Validasi Proses Konstruksi Prototipe Terbaik.

Optimalisasi dilakukan dengan mempertimbangkan parameter fisikokimia proses sebagai variabel seperti: konsentrasi dan jenis monomer, jumlah inisiator, jumlah *crosslinker*, volume medium, suhu dan waktu reaksi, sebagai fungsi kemampuan absorpsi air. Rancangan percobaan yang akan digunakan adalah dengan cara berjenjang, yakni dimulai dengan proses penyaringan dengan menggunakan rancangan faktorial dilanjutkan dengan proses optimasi menggunakan teknik *respon surface* (desain *central composite*) berbantuan perangkat lunak Modde 5. Validasi dilakukan melalui parameter *repeatability*, *reproducibility*, *robustness* dan *ruggedness* mengacu ke metode Wegscheider (1996).

Pencirian. Pencirian dilakukan terhadap preparat polisakarida nonpati untuk mengevaluasi keberhasilan tahapan isolasi serta prototipe material separator untuk memantau keberhasilan tahapan rekayasa molekul preparat. Pencirianya meliputi analisis morfologi permukaan dengan teknik SEM, profil gugus fungsi melalui spektrum inframerah, dan analisis termal digunakan sebagai pembanding sekaligus sebagai data pantau keberhasilan tahapan rekayasa molekul preparat. Keberhasilan konstruksi dipantau secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan paduan teknik *fourier transform infrared (FTIR) spectrometric* dan gravimetrik. menggunakan parameter rasio *grafting*, efisiensi *grafting*, dan derajat *crosslinking* (melalui nilai koefisien *swelling* terhadap air) (Mostafa *et al.* 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan dan Preparasi Contoh

Limbah padat ekstraksi pati sagu berupa ampas sagu (ela) diperoleh dari UD. Berlian Khatulistiwa, Kec. Jailolo, Halmahera Barat. UD. Berlian Khatulistiwa adalah salah satu penerima hibah UKM dari Dinas Koperasi dan UKM, Halmahera Barat. Ampas sagu yang diperoleh dari proses pengolahan pati sagu berupa padatan basah berwarna kuning kecoklatan dengan tekstur sedikit kasar disertai serabut-serabut kecil dan agak berbau (Gambar 2a). Hal yang sama

juga dilaporkan oleh Silahooy (2006) terkait dengan sifat fisik ampas sagu ini. Ampas sagu diambil secara acak dan segera dikeringkan di bawah sinar matahari. Apabila ampas sagu tidak langsung dikeringkan, jamur akan segera tumbuh. Penanganan yang tidak tepat menyebabkan sampel ampas sagu menjadi rusak.



Gambar 2. Ampas sagu (a) dan serabut ampas sagu (b).

Ampas sagu dalam keadaan basah memiliki kadar air yang tinggi (40.60%). Oleh karena itu, untuk dapat disimpan dalam waktu lama maka ampas sagu harus dikeringkan sehingga kadar airnya mencapai $\leq 10\%$. Tahap berikutnya adalah *particle sizing* dengan ukuran ± 200 -300 mesh.

Selain menggunakan ampas sagu sebagai bahan baku untuk menghasilkan material separator, penelitian ini juga menggunakan bagian serabut dari ampas sagu tersebut (Gambar 2b). Berdasarkan penelitian pendahuluan, serabut ampas sagu berpotensi sebagai bahan baku material separator. Hal ini didukung oleh analisis komponen kimia yang terkandung dalam serabut ampas sagu yang menunjukkan serabut ampas sagu memiliki kandungan α -selulosa cukup tinggi, yaitu (41.47%).

Isolasi dan Pencirian Polisakarida Nonpati Ampas Sagu

Untuk memperoleh polisakarida nonpati ampas sagu, contoh ampas sagu mengalami berbagai perlakuan untuk menghilangkan bahan-bahan seperti bahan ekstraktif (malam, lemak), pati, dan lignin (Sun *et al.* 1999). Penghilangan bahan ekstraktif dilakukan dengan ekstraksi menggunakan campuran etanol 95% dan toluena (modifikasi ASTM D 1105-56). Selain itu, sampel ampas sagu juga memiliki kadar pati yang cukup tinggi (47.03%), sehingga perlu dilakukan tahapan untuk menghilangkan pati. Untuk penghilangan pati dilakukan dengan menggunakan air panas (Metode A), tetapi penggunaan air panas tidak efektif dan

tidak efisien karena jumlah air panas yang dibutuhkan cukup banyak dan waktu yang lama agar contoh ampas sagu tersebut bebas dari pati. Oleh karena itu, penghilangan pati dilakukan dengan cara hidrolisis menggunakan larutan asam encer (HCl 3%) (Metode B). Namun demikian, menurut Achmadi (1990), selain dapat menghidrolisis pati, larutan asam encer dapat juga menghilangkan sebagian hemiselulosa dan sedikit selulosanya. Setelah sampel dipastikan bebas pati melalui uji iod, kemudian sampel dibuat menjadi pulp dengan perlakuan basa selanjutnya didelignifikasi menggunakan pereaksi H_2O_2 .

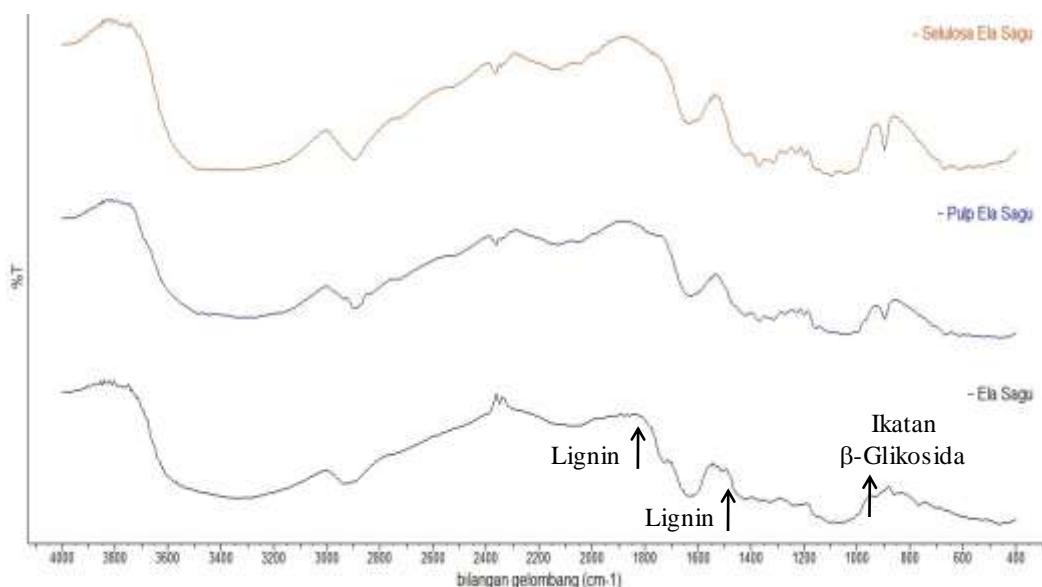
Fokus utama tahap isolasi pada ampas sagu adalah menghilangkan komponen pati yang masih banyak bercampur bersama-sama dengan serabut, sedangkan contoh serabut ampas sagu adalah menghilangkan senyawa ligninnya. Kandungan lignin serabut ampas sagu adalah 31,09%. Oleh karena itu, tahap delignifikasi pada serabut ampas sagu menggunakan konsentrasi H_2O_2 yang lebih tinggi, yaitu 5% dan waktu delignifikasi yang relatif lebih lama dibandingkan delignifikasi pada ampas sagu. Analisis komponen kimia yang dilakukan terhadap contoh awal ampas dan serabut ampas sagu dengan komponen kimia hasil isolasi menunjukkan adanya peningkatan kandungan α -selulosa dan penurunan kandungan lignin (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis komponen kimia ampas sagu dan serabut.

Parameter	Ela Sagu (%)		Serabut (%)		Metode Analisis
	Awal	Isolat	Awal	Isolat	
α -Selulosa	22,45	72,80	41,47	86,79	TAPPI standard T 203 os-61
Holoselulosa	33,63	90,87	70,63	93,57	TAPPI standard T 9 m-51
Hemiselulosa	11,18	18,07	29,16	6,78	By difference of holocellulose & alfa-cellulose
Lignin	11,52	1,62	31,09	0,37	TAPPI standard T13 m-45

Keberhasilan tahap isolasi polisakarida nonpati ampas sagu dipantau menggunakan teknik spektroskopi FTIR. Spektrum FTIR ampas sagu menunjukkan adanya serapan $-OH$ regangan ($3750\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$) yang lebar, C-H regangan ($\sim 2931\text{ cm}^{-1}$), cincin aromatik ($2200\text{-}2000\text{ cm}^{-1}$), gugus karbonil ($\sim 1600\text{ cm}^{-1}$), dan serapan C-H aromatik (834 cm^{-1}). Serapan pada 2931 cm^{-1} dan 1020 cm^{-1} berturut-turut adalah serapan karakteristik untuk selulosa (Liu *et al.* 2009)

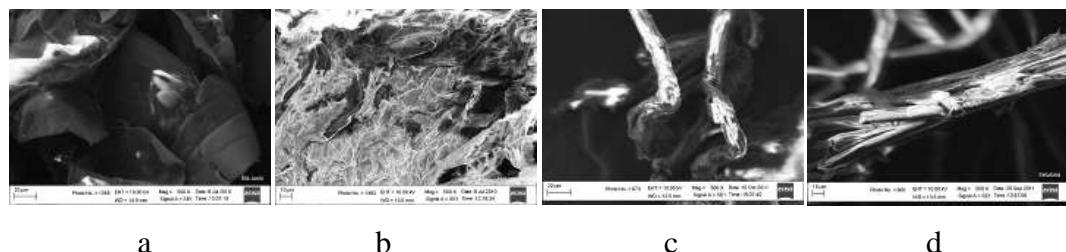
dan ikatan β -1,4-glikosida selulosa pada 890 cm^{-1} (Liu *et al.* 2009). Serapan pada bilangan gelombang sekitar 1600 cm^{-1} (gugus C=O) yang cukup tajam menunjukkan keberadaan senyawaan karbonil, termasuk pati dan lignin terikat (Sun *et al.* 2004). Serapan pada bilangan gelombang $1950\text{-}2200\text{ cm}^{-1}$ dan 834 cm^{-1} (gugus aromatik) menunjukkan keberadaan lignin (Huang *et al.* 2009). Akibat perlakuan pada tahap isolasi, kedua serapan ini menjadi lemah. Hal ini mengindikasikan berkurangnya kandungan pati dan lignin dalam contoh (Gambar 3).



Gambar 3. Pemantauan keberhasilan tahap isolasi dengan FTIR

Pencirian menggunakan SEM dilakukan untuk melihat morfologi permukaan antara ampas sagu dan isolat polisakarida, yakni fraksi holoselulosa dan selulosa. Mikrograf menunjukkan adanya serat pada holoselulosa (Gambar 4b) dan selulosa (Gambar 4c) yang tidak terlihat pada ampas sagu (Gambar 4a). Pati dan lignin yang terdapat di dalam contoh ampas sagu mendominasi permukaan ampas sagu sehingga tidak nampak bentuk serat pada permukaannya. Selain itu, senyawa lignin di dalam dinding sel tumbuhan terikat pada hemiselulosa di lapisan atas permukaan dinding sel (Sun *et al.* 2004). Ikatan antara lignin dan hemiselulosa diputus melalui proses delignifikasi. Permukaan berserat tampak pada permukaan fraksi holoselulosa yang dihasilkan setelah penghilangan pati dan lignin (Gambar 4b). Serat dan pori-pori terlihat lebih

banyak pada selulosa bila dibandingkan dengan holoselulosa, karena perlakuan dengan basa akan menghilangkan senyawa hemiselulosa. Untuk mikrograf isolat selulosa serabut (Gambar 4d) menunjukkan kumpulan-kumpulan serat/fibril dengan panjang yang berbeda-beda berkisar antara 10^2 - 10^3 μm . Pada mikrograf 4c, panjang serat isolat selulosa ampas sagu lebih pendek dari isolat serabut. Akan tetapi, diameter dari kedua isolat tersebut hampir sama, yaitu sekitar 20 μm .



Gambar 4. Foto SEM ampas sagu (a), holoselulosa ampas sagu (b), selulosa ampas sagu (c), dan selulosa serabut ampas sagu.

Konstruksi dan Pencirian Material Separator

Factor dan Level Screening dalam Konstruksi Material Separator

Hasil analisis statistik dari rancangan *fractional factorial* konstruksi material separator menggambarkan bahwa ketiga faktor, yaitu monomer akrilamida, *crosslinker* metilena-bis-akrilamida (MBAm), dan inisiator ammonium persulfat (APS), berpengaruh nyata pada tingkat kepercayaan 90% dan model kuadratik (*curvature*) menunjukkan nilai probabilitas <0.05 . Hal ini menunjukkan bahwa level yang digunakan telah memenuhi untuk dilanjutkan ke proses optimasi dengan model kuadratik seperti *RSM-central composite design*. Profil 3D berbentuk *curvature* dari *factor* dan *level screening* dalam konstruksi material separator, memperkuat kesimpulan bahwa *factor* dan *level* yang digunakan dalam *screening* dapat dilanjutkan ke proses optimasi.

Optimasi Proses Konstruksi Material Separator

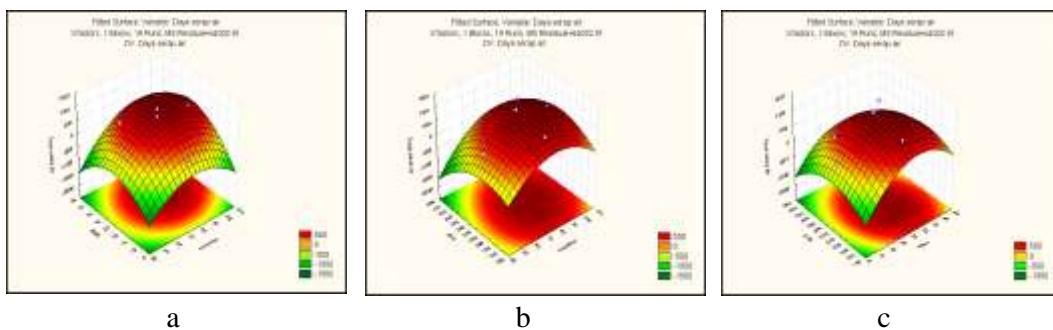
Pada tahapan ini, dilakukan juga optimasi proses konstruksi material separator dengan faktor adalah nisbah *backbone*:monomer, jumlah inisiator, dan jumlah *crosslinker*. Keberhasilan proses konstruksinya dipantau melalui kemampuan *swelling capacities*-nya terhadap pelarut. Dalam hal ini, pelarut yang digunakan adalah air.

Model matematik untuk proses konstruksi material separator adalah

$$Y=844.35+186.08*X_1-166.49*X_1^2+124.28*X_2-248.4*X_2^2+120.96*X_3-145.52*X_3^2+62.381*X_1*X_2+53.144*X_1*X_2-33.260*X_2*X_3$$

(X_1 =konsentrasi monomer; X_2 =jumlah MBA; X_3 =jumlah APS)

Titik optimal dari persamaan tersebut diperoleh sebagai berikut: konsentrasi monomer sebesar 83.51% dari total jumlah monomer dan *backbone*, jumlah *crosslinker* metilena-bis-akrilamida (MBA) sebesar 28,4 mg, dan jumlah inisiator amonium persulfat (APS) sebesar 232,4 mg.



Gambar 5. a) Pengaruh jumlah *crosslinker* dan monomer terhadap *swelling capacities*,
b) Pengaruh jumlah inisiator dan monomer terhadap *swelling capacities*,
c) Gambar 7 Pengaruh jumlah inisiator dan *crosslinker* terhadap *swelling capacities*.

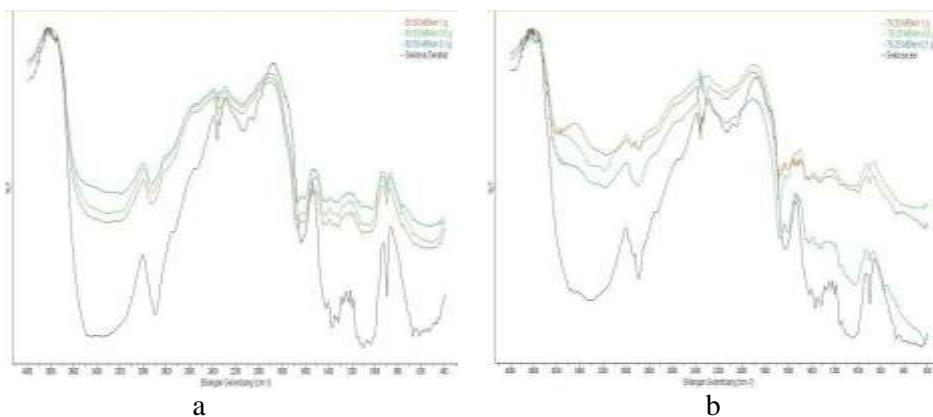
Gambar 5a, 5b, dan 5c menunjukkan grafik interaksi antara jumlah *crosslinker* (MBA) dan jumlah monomer; jumlah inisiator terhadap monomer, dan jumlah inisiator terhadap *crosslinker* terhadap *swelling capacities*. Peningkatan jumlah *crosslinker* dan monomer akan meningkatkan *swelling capacities* secara kuadratik. Pengaruh yang sama juga ditunjukkan oleh Gambar 5b dan 5c.

Karakterisasi Material Separator

Karakterisasi yang dilakukan terhadap proses konstruksi prototipe material separator dipantau melalui teknik spektroskopi IR (Gambar 6a dan 6b).

Karakterisasi dengan teknik spektroskopi FTIR menunjukkan bahwa konstruksi material separator dari kedua bahan telah berhasil dilakukan. Hal ini ditandai dengan munculnya serapan puncak baru di sekitar bilangan gelombang $1600-1700\text{ cm}^{-1}$ (serapan amida) dan $3200-3300\text{ cm}^{-1}$ (serapan N-H). Spektrum IR pada Gambar 6a menunjukkan bahwa isolat selulosa dari serabut dan produk hasil

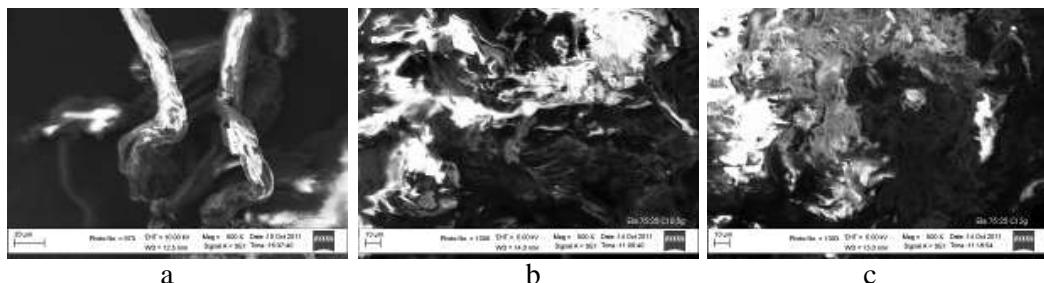
grafting-nya memiliki perbedaan intensitas dan munculnya serapan amida pada produk *grafting*-nya. Serapan produk *grafting* lebih rendah, jika dibandingkan dengan serapan isolat selulosa serabut asalnya. Peningkatan jumlah *crosslinker* MBAm membuat struktur produk *grafting* lebih saling tertaut dan akan meningkatkan intensitas serapan. Sementara itu, spektrum IR pada Gambar 6b menunjukkan bahwa isolat selulosa dan produk *grafting* dari elai sagu berbeda dengan isolat dan produk *grafting* dari serabut. Produk *grafting* dari elai sagu menunjukkan hadirnya serapan amida dan serapan produk *grafting* lebih rendah dari serapan isolat elai sagu. Namun demikian, kenaikan intensitas serapan akibat penambahan *crosslinker* pada produk *grafting* elai sagu tidak teratur. Hal ini diduga karena perbedaan panjang rantai karbohidrat dari isolat selulosa elai sagu dan serabut sehingga posisi yang tersedia untuk *grafting* dan *crosslinking* pada kedua isolat juga berbeda.



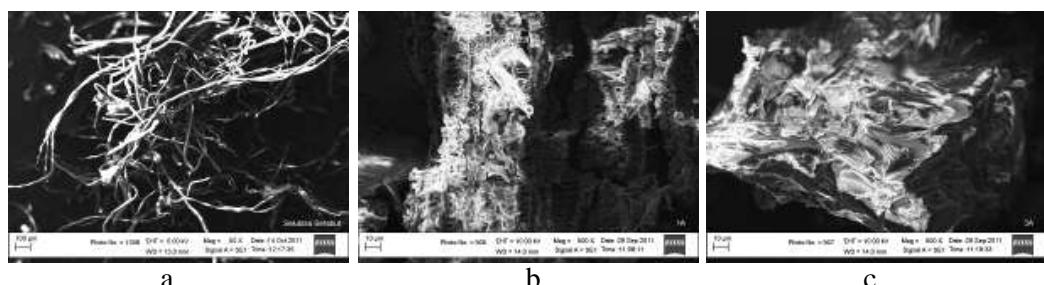
Gambar 6. Spektra FTIR isolat polisakarida dan prototipe material separator serabut (a) dan elai sagu (b) dengan variasi jumlah *crosslinker*.

Karakterisasi juga dilakukan dengan melihat morfologi permukaan dari isolat polisakarida bahan dan produk material dengan mikroskop elektron. Isolat polisakarida yang dihasilkan dari elai sagu (Gambar 7a) berbentuk fibril dengan ukuran diameter fibril kira-kira $20\text{ }\mu\text{m}$ dan panjang berkisar $10^2\text{-}5\times 10^2\text{ }\mu\text{m}$. Gambar 7b dan 7c menunjukkan morfologi permukaan dari material separtor elai sagu. Pada Gambar tersebut bentuk fibril dari isolat polisakarida sudah tidak tampak lagi. Hal ini membuktikan bahwa telah terjadi modifikasi pada permukaan isolat polisakarida elai sagu. Semakin meningkatnya jumlah *crosslinker*, maka

celah yang terdapat pada permukaan material separator semakin rapat (Gambar 7c).



Gambar 7. Foto SEM isolat polisakarida (a) dan material separator ela sagu dengan MBAm 0,5 g (b) dan MBAm 2 g (c).



Gambar 8. Foto SEM isolat polisakarida (a) dan material separator serabut dengan MBAm 0,1 g (b) dan MBAm 2 g (c).

Gambar 8a menunjukkan isolat polisakarida dari serabut. Pada gambar ini bentuk fibril dari isolat polisakarida tampak sangat jelas. Diameter fibril isolat polisakarida serabut hampir sama dengan diameter fibril dari isolat polisakarida ela sagu, yaitu sekitar $20 \mu\text{m}$. Sementara itu, isolat polisakarida serabut memiliki panjang fibril yang lebih panjang dari isolat polisakarida ela sagu, yaitu berkisar 10^2 - $10^3 \mu\text{m}$. Foto morfologi permukaan ini juga sesuai dengan derajat polimerisasi (DP) dari kedua isolat tersebut. Pada isolat polisakarida ela sagu diperoleh DP = 54, sedangkan isolat polisakarida serabut memiliki DP = 165. Gambar 8b dan 8c menunjukkan morfologi permukaan dari material separator serabut. Pertambahan jumlah *crosslinker* menunjukkan perubahan morfologi yang cukup signifikan. Pada jumlah *crosslinker* yang sedikit (Gambar 8b), masih terdapat celah-celah pada permukaan yang berbentuk seperti jaring, namun jika *crosslinker* ditambah (Gambar 8c) permukaan tidak lagi berbentuk jaring dengan banyak celah, melainkan mengkerut dan celah yang terdapat di permukaan sudah tidak tampak lagi.

Pra-Uji Kinerja Material Separator

Uji Ketahanan Material Separator terhadap Pelarut

Untuk melihat adanya interaksi antara material separator dan pelarut (eluen) yang akan digunakan dalam teknik pemisahan kromatografi maka dilakukan uji ketahanan material separator tersebut pada berbagai pelarut. Uji ketahanan ini dipantau melalui indeks bias pelarut yang digunakan. Hasil yang diperoleh menunjukkan material separator yang berasal dari serabut memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap pelarut organik yang digunakan dibandingkan dengan material separator yang berasal dari ampas/ela sagu. Berdasarkan data indeks bias tersebut, pelarut tunggal aseton dan etanol tidak dapat digunakan sebagai pelarut (eluen) dalam sistem kromatografi yang menggunakan material separator berbasis ela sagu, karena menunjukkan adanya interaksi antara material separator dan pelarut. Sementara itu, pada material separator berbasis serabut, pelarut tersebut masih dapat digunakan.

Berdasarkan nilai indeks bias pelarut di atas maka pelarut tunggal yang dapat digunakan untuk mengelusi adalah metanol, heksana, etil asetat, dan toluena. Namun demikian, pada kajian lanjut di pra-uji kinerja material separator, pelarut yang digunakan adalah metanol, heksana, dan etil asetat. Pelarut toluena tidak digunakan dengan alasan keamanan dan keselamatan dalam penggunaan pelarut tersebut. Selain menggunakan 3 pelarut tunggal tersebut di atas, elusi pada teknik kromatografi juga menggunakan campuran pelarut dengan berbagai komposisi.

Pra-uji Kinerja sebagai Fasa Stasioner

Pra-uji kinerja material separator dilakukan dengan menggunakan 2 prototipe material separator sebagai fasa stasioner pada kromatografi konvensional, yaitu kromatografi kolom. Material separator dikemas di dalam kolom, selanjutnya digunakan untuk memisahkan ekstrak kasar temulawak. Pemisahan dillakukan dengan gradien elusi. Pelarut yang digunakan untuk mengelusi ekstrak kasar temulawak berturut-turut adalah heksana, kemudian campuran heksana:etil asetat (3:1, 1:1, 1:3), etil asetat, dan yang terakhir dengan pelarut metanol. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya pemisahan pada kolom dengan fasa stasioner dari berbagai prototipe material separator berbasis

ampas sagu. Fraksi-fraksi yang diperoleh pada saat ditampung untuk dilihat pola pemisahannya menggunakan HPLC.

Pencirian Hasil Fraksinasi

Hasil KLT menunjukkan untuk setiap fraksi No 1 yang dihasilkan dari 3 jenis material separator (a=material separator dengan MBAm 0,1g; b=MBAm 0,5g; dan c=MBAm 1 g) menghasilkan 3 spot. Fraksi 1 diperoleh dari eluen heksana. Untuk fraksi berikutnya yang diperoleh melalui gradien elusi dari kromatografi kolom tidak menunjukkan adanya spot. Hal ini menunjukkan ekstrak kasar temulawak telah terfraksinasi oleh kolom berbasis limbah pengolahan sagu. Berdasarkan hasil KLT ini, selanjutnya dilakukan pencirian fraksi 1 dengan HPLC. Hasil fraksinasi dari kolom kromatografi dikarakterisasi menggunakan HPLC.

Kromatogram yang diperoleh menunjukkan bahwa material separator yang berasal dari limbah pengolahan sagu berpotensi sebagai fasa stasioner dalam pemisahan ekstrak kasar temulawak menggunakan teknik kromatografi kolom. Kromatogram ekstrak kasar temulawak masih menunjukkan banyak puncak dan bertumpuk. Ekstrak kasar temulawak mengandung senyawa kurkuminoid (1,6-2,2%) dan minyak atsiri (1,48-1,63%). Kromatogram fraksi 1 dari pelarut heksana menunjukkan puncak yang jumlahnya mulai tereliminasi. Selanjutnya pada fraksi 2 dan 3 dengan pelarut yang sama sudah tidak ditemukan lagi puncak di kromatogram. Hal ini membuktikan bahwa material separator berbasis serabut elai mampu memfraksinasi ekstrak kasar temulawak. Berdasarkan analisis secara kualitatif terhadap waktu retensi dari puncak pada kromatogram, fraksi 1 dengan pelarut heksana mengandung senyawa xanthorizol ($t_R = 4.2$), yaitu salah satu komponen minyak atsiri yang dapat diekstrak dari rimpang temulawak.

Uji Kinerja Material Separator

Sebagai langkah awal mengevaluasi kinerja material separator berbasis limbah pengolahan sagu dicobakan toluena untuk mengamati model signal yang dihasilkan oleh material separator. Material separotor dikemas pada kolom kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) dengan panjang 74 mm dan ID 4.6 mm

Fungsi percobaan hanyalah untuk menguji kualitas pengemasan kolom. Hasil yang diperoleh menunjukkan puncak tunggal dengan bentuk yang cukup representatif.

KESIMPULAN

Bahan baku yang dapat digunakan untuk menghasilkan *backbone* material separator berasal dari ampas sagu dan serabut ampas sagu; Prototipe material separator dengan *backbone* isolat serabut ampas sagu lebih stabil terhadap pelarut organik dibandingkan prototipe dengan *backbone* dari ampas sagu; Prototipe material separator dengan *backbone* isolat serabut ampas sagu mampu memisahkan ekstrak kasar temulawak dengan teknik kromatografi konvensional; Jumlah *crosslinker* dan rasio monomer:isolat yang memberikan pemisahan terbaik untuk ekstrak temulawak adalah 0,1 g dan 50:50; Prototipe material separator yang layak diteliti lebih lanjut adalah material separator dengan *backbone* berasal dari isolat serabut ampas sagu dengan metode isolasi menggunakan HC1 3%, dilanjutkan dengan *pulping* dengan NaOH 20%, kemudian delignifikasi menggunakan H₂O₂ 5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kementerian Riset dan Teknologi melalui Program Hibah Riset Terapan (tahun ke-1 No. 021/RT/D.PSI PTN/Insentif/PPK/I/2010 dan tahun ke-2 No.1.10.04/SEK/IR/PPK/I/2011); Kepala Laboratorium Kimia Terpadu IPB atas fasilitas laboratorium penelitian, penggunaan HPLC dan spektrometer FTIR; Kepala Laboratorium Terpadu Puslitbanghutan atas penggunaan SEM dan analisis komponen kimia

DAFTAR PUSTAKA

Achmadi SS. 1990. *Kimia Kayu*. Bogor:PAU Hayati IPB

[AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. 2005. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Ed ke-18. Maryland: AOAC International.

- Lanthong P, Nuisin R, Kiatkamjornwong S. 2006. Graft copolymerization, characterization, and degradation of cassava starch-g-acrylamide/itaconic acid superabsorbents. *Carbohydrate Polymers*. 66:229-245.
- Mostafa KM, Samerkandy AR, El-sanabay. 2007. Modification of Carbohydrate Polymers Part 2: Grafting of Methacrylamide onto Pregelled Starch Using Vanadium-mercaptosuccinic Acid Redox Pair. *J Appl Sci Res* 3(8): 681-689.
- Silahooy C. 2006. Mungkinkah sagu dilirik lagi sebagai makanan pokok masyarakat Maluku. Di dalam: *Prosiding Lokakarya Sagu dalam Revitalisasi Pertanian Maluku*; Ambon 29-31 Mei 2006. Ambon: Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. hlm 162-166.
- Sun RC, Jones GL, Tomkinson J, & Bolton J. 1999. Fractional isolation and partial characterization of non-starch polysaccharides and lignin from sago pith. *Indus Crops and Prod.* 19:211-220.
- Sun JX, Sun XF, Zhao H, Sun RC. 2004. Isolation and characterization cellulose from sugarcane bagasse. *Polymer Degradation and Stability*. 84:331-339.
- Xie F, Yu L, Su B, Liu P, Wang J, Liu H, Chen L. 2009. Rheological properties of starches with different amylose/amyllopectin ratios. *J. Cereal Science*. 35: 1-7.

**TEKNOLOGI TRUE SHALLOT SEED (TSS) SEBAGAI BAHAN TANAM
UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS BAWANG MERAH**
(True shallot seed (TSS) technology as plant propagule to increase shallots productivity)

**Winarso Drajad Widodo¹⁾, Roedhy Poerwanto¹⁾, Nani Sumarni²⁾,
Gina Aliya Sopha²⁾**

¹⁾Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB,

²⁾Balitsa Kementerian Pertanian

ABSTRAK

Produksi bawang merah konvensional dengan penanaman umbi terus-menerus menyebabkan akumulasi patogen, terutama virus. Masalah ini dapat diatasi dengan penggunaan benih sejati bawang merah (*True Shallot Seed – TSS*). Produksi TSS di Indonesia menghadapi kendala faktor iklim, terutama fotoperiode. Kendala iklim dicoba diatasi dengan vernalisasi, giberelin (GA) dan fotoperiode. Percobaan vernalisasi (tanpa dan dengan vernalisasi) dan perlakuan GA (0, 50, 100, 200 ppm) dilakukan di rumah kaca pada tanaman dalam polybag. Perlakuan fotoperiode dilakukan dengan perlakuan fotoperiode alami (waktu tanam minggu IV Juni 2011 dan minggu IV September 2011) dan GA (0, 50, 100, 200 ppm) dilakukan di lapangan. Hasil percobaan menunjukkan vernalisasi umbi bibit 10°C selama 3 minggu merupakan penentu pembungaan bawang merah. Perlakuan GA meningkatkan persentase tanaman berbunga dua sampai tiga kali lipat pada tanaman dari umbi yang divernalisasi, tetapi tidak berpengaruh pada tanaman dari umbi tanpa vernalisasi. Hasil percobaan fotoperiode dan GA belum dapat dilaporkan secara lengkap karena masih berlangsung.

Kata kunci: Benih sejati bawang merah, fotoperiode alami, giberelin, vernalisasi.

ABSTRACT

Conventional onion production using bulbs continually leads to the accumulation of pathogens, especially viruses. This problem can be overcome by the use of true shallot seed (TSS). TSS production in Indonesia meets constraints of climate factors, especially photoperiods. Climatic constraints addressed by vernalisation, gibberellins (GA) and photoperiods. Vernalisation experiment (without and with vernalisation) and GA treatment (0, 50, 100, 200 ppm) was conducted in a greenhouse on plants in polybag. The treatment is done by natural photoperiods (planting time in fourth week of June 2011 and the fourth week of September 2011) and GA (0, 50, 100, 200 ppm) was conducted in the field experimentation. The experimental results showed THAT vernalisation of seed bulbs at 10°C for 3 weeks is a flowering determinant of shallots. GA treatment increased the percentage of plants flowering two to three times on vernalized plants, but had no effect on the plant without vernalisation. The experimental results of photoperiod and GA have not been able to be reported in full because it is still ongoing

Keywords: True Shallots Seed, natural photoperiods, gibberellins, vernalisation.

PENDAHULUAN

Penyediaan benih bermutu menjadi permasalahan tersendiri dalam budidaya bawang merah. Penyediaan bibit konvensional dengan umbi bibit, menyebabkan

terjadinya akumulasi virus dalam jaringan vegetatif sehingga dapat meningkatkan kontaminan virus. Selain itu, umbi bibit dapat membawa patogen penyakit seperti *Fusarium* sp, *Colletotrichum* sp, *Alternaria* sp dari tanaman induk sehingga dapat menurunkan produktivitas (Walkey, 1990; Permadi, 1993). Hal ini dapat diatasi dengan kultur meristem diikuti perbanyakan *invitro* (Keller *et al.*, 2000) atau dengan menggunakan kultivar yang diperbanyak dengan biji (benih sejati) (Rabinowitch dan Kamenetsky, 2002).

Penggunaan biji sebagai sumber benih bermutu memiliki beberapa kelebihan. Selain dapat mengeleminasi virus dari jaringan vegetatif, benih sejati bawang merah (*true shallot seed*) juga dapat mengurangi biaya bibit karena kebutuhan bibitnya lebih sedikit, menghasilkan tanaman yang lebih sehat karena biji relatif lebih bebas dari patogen, serta berpotensi meningkatkan hasil panen karena menghasilkan umbi dengan ukuran yang lebih besar. Banyak kultivar dapat diinduksi untuk berbunga dengan mudah serta perbanyakan benih dapat berlangsung cepat, murah dan merupakan sistem lengkap untuk mengeliminasi virus (Grubben, 1994). Selain itu perbanyakan lewat biji sangat berguna bagi pemulia dalam merakit dan menciptakan varietas unggul baru.

Fotoperiodisitas di daerah tropis seperti Indonesia cenderung konstan terutama ketika kedudukan matahari tepat berada di atas ekuator (Ekinoks) pada 21 Maret dan 23 September dengan fotoperiodisitas 12.00 – 12.17 jam. Namun terdapat perbedaan yang cukup nyata pada bulan Juni yaitu saat titik balik matahari musim panas dengan fotoperiodisitas 13.20 jam dan pada bulan Desember saat titik balik matahari musim dingin dengan fotoperiodisitas 10.56 jam (Tjasyono, 2004; Gardner *et al.*, 2002). Perbedaan fotoperiodisitas ini akan mempengaruhi pembungaan bawang merah. Bawang merah yang ditanam pada waktu tanam yang berbeda akan memberikan tanggap pembungaan yang berbeda pula. Selain waktu tanam yang berbeda pengaturan jumlah fotoperiodisitas secara buatan akan memberikan tanggap yang berbeda pula. Menurut Lewis *et al.*, (2000), fotoperiode kritis tanaman hari panjang yang diberikan melebihi waktu normal tanaman dapat menyebabkan suatu populasi tanaman berbunga penuh, berbunga lebih cepat dan menyeragamkan pembungaan. Demikian pula sebaliknya, jika fotoperiode yang diberikan lebih rendah dari waku normal yang

dibutuhkan oleh tanaman maka dapat menginduksi secara tidak lengkap atau dapat menunda waktu bebunga. Titik kritis fotoperiodisitas bawang merah belum diketahui, namun fotoperiodisitas yang pendek dapat memperlambat pembunganan pada bawang bombay dan bawang putih di daerah *temperate*, sementara fotoperiodisitas panjang dapat mendorong pembunganan dan pengumbian. Namun demikian, respon bawang merah yang merupakan tanaman yang sudah beradaptasi dengan iklim tropis terhadap fotoperiodisitas belum diketahui. Selain itu penyediaan sumber bibit pada waktu tanam *off season* masih merupakan kendala, hal ini dikarenakan daya simpan umbi bibit yang pendek. Penyediaan sumber bibit sepanjang tahun melalui produksi TSS diharapkan dapat menjawab permasalahan ini.

Selain fotoperiodisitas, menurut pertumbuhan dan pembunganan tanaman dipengaruhi zat makanan dari tanaman itu sendiri, aktivitas hormonal, dan umur tanaman. Penambahan zat pengatur tumbuh secara eksogen sering kali dilakukan untuk mengoptimalkan pertumbuhan vegetatif dan reproduktif tanaman, misalnya giberelin yang mampu mempercepat pertumbuhan dan pembunganan (Abidin, 1985; Dwidjoseputro, 1986; Lakitan, 1996). Giberelin ikut berperan dalam inisiasi pembunganan. Giberelin dapat merangsang pembunganan, dan dapat mengantikan sebagian atau seluruh fungsi temperatur rendah untuk stimulasi pembunganan (Taiz & Zeiger, 2002). Sumarni dan Sumiati (2001) melaporkan bahwa aplikasi 100 ppm GA₃ dan vernalisasi pada suhu 10°C selama 3-4 minggu dapat meningkatkan hasil biji TSS. Selain itu, dilaporkan Yursak (2003) bahwa pemberian GA₃ dengan konsentrasi 50-100 mg/l dan atau penambahan panjang hari selama 4 jam secara nyata dapat mempercepat inisiasi bunga dan meningkatkan kualitas bunga pada lili. Berdasarkan informasi di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh fotoperiodisitas, giberelin serta interaksi keduanya dalam pembunganan dan produksi TSS.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Mengetahui waktu tanam terbaik dan mengkaji kemampuan bawang merah dalam memproduksi TSS sepanjang tahun dan 2) Mengkaji pengaruh lama fotoperiodisitas dan aplikasi giberelin terhadap pembunganan dan produksi TSS.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian di laksanakan di Kebun Percobaan Margahayu Lembang Balai Penelitian Tanaman Sayuran 1250 m dpl pada bulan Juni 2011 sampai dengan Desember 2011, di Desa Sarimahi Kecamatan Ciparay Kabupaten Bandung 600 m dpl pada bulan Sepetember 2011 sampai dengan Desember 2011.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah bibit bawang merah varietas Bima, giberelin (GA_3), pupuk kandang (ayam), pupuk NPK 15-15-15, plastik transparan, plastik hitam, bambu, dan bahan pertanian lainnya. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan Sartorius, tempat vernalisasi, tempat perkecambahan dan alat pertanian lainnya.

Percobaan Vernalisasi dan Giberelin

Percobaan di laksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang, pada bulan Juni 2011 sampai dengan November 2011, dengan Rancangan Split Plot. Perlakuan vernalisasi merupakan petak utama dan perlakuan giberelin sebagai anak petak. Perlakuan vernalisasi (V) terdiri atas : V0 = tanpa vernalisasi dan V1 = vernalisasi 3 minggu pada suhu 10^0C . Sebagai anak petak adalah giberelin (G) terdiri atas : G1 = 0 (tanpa zpt), G2 = Giberelin 50 ppm, G3 = Giberelin 100 ppm dan G4 = Giberelin 200 ppm. Dari dua faktor perlakuan, diperoleh 8 kombinasi perlakuan. Perlakuan diberikan dengan tiga ulangan, maka terdapat 24 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri atas 6 polybag ukuran 30 cm yang berisi 8 kg media tanam. Varietas yang digunakan adalah Bima dengan ukuran bibit > 5 gram. Setiap 1 polybag ditanam 3 tanaman bawang merah.

Percobaan Waktu Tanam dan Giberelin

Penelitian akan di laksanakan di Kebun Percobaan Margahayu Lembang pada bulan Juni 2011 sampai dengan Desember 2011, dengan Rancangan Split Plot, dengan waktu tanam sebagai petak utama dan perlakuan giberelin sebagai anak petak. Perlakuan waktu tanam terdiri atas : W1 = Minggu IV Juni 2011 dan

W2 = Minggu IV September 2011. Sebagai anak petak adalah giberelin (G) terdiri atas : G1 = 0 (tanpa zpt), G2 = Giberelin 50 ppm, G3 = Giberelin 100 ppm dan G4 = Giberelin 200 ppm. Dari dua faktor perlakuan, diperoleh 8 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan diulang tiga kali. Petak percobaan berukuran 1 X 3 m dengan jarak tanam 15 X 20 cm, sehingga diperoleh 100 tanaman per petak percobaan. Varietas yang digunakan adalah Bali Karet dengan ukuran bibit > 5 gram yang telah divernalisasi selama 3 minggu pada suhu 10°C.

Percobaan Tambahan di Dataran Rendah

Percobaan dilakukan di Kebun Percobaan Babakan Sawah Baru Dramaga, Institut Pertanian Bogor dengan ketinggian tempat 240 m dpl (dataran rendah), dengan menggunakan varietas Bima. Percobaan dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAL) dengan dua faktor. Faktor pertama perlakuan vernalisasi terdiri atas V0 = tanpa vernalisasi dan V1 = vernalisasi 10°C selama 3 minggu. Faktor kedua terdiri atas G0 = tanpa GA₃, G1 = 100 ppm GA₃ dan G2 = 200 ppm GA₃. Percobaan tambahan ini dilakukan untuk mengantisipasi keterlambatan pelaksanaan percobaan di dataran tinggi.

Satuan percobaan berupa petak lahan berukuran 1 x 1.5 m. Penanaman dilakukan dengan jarak tanam 15 x 20 cm, sehingga terdapat 50 tanaman per satuan percobaan. Perlakuan dilakukan dengan 6 ulangan, sehingga didapatkan 12 satuan percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dalam penelitian ini sebagian masih dalam proses pelaksanaan. Data tentang pembungaan dan pembentukan biji baru dapat disenaraikan secara sederhana dalam tabel-tabel. Percobaan di rumah kaca dan di lapangan di dataran tinggi dan dataran medium belum dapat disampaikan hasilnya sepenuhnya. Keterlambatan pelaksanaan percobaan disebabkan oleh ketersediaan umbi bibit yang siap divernalisasi yang mundur pada akhir Mei 2001, sehingga percobaan baru dapat dimulai pada akhir Juni 2011. Meskipun demikian ada beberapa hasil mendasar yang dapat diperoleh dari percobaan-percobaan yang sedang berjalan

tersebut. Berikut disampaikan hasil-hasil percobaan yang sudah dan sedang berjalan.

Pengaruh Vernalisasi dan Giberelin

Percobaan dilakukan di rumah kaca. Perlakuan vernalisasi dan giberelin (GA) tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang diukur dengan tinggi tanaman dan jumlah anakan (Tabel 1). Semua tanaman menghasilkan bunga, tetapi perlakuan GA meningkatkan intensitas pembungaan (Tabel 2). Dari semua perlakuan GA pada tanaman dari umbi bibit yang divernalisasi menghasilkan biji, tetapi hanya perlakuan 200 ppm GA yang dapat dipanen bijinya, karena umbel pada tanaman dengan perlakuan yang lain mengalami pembusukan.

Tabel 1. Pertumbuhan tanaman bawang merah hingga 6 MST.

Perlakuan ¹⁾	Tinggi tanaman (cm)			Jumlah anakan		
	2 MST	4 MST	6 MST	2 MST	4 MST	6 MST
V0G1	23.32b	33.73	29.61	3.47	5.15	13.56
V0G2	27.19ab	31.63	34.78	3.46	4.96	15.94
V0G3	27.78a	35.33	36.17	3.54	5.36	16.75
V0G4	29.51a	33.58	33.38	3.85	4.71	15.19
V1G1	29.08a	33.30	35.00	3.22	4.26	15.24
V1G2	29.08a	34.05	36.05	3.50	4.90	15.60
V1G3	28.33a	36.92	38.20	3.33	5.03	16.31
V1G4	28.58a	37.22	39.35	3.67	4.92	15.27

Keterangan:

¹⁾ Perlakuan: V0 = tanpa vernalisasi; V1 = vernalisasi 10°C selama 3 minggu; G1 = 0 ppm (tanpa GA₃); G2 = 50 ppm GA₃; G3 = 100 ppm GA₃; G4 = 200 ppm GA₃

Perlakuan tanpa vernalisasi, meskipun menghasilkan tanaman berbunga, namun persentase tanaman berbunga kurang dari 6%, sehingga dapat diabaikan. Selain itu, umbel dari tanaman dengan perlakuan tanpa vernalisasi tidak menghasilkan biji. Diduga, bunga dari tanaman tanpa vernalisasi mengalami gangguan proses pembuatannya. Dengan demikian, vernalisasi merupakan faktor penentu keberhasilan berbunga dan berbiji pada tanaman bawang merah yang ditanam di dataran tinggi.

Tabel 2. Pengaruh vernalisasi dan giberelin terhadap pembungaan dan pembentukan biji.

Perlakuan ¹⁾	Jumlah bunga per tanaman	Jumlah tanaman berbunga (%)	Persentanaman tidak berbunga (%)	Jumlah Biji per Umbel	Bobot TSS per Umbel (g)
V0G1	1.25ab ²⁾	5.55b	94.45a	0**)	0**)
V0G2	0.75b	2.78b	97.22a	0	0
V0G3	1.00ab	2.78b	97.22a	0	0
V0G4	2.00a	5.55b	94.45a	0	0
V1G1	1.00ab	8.33b	91.67a	0*)	0*)
V1G2	1.50a	22.92a	77.08b	0	0
V1G3	0.75b	16.67ab	83.33ab	0	0
V1G4	2.25a	29.17b	70.83b	81.79	1.84

Keterangan: ¹⁾ Perlakuan sama dengan Tabel 1, ²⁾ Uji beda nilai tengah setiap peubah dilakukan dengan DMRT taraf 5%. *) Bunga mengalami pembusukan, kecuali perlakuan G4 dengan vernalisasi, **) Bunga tidak menghasilkan biji

Pengaruh Waktu Tanam dan Giberelin

Percobaan ini dilakukan di dataran tinggi terhadap umbi bibit yang sudah divernalisasi. Hasil percobaan yang dapat disajikan baru hasil pengamatan pertumbuhan dan jumlah bunga per petak untuk penanaman minggu IV Juni 2011, yang hanya dapat menyajikan pengaruh perlakuan GA (Tabel 3, 4 dan 5)

Tabel 3. Pengaruh waktu tanam dan giberelin terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah.

Perlakuan ¹⁾	Tinggi Tanaman (cm)		Jumlah Anakan	
	4 MST	6 MST	4 MST	6 MST
W1G1	26.17	33.50	4.53	4.80
W1G2	26.63	34.27	5.23	5.23
W1G3	26.70	33.73	4.33	5.00
W1G4	29.07	34.70	5.37	6.10

Keterangan: ¹⁾ Perlakuan: W1 = waktu tanam minggu IV Juni 2011; G1 = 0 ppm (tanpa GA₃); G2 = 50 ppm GA₃; G3 = 100 ppm GA₃; G4 = 200 ppm GA₃

Tabel 4. Pengaruh waktu tanam dan giberelin terhadap pembungaan bawang merah.

Perlakuan ¹⁾	Percentase tanaman berbunga (%)			Jumlah bunga per tanaman (buah)		
	7 MST	9 MST	11 MST	7 MST	9 MST	11 MST
W1G1	7.00	8.67	59.30	1.15	1.17	1.96
W1G2	11.67	18.33	51.67	1.53	1.52	1.74
W1G3	4.00	8.33	62.00	2.00	1.74	1.83
W1G4	6.67	11.33	60.30	1.28	1.74	2.13

Keterangan: ¹⁾ Perlakuan: W1 = waktu tanam minggu IV Juni 2011; G1 = 0 ppm (tanpa GA₃); G2 = 50 ppm GA₃; G3 = 100 ppm GA₃; G4 = 200 ppm GA₃

Tabel 5. Pengaruh waktu tanam dan giberelin terhadap jumlah bunga tanaman bawang merah.

Perlakuan	Jumlah bunga per petak (buah)		
	7 MST	9 MST	11 MST
W1G1	8.00	10.00 b	114.00
W1G2	14.33	26.00 a	90.30
W1G3	7.33	13.33ab	116.30
W1G4	8.67	19.33a	128.30

Keterangan: ¹⁾ Perlakuan: W1 = waktu tanam minggu IV Juni 2011; G1 = 0 ppm (tanpa GA₃); G2 = 50 ppm GA₃; G3 = 100 ppm GA₃; G4 = 200 ppm GA₃

Seperti halnya dengan hasil percobaan di rumah kaca, perlakuan GA tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman hingga 6 minggu setelah tanam (MST). Pembungaan tercatat pada 7 MST. Pengaruh konsentrasi GA hanya terlihat pada 9 MST dengan perlakuan 50 ppm GA memberikan hasil terbaik tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan 100 ppm.

Pengaruh perlakuan terhadap pembungaan dan pembentukan biji belum dapat disajikan secara utuh. Pengamatan untuk perlakuan waktu tanam minggu ke-4 September 2011 tentang pembungaan dan pembentukan serta penyiapan biji hasil perlakuan minggu ke-4 Juni 2011, masih berlangsung. Namun demikian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan GA pada 50 dan 200 ppm memberikan hasil yang baik untuk penanaman di dataran tinggi.

Percobaan Vernalisasi dan Giberelin di Dataran Rendah

Percobaan ini merupakan percobaan tambahan yang dilakukan dengan dua alasan pokok, 1) umur panen bawang merah di dataran rendah lebih pendek dibandingkan di dataran tinggi dan 2) Sentra produksi bawang merah di Indonesia umumnya berada di wilayah dataran rendah. Selain itu, percobaan ini juga menjadi pendukung (*back up*) percobaan di rumah kaca untuk menemukan konsentrasi GA terbaik untuk pembungaan bawang merah. Seperti yang disampaikan di atas, pengamatan tentang pembentukan biji di rumah kaca, gagal dilakukan karena umbel yang terbentuk mengalami pembusukan

Pengamatan pada percobaan ini ditekankan pada pengamatan pembungaan dan pembentukan biji. Namun demikian data tentang bobot dan jumlah biji belum

dapat disajikan, karena biji yang dipanen masih dalam proses pengeringan dan pematahan dormansi. Data pembungan dari percobaan ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh vernalisasi dan giberelin terhadap pembungan bawang merah di dataran rendah.

Perlakuan ¹⁾	Persen tanaman berbunga	Jumlah Umbel per tanaman	Jumlah Umbel per petak	Jumlah bunga per Umbel
V0G0	0.25	0.25	0.25	16.75
V0G1	16.43	0.50	0.50	49.50
V0G2	41.16	1.59	35.00	85.52
Rata-Rata V0	19.28	0.78	11.9167	50.59
V1G0	27.52	1.44	6.75	107.96
V1G1	39.16	1.61	47.25	120.95
V1G2	39.62	2.02	55.50	135.28
Rata-rata V1	35.43	1.69	36.5	121.40

Keterangan: ¹⁾Perlakuan: V0 = tanpa vernalisasi; V1 = vernalisasi 10°C selama 3 minggu; G0 = 0 ppm (tanpa GA₃); G1 = 100 ppm GA₃; G3 = 200 ppm GA₃

Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan vernalisasi merupakan penentu terjadinya pembungan bawang merah di dataran rendah. Tanaman dari umbi tanpa vernalisasi, hanya 19.28% yang berbunga, sedangkan tanaman dari umbi yang divernalisasi menghasilkan 35.43% tanaman berbunga. Perlakuan GA mempengaruhi intensitas pembungan. Hasil terbaik untuk pembungan ditunjukkan oleh tanaman dengan perlakuan vernalisasi yang direndam 200 ppm GA 15 menit sebelum penanaman, dengan 56 umbel per petak dan 135 kuntum bunga per umbel.

Dari seluruh hasil penelitian, terutama hasil percobaan di rumah kaca dataran tinggi dan percobaan lapangan di dataran rendah, dapat diketahui bahwa vernalisasi merupakan syarat penting terjadinya pembungan bawang merah, baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah. Selanjutnya, berdasarkan hasil percobaan lapangan di dataran rendah, diketahui bahwa perlakuan GA dapat meningkatkan intensitas pembungan dan pembentukan biji.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sementara sebagai berikut: Vernalisasi umbi bibit pada 10°C selama 3 minggu merupakan faktor penentu pembungan bawang merah, terutama untuk

penanaman bawang merah di dataran rendah; Perlakuan GA pada taraf 200 ppm meningkatkan intensitas pembungaan bawang merah, baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah; Produksi biji bawang merah untuk benih (TSS) dapat dilakukan di dataran rendah dengan perlakuan vernalisasi pada 10^0C selama 3 minggu dan dilanjutkan dengan perendaman pangkal umbi bibit dalam larutan 200 ppm GA selama 15 menit sebelum penanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselenggaranya penelitian ini, penulis (mewakili tim peneliti) menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ir. M. Sabran, MSc., Pejabat Pembuat Komitmen Kerjasama Kemitraan Penelitian, Balitbang Pertanian, yang telah menyetujui pendanaan penelitian ini. Demikian pula terimakasih penulis sampaikan Kepala Balai Balitsa yang telah menyetujui Sdr. Gina Alia Sopha dalam melakukan Penelitian ini sebagai bagian dari penelitian tesis pada Sekolah Pascasarjana IPB. Demikian juga kepada Sdr. Dian Fahrianty, mahasiswa SPs IPB yang telah melakukan sebagian penelitian tesisnya dengan bagian penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) IPB, sebagai penanggung jawab pihak Perguruan Tinggi pelaksana KKP3T tahun 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin Z. 1983. Dasar-dasar Pengetahuan Tentang Zat Pengatur Tumbuh. Bandung: Angkasa.
- Dwidjoseputro D. 1990. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gardner FP, Pearce RB, Mitchell RL. 2002. Fisiologi Tanaman Budidaya. Herawati Susilo, penerjemah. Jakarta: UI Press. Terjemahan dari Physiology of Crop Plants.
- Grubben GJH. 1994. Constraints for Shallot, Garlic and Welsh Onion in Indonesia: A Case Study on The Evolution of Allium Crops in The Equatorial Tropics. *Acta Horticulturae* 358:333–339.
- Keller ERJ, Senula A, Lesseman DE. 2000. Elimination of Viruses Through Meristem Culture and Thermotherapy for The Establishment of An In Vitro

- Collection of Garlic (*Allium sativum*) in The Genebank of The IPK Gatersleben. *Acta Horticulturae* 530: 121 - 127.
- Lakitan B. 1996. Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Lewis PM. 2000. Photoperiod effect growth and flowering of *Lysmachia clethroides duby*. *HortScience*. 35 (4): 596-599.
- Permadi AH. 1993. Growing shallot from true seed. Research results and problems. *Onion Newsletter for the Tropics*, July 1993. 3: 35 – 38.
- Rabinowitch HD, Kamenetsky R. 2002. Shallot (*Allium cepa*, Aggregatum Group). In: Rabinowitch HD and Currah L (eds). *Allium Crop Science : Recent Advances*. UK: CABI Publ. hlm 410 – 430.
- Sumarni N, Sumiati E. 2001. Pengaruh Vernalisasi, Gibberellin dan Auksin terhadap Pembungan dan Hasil Biji Bawang Merah. *J. Hort* 11 (1): 1 – 8.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*. Third Edition. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publ.
- Tjasyono BHK. 2004. *Klimatologi*. Bandung:ITB.
- Walkey D. 1990. Virus disease. In: Rabinowitch H.D. and Brewster J.L. (eds). *Onion and Allied Crops*. Vol II. *Agronomy, Biotic Interactions, Pathology, and Crop Protection*. Florida:CRC Press, Boca Raton. 191 – 212.
- Yursak Z. 2003. Induksi pembungan nomor-nomor persilangan interspesifik lily (*Lilium Spp.*) melalui aplikasi gibberelin dan modifikasi fotoperiodisitas [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

INDEKS PENELITI

A

- A. Kohar Irwanto, 330
A. Dinoto, 31
Abdul Haris, 120
Ade Wachjar, 46, 211
Adiwirman, 211
Afra D.N. Makalew, 137
Ahmad Sjahriza, 401
Ahyar Ismail, 225
Akhmad Solihin, 314
Alfiasari, 241
Ali Khomsan, 241
Anas Miftah Fauzi, 77
Ani Kurniawati , 211
Anna Fatchiya, 255
Anwar Nur, 401
Arya Hadi Dharmawan, 241
Aryani Sismin S, 31
Asdar Iswati, 91
Ayi Rachmat, 120

C

- Clara M. Kusharto, 255
Cut Meurah Rosnelly, 416

D

- Dadi Rochnadi Sukarsa, 1
Dania, 185
Darda Efendi, 46
Defina, 271, 373
Dewi Sukma, 137
Dimas Andrianto, 441
Ditdit N.Nugraha, 359
Djumali Mangunwidjaja, 77

E

- Edit Lesa Adita, 346
Eka Intan Kumala Putri, 225, 286
Endang Sri Wahyuni, 255
Endang Sri Wahyuni, 373
Endang Warsiki, 107
Enni Dwi Wahjunie, 91
Erlita Adriani , 330
Erliza Noor,416
Euis Sunarti, 255

F

- Fajri, 185
Fifin Nashirotun Nisyah, 107

H

- Hanifah Nuryani Lioe, 12
Harmini, 301
Heni Krishnawati, 373
Henny Krishnawati, 271
Herdhata Agusta, 107

I

- Ikeu Tanziha, 255
Iman Rusmana, 199
Irma Rasita Gloria Barus, 386
Istomo, 171

J

- Joko W, 431
Juliarni, 185

K

- Kaseno, 416
Khursatul Munibah, 91
Krishandini, 255
Krishandini, 373

L

- Lailan Syaufina, 171
Luky Adrianto, 314

M

- M. Habibullah, 431
M. Jawal A. Syah, 61
M. Suhil, 431
Ma'mun Sarma, 330
Maria Ulfah, 346
Marimin, 359
Martias, 61
Moch. Prihatna Sobari, 314
Mohammad Khotib, 401
Muhammad Syakir, 107
Mujizat Kawaroe, 120
Mukhlas Ansori, 255, 373

N

- Nastiti Kusumorini, 31
Nilawati Sofyan, 386
Nizar Nasrullah, 137
Noor Farikhah Haneda, 156
Novindra, 225
Nuning Nugrahani, 330
Nurheni Wijayanto, 171
Nuva, 225

P

- P.A.S. Radite, 431
Pipih Suptijah, 1

R

- Rangga Bayuharda Pratama, 12
Ratna Winandi, 301
Retno Astuti, 359
Riri Novita Sunarti, 199
Rita Nurmala, 301
Rizal Bahtiar, 286
Roedhy Poerwanto, 46, 61

S

- Safriandi, 431
Saharrudin, 241
Siti Amanah, 255
Sri Budiarti, 199
Suci Primilestari, 46
Suharjito, 359
Sukardi, 77

S

- Sulistiyani, 441
Surdiding Ruhendi, 456
Susi Octaviani SD, 46
Syaiful Anwar, 61
Syamsul Falah, 441
Syarif Hidayat, 359

T

- Tati Budiarti, 137
Taufik Djatna, 359
Tintin Sarianti, 301
Tito Sucipto, 456
Tonthowi Djauhari, 386

U

- Uju Sadi, 1
Ulfah Juniarti Siregar, 156
Utut Widayastuti, 185

W

- W. Hermawan, 431
Wagiman, 77

Y

- Yane Regiana, 12
Yuli Widiastuti, 185
Yulinda Tanari, 46

Z

- Zainal Alim Mas'ud, 401

Mencari dan Memberi yang Terbaik



Sekretariat

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM - IPB)
Gedung Andi Hakim Nasoetion Lantai 3 Kampus IPB Dramaga Bogor 16680
Telp. +62251 8622093 +62251 8622709 Fax. +62251 8622323
Website : <http://lppm.ipb.ac.id>; Email : lppm@ipb.ac.id; ipb.lppm@yahoo.com