



ISBN 978-602-8853-15-6  
978-602-8853-17-0

# PROSIDING

## SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN

### INSTITUT PERTANIAN BOGOR

### 2012

Buku 1  
Bidang Pangan  
Bidang Biologi dan Kesehatan



**PROSIDING  
SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2012**

**Buku 1  
Bidang Pangan  
Bidang Biologi dan Kesehatan**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2013**

## **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 Sampul : Muhamad Tholibin

**Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian  
Institut Pertanian Bogor 2012,  
Bogor 10-11 Desember 2012**

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

**ISBN: 978-602-8853-15-6  
978-602-8853-16-3**

**Mei 2013**

## KATA PENGANTAR

**S**alah satu tugas penting LPPM IPB adalah melaksanakan seminar hasil penelitian dan mendiseminasi hasil penelitian tersebut secara berkala dan berkelanjutan. Pada tahun 2012, sebanyak 219 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 202 judul penelitian tersebut telah dipresentasikan dalam Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB yang dilaksanakan pada tanggal 10–11 Desember 2012 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 2012, yang terbagi menjadi 3 (tiga) buku yaitu :

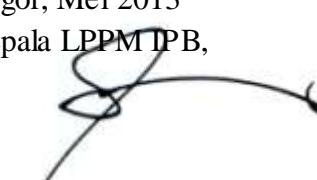
- |          |   |   |
|----------|---|---|
| Buku I   | : | Bidang Pangan<br>Bidang Biologi dan Kesehatan   |
| Buku II  | : | Bidang Energi<br>Bidang Sumberdaya Alam dan Lingkungan<br>Bidang Teknologi dan Rekayasa |
| Buku III | : | Bidang Sosial, Ekonomi, dan Budaya  |

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

Kami ucapan terima kasih kepada 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 2012 ini dapat bermanfaat bagi semua. Atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Bogor, Mei 2013  
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

<b>BIDANG PANGAN</b>	<b>Halaman</b>
Induksi Keragaman Regenerasi Jeruk Siam dengan Iradiasi Sinar Gamma pada Kalus Hasil Kultur Protoplas - <i>Aida Wulansari, Agus Purwito, Ali Husni</i> .....	1
Varietas Ikan Mas Tumbuh Cepat dan Tahan Infeksi Virus Koherpes: Produksi Keturunan Kedua - <i>Alimuddin, Sri Nuryati, Nurly Faridah, Ayi Santika</i> .....	15
Pengembangan Pengelolaan Air Sawah <i>System of Rice Intensification (SRI)</i> dengan Sistem Monitoring Lapang di Indonesia - <i>Budi I. Setiawan, Chusnul Arif, Satyanto K. Saptomo, Ardiansyah, Masaru Mizoguchi, Ryoichi Doi, Tetsu Ito, Tsugihiro Watanabe</i> .....	29
Pengaruh Kondisi Lanskap terhadap Interaksi Tropik Antara Tanaman, Hama dan Parasitoid - <i>Damayanti Buchori, Akhmad Rizali, Ali Nurmansyah, Sudarsono, M. Yasin Farid, M. Nurhuda Nugraha, Adha Sari</i> .	43
Perakitan Teknik Pengendalian Penyakit Tanaman Padi Ramah Lingkungan Berbasis Bakteri Agen Hayati dan Metabolit Sekundernya - <i>Giyanto, Rustam</i> .....	57
Induksi Mutasi Kalus Embriogenik Jeruk Keprok Garut ( <i>Citrus reticulata</i> L.) dengan Iradiasi Sinar Gamma - <i>Karyanti, Agus Purwito, Ali Husni</i> .....	71
Optimalisasi <i>Technology Services</i> pada Wirausaha Benih dan Bibit Pepaya Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT) LPPM Institut Pertanian Bogor - <i>Ketty Suketi, M. Rahmad Suhartanto, Anna Fariyanti</i> .....	84
Pengembangan Produk Ransum Komplit Berbasis Hijauan Indigofera (Indifeedpb) sebagai Pakan Berkualitas untuk Kambing Perah - <i>Luki Abdullah, Dewi Apri Astuti, Nahrowi, Suharlina</i> .....	97
Strategi Produksi Pangan Organik yang Bernilai Tambah Tinggi Berbasis Petani - <i>Musa Hubeis, Hardiana Widya astuti, Nur Hadi Wijaya</i> .....	113
Studi Ketahanan Pangan dan <i>Coping Mechanism</i> Rumah Tangga di Daerah Kumuh - <i>Nety Hernawati, Dadang Sukandar, Ali Khomsan</i> .....	127

Kebijakan Swasembada Susu di Indonesia dengan Pendekatan Model Sistem Dinamik - <i>Ratna Winandi Asmarantaka, Juniar Atmokusuma, Siti Jahroh, Harmini</i> .....	142
Produksi Bibit Kelapa Kopyor <i>True to Type</i> dengan Persilangan Terkontrol dan Peningkatan Produksi Buah Kopyor dengan Polinator Lebah Madu - <i>Sudarsono, Hengky Novarianto, Sudradjat, Meldy L.A. Hosang, Diny Dinarti, Megayani Sri Rahayu, Ismail Maskromo</i> .....	161
Pengembangan Dodol Talas Produksi Desa Lingkar Kampus IPB sebagai Produk dan Oleh-Oleh Khas Bogor - <i>Sutrisno Koswara, Nuri Andawulan</i> ....	176
Kolaborasi <i>Barrier</i> Jagung dan Kitosan untuk Pengendalian <i>Bean common mosaic virus</i> dan Serangga Vektornya <i>Aphis craccivora</i> Koch di Lapang - <i>Tri Asmira Damayanti, Sugeng Santoso</i> .....	189
Biskuit Biosuplemen Pakan untuk Meningkatkan Produktifitas Kambing Perah - <i>Yuli Retnani, Idat Galih Permana, Lidy Herawati, Nur R. Komalasari</i> .....	203

## **BIDANG BIOLOGI DAN KESEHATAN**

Konsumsi Pangan, Bioavailibilitas Zat Besi dan Status Anemia Siswi di Kabupaten Bogor - <i>Dodik Briawan, Yudhi Adrianto, Dian Hernawati, Elvira Syamsir, Muh Aries</i> .....	219
Pemanfaatan Biodiversitas Indonesia untuk Nanobiosensor Antioksidan - <i>Dyah Iswantini, Novik Nurhidayat, Lyonawati, Trivadila</i> .....	231
Studi Kinetika Produksi Glukosamin dalam <i>Water-Miscible Solvent</i> dan Proses Separasinya - <i>Eko Hari Purnomo, Azis Boing Sitanggang, Dias Indrasti</i> .....	247
Formulasi Minuman Emulsi Minyak Bekatul dengan Berbagai Flavor dan Pengaruh Penyimpanan terhadap Karakteristik Kimia dan Mikrobiologi - <i>Evy Damayanthi, Cesilia Meti Dwiriani, Ilma Ovani</i> .....	263
Replikasi Model Geulis (Gerakan untuk Lingkungan Sehat) dalam upaya Meningkatkan Perilaku Hidup Sehat Siswa Pondok Pesantren Da'watul Quran Al-Rozie dan Darussalam di Bogor - <i>Ikeu Tanziha, Clara M. Kusharto, Hangesti Emi Widayarsi</i> .....	280
Pengaruh Pemberian Fitoestrogen pada Masa Kebuntingan dan Laktasi terhadap Kinerja Reproduksi Anak - <i>Nastiti Kusumorini, Aryani Sismin S</i> ...	296
Sintesis <i>Scaffolds</i> Hidroksipatit Berpori Berbasis Cangkang Telur dan Kitosan dengan Metode Sol Gel - <i>Setia Utami Dewi, Setyanto Tri Wahyudi, Parmita Aulia, Nur Aisyah Nuzulia</i> .....	313

Produksi Rekombinan Plantaricin yang Mengkode Bakteriosin dari <i>Lactobacillus plantarum</i> S34 Asal Isolat Bekasem Daging Sapi untuk Menanggulangi Demam Typhoid - <i>Suryani, A. Zaenal Mustopa, Linda Sukmarini, Rabiatul Adawiyah, Hasim .....</i>	322
--	-----

# **BIDANG PANGAN**

**INDUKSI KERAGAMAN REGENERAN JERUK SIAM  
DENGAN IRADIASI SINAR GAMMA PADA KALUS HASIL KULTUR  
PROTOPLAS**

(Induced Variation of Tangerine CV. Siam Regenerants Through Gamma Irradiation on Callus From Protoplast Culture)

**Aida Wulansari<sup>1)</sup>, Agus Purwito<sup>2)</sup>, Ali Husni<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian Bioteknologi, LIPI.

<sup>2)</sup>Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB.

<sup>3)</sup>Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.

**ABSTRAK**

Jeruk Siam memiliki rasa manis dan mengandung banyak air. Namun masih memiliki banyak biji (15-20 biji per buah). Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan keragaman genetik jeruk Siam melalui iradiasi sinar Gamma pada kalus hasil kultur protoplas. Kalus diradiasi pada dosis 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 gray. Dosis radiosensitivitas diperoleh pada 53,25 gray. Pengamatan 4 minggu setelah iradiasi Gamma menunjukkan adanya respon yang beragam pada morfologi kalus dan pertambahan berat kalus. Pada dosis rendah (10-50 gray) pertumbuhan kalus tidak terhambat, namun pada dosis tinggi (60-100 gray) pertumbuhan kalus terhambat. Setelah 4 minggu pada media MW yang mengandung 0,5 mg/l ABA, kalus 50 gray menghasilkan lebih banyak embrio somatik dibandingkan dosis yang lain. Setelah 4 minggu pada media MW yang mengandung 0,5 mg/l GA<sub>3</sub>, 96,8% embrio somatik pada dosis 60 gray mampu berkecambah, pada dosis 50 gray 75,9%. Regenerasi kalus menghasilkan 72 regeneran. Dendogram yang dihasilkan dari data karakterisasi morfologi menunjukkan rentang nilai koefisien kemiripan dari 10 regeneran yang terpilih adalah 0,46-0,86 atau keragaman sebesar 14-54%. Penyambungan/*grafting* antara regeneran sebagai batang atas dan JC sebagai batang bawah menunjukkan persentase pertumbuhan sebesar 75-80%.

Kata kunci: Jeruk Siam, kultur protoplas, embrio somatik, iradiasi sinar Gamma, *grafting*.

**ABSTRACT**

Tangerine cv. Siam has sweet and juicy flesh. However, it has many seeds (15-20 seeds per fruit), so it can not compete with citrus from other countries. The objective of this research was to increase variation of Tangerine cv. Siam through Gamma irradiation treatment on callus from protoplast culture. Calli irradiated at doses of 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 gray. The result of radiosensitivity dose was 53,25 gray. Observation on the growth of callus 4 weeks after irradiation showed at low doses (10-50 gray) callus growth was not inhibited, but at high doses (60-100 gray) callus growth was inhibited. Gamma irradiation also affects the formation of somatic embryos. After 4 weeks on MW medium containing 0.5 mg/l ABA, 50 gray callus produced more somatic embryos than other doses. After 4 weeks on MW medium containing 0.5 mg/l GA<sub>3</sub>, 96,8% somatic embryos of 60 gray can germinate and that of 50 gray was 75,9%. Dendrogram based on morphological observation showed coefficient of similarity between 10 regenerants was 0,46-0,86 or 14-54% morphological variability. Grafting between regenerant shoots as scion and JC as rootstock has enhanced optimal growth of regenerant. The growth percentage of regenerants was 75-80%.

Keywords: Tangerine cv.Siam, protoplast, somatic embryos, Gamma irradiation, grafting.

## PENDAHULUAN

Tanaman hortikultura memberikan kontribusi yang cukup besar dalam kebutuhan pangan, peningkatan ekspor, peningkatan pendapatan petani dan pemenuhan gizi keluarga. Indonesia memiliki 323 komoditas hortikultura yang terdiri dari buah-buahan, sayuran, biofarmaka dan tanaman hias. Jeruk termasuk dalam 10 komoditas utama hortikultura yang telah ditetapkan Departemen Pertanian sejak tahun 2000. Tanaman jeruk sudah lama dibudidayakan di Indonesia dan di negara-negara tropis Asia lainnya. Produksi jeruk Indonesia dalam 10 tahun terakhir semakin meningkat sekitar 400 ribu ton per tahun (BPS, 2012).

Di Indonesia pasar jeruk Siam lebih mendominasi dibandingkan jeruk yang lainnya. Jeruk Siam memiliki rasa yang cukup manis namun belum sesuai dengan kategori yang diinginkan pasar dunia untuk dikonsumsi dalam keadaan segar. Kriteria jeruk yang digemari konsumen adalah buahnya memiliki biji sedikit atau tanpa biji (*seedless*), mudah dikupas dan memiliki warna yang menarik atau *pigmented* (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996). Jeruk Siam masih mempunyai biji yang relatif banyak (15-20 biji per buah) dan warna kulit yang belum begitu menarik, sehingga kalah bersaing dengan jeruk produk negara lain (Husni *et al.* 2008).

Peningkatan kualitas jeruk yang sesuai dengan keinginan pasar dapat dilakukan dengan pemuliaan. Bahan dasar pemuliaan yang terpenting adalah keragaman genetik. Keragaman genetik yang luas pada karakter yang dikehendaki akan menghasilkan program pemuliaan yang lebih efisien. Keragaman genetik dapat diperluas dengan berbagai cara, yaitu introduksi, eksplorasi, hibridisasi/persilangan, mutasi dan transformasi genetik. Keragaman genetik dapat pula terjadi karena teknik kultur jaringan yang disebut variasi somaklonal. Kawata dan Oono (1998) menyatakan bahwa keragaman genetik lebih sering terjadi pada kultur protoplas dibandingkan teknik kultur *in vitro* yang lain. Penggunaan mutagen fisik selama periode kultur jaringan, dapat meningkatkan keragaman genetik (Predieri, 2001). Keragaman genetik yang dihasilkan dapat diseleksi untuk

beberapa tujuan, seperti ketahanan terhadap penyakit, cekaman abiotik, perbaikan warna kulit buah, *seedless* dan lain-lain.

Peluang keberhasilan peningkatan keragaman genetik jeruk Siam melalui variasi somaklonal pada kalus hasil kultur protoplas sangat tinggi, karena sistem regenerasi jeruk Siam melalui embriogenesis somatik telah berhasil dilakukan oleh Husni *et al.* (2010). Penelitian ini bertujuan untuk memperluas keragaman genetik jeruk Siam menggunakan kalus hasil kultur protoplas dan perlakuan mutagen sinar gamma serta mengevaluasi keragaman tunas regeneran yang dihasilkan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2011–September 2012. Perlakuan iradiasi sinar Gamma dilakukan di PATIR BATAN Pasar Jumat, Jakarta. Penelitian *in vitro* dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB.

Eksplan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalus embriogenik hasil kultur protoplas jeruk Siam Pontianak. Kalus yang berasal dari kultur protoplas tersebut telah berumur antara 4–5 tahun sejak inisiasi dan dilakukan subkultur setiap bulan untuk menjaga viabilitasnya. Media yang digunakan merupakan modifikasi MS (Murashige & Skoog), yaitu media MW (Husni *et al.* 2010). Zat pengatur tumbuh yang digunakan ABA dan GA3.

Penelitian ini terdiri atas 4 tahap, yaitu: 1) iradiasi dengan sinar Gamma; 2) regenerasi kalus hasil iradiasi melalui jalur embriogenesis somatik; 3) karakterisasi berdasarkan pertumbuhan dan morfologi tunas regeneran; dan 4) penyambungan tunas regeneran dengan batang bawah secara *in vitro* dan *ex vitro*.

### Tahap 1. Induksi Mutasi dengan Iradiasi Sinar Gamma

Kalus dengan berat  $\pm 0,5$  gram disubkultur ke dalam cawan Petri dan diiradiasi pada *Gamma Chamber* Cobalt-60 dengan perlakuan dosis: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 gray (Laju dosis: 0,648 kGy/jam). Kalus hasil iradiasi sinar Gamma kemudian langsung disubkultur ke media MW tanpa zat

pengatur tumbuh untuk proliferasi kalus. Percobaan dilakukan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal. Setiap dosis iradiasi terdiri dari 10 ulangan, tiap ulangan terdiri dari 5 kalus, sehingga terdapat 50 satuan percobaan atau 50 kalus tiap dosis. Pengamatan dilakukan terhadap morfologi kalus dan pertambahan berat kalus. Perbedaan setiap perlakuan dianalisis menggunakan uji F pada taraf nyata 5%, apabila hasilnya berbeda nyata akan dilakukan uji lanjut DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

Dosis radiosensitivitas dapat dihitung dengan pendekatan *Lethal Dose* 50 (LD<sub>50</sub>) yaitu dosis iradiasi yang menyebabkan kematian 50% bahan tanaman yang diradiasi atau *Growth Reduction* 50 (GR<sub>50</sub>), yaitu dosis yang menyebabkan penurunan pertumbuhan 50% pada bahan tanaman hasil iradiasi (Amano 2004). Dosis radiosensitivitas kalus Jeruk Siam hasil kultur protoplas dihitung dengan pendekatan GR<sub>50</sub> yang diperoleh dari analisis data pertumbuhan kalus dengan menggunakan *software CurveExpert 1.4*.

## **Tahap 2. Regenerasi Kalus Hasil Iradiasi Sinar Gamma**

Setelah 4 minggu, kalus diregenerasikan melalui jalur embriogenesis somatik yang terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap pendewasaan embrio somatik serta tahap perkecambahan embrio somatik. Media yang digunakan pada tahap pendewasaan embrio somatik adalah media MW dengan penambahan 0,5 mg/l ABA (Husni *et al.* 2010) sedangkan pada tahap perkecambahan digunakan media MW dengan penambahan 0,5 mg/l GA<sub>3</sub> (Husni *et al.* 2010).

Perubahan yang diamati pada tahap pendewasaan adalah persentase kalus membentuk embrio somatik dan jumlah embrio somatik yang terbentuk, sedangkan pada tahap perkecambahan adalah persentase embrio somatik yang berkecambah dan jumlah kecambah yang dihasilkan.

## **Tahap 3. Karakterisasi Berdasarkan Pertumbuhan dan Morfologi Tunas Regeneran**

Tunas atau kecambah *in vitro* yang dihasilkan kemudian disubkultur sebanyak 4 kali ke media tanpa zat pengatur tumbuh. Selanjutnya dilakukan evaluasi atau karakterisasi morfologi secara *in vitro* dengan mengamati karakter bentuk, warna dan tepi daun, jumlah daun, ukuran stomata, tinggi tunas, jumlah cabang, serta jumlah akar.

Data karakter morfologi tersebut diubah menjadi data biner dengan skoring data. Data biner kemudian dianalisis menggunakan UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Means*) dengan fungsi SIMQUAL menjadi dendogram melalui program NTSYS (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*) versi 2.02 (Rohlf 1998).

#### **Tahap 4. Penyambungan Tunas Regeneran dengan Batang Bawah Secara *In Vitro* dan Secara *Ex Vitro***

Tujuan dari tahap ini adalah mengetahui kemampuan regenerasi untuk tumbuh setelah dilakukan penyambungan dengan batang bawah secara *in vitro* (*micrografting*) dan secara *ex vitro* (sambung pucuk). Penyambungan secara *in vitro* dilakukan antara tunas regenerasi *in vitro* dengan batang bawah JC (*Japansche Citroen*) yang berasal dari perkecambahan biji secara *in vitro* dan berumur  $\pm 3$  bulan. Penyambungan secara *ex vitro* dilakukan antara tunas regenerasi *in vitro* dengan batang bawah JC yang berasal dari perkecambahan biji di *polibag* dan berumur  $\pm 9$  bulan. Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tunas batang atas, jumlah daun yang terbentuk dan persentase kemampuan tumbuh setelah penyambungan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

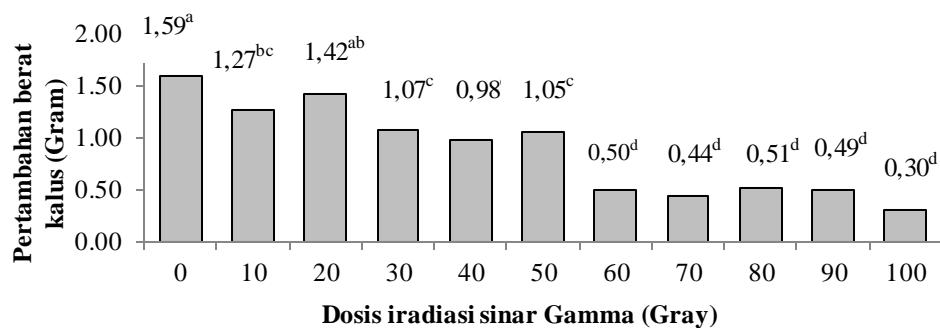
#### **Tahap 1. Induksi Mutasi dengan Iradiasi Sinar Gamma**

Keragaman respon pertumbuhan kalus pada berbagai taraf dosis dapat diamati pada minggu ke 4 setelah iradiasi sinar Gamma. Secara umum, warna kalus sebelum iradiasi adalah putih kekuningan. Pengamatan 4 minggu setelah iradiasi menunjukkan adanya perubahan warna kalus menjadi putih kehijauan pada beberapa dosis, yaitu dosis 20, 50 dan 90 gray, sedangkan pada dosis 70 gray, warna kalus berubah menjadi kecoklatan. Kalus pada dosis 0, 10, 30, 40, 60, 80 dan 100 gray tidak nampak adanya perubahan warna (Tabel 1).

**Tabel 1. Persentase perubahan warna kalus 4 minggu setelah iradiasi sinar Gamma**

Warna kalus	Dosis iradiasi sinar Gamma (gray) (%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Putih kekuningan	100	100	80	100	100	30	100	-	100	90	100
Putih kehijauan	-	-	20	-	-	70	-	-	-	10	-
Kecoklatan	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-

Kalus umur 4 minggu setelah iradiasi juga menunjukkan adanya perbedaan respon terhadap pertambahan beratnya (Gambar 1). Kalus tanpa iradiasi (kontrol) menunjukkan pertambahan berat tertinggi. Semakin tinggi dosis iradiasi, maka semakin sedikit pertambahan berat kalusnya. Pertambahan berat kalus menunjukkan adanya proliferasi sel-sel kalus setelah iradiasi sinar Gamma. Sel-sel kalus pada dosis 10 sampai 50 gray, masih berproliferasi meskipun tidak sebanyak kalus kontrol. Perlakuan iradiasi pada dosis tinggi (60-100 gray) menunjukkan terjadinya penghambatan pertumbuhan sel-sel kalus meskipun tidak sampai mengakibatkan kematian sel.



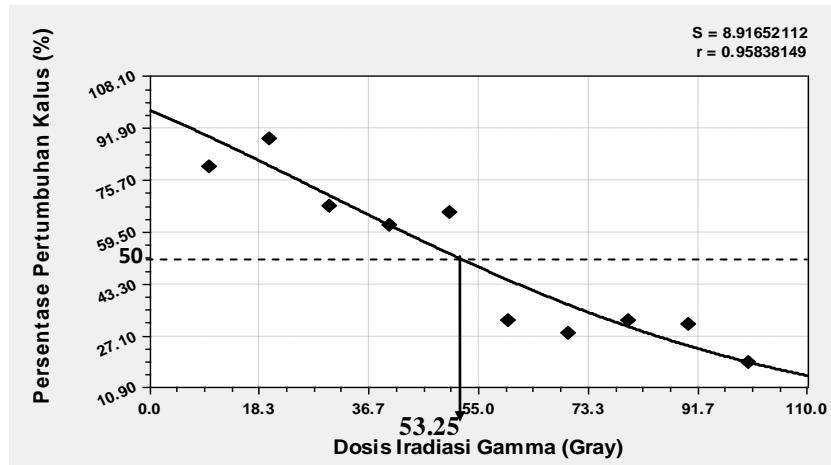
Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada diagram batang menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Gambar 1. Pertambahan berat kalus 4 minggu setelah iradiasi sinar Gamma.

Perubahan warna kalus dan perbedaan berat kalus setelah iradiasi Gamma merupakan respon yang terkait dengan terjadinya proses ionisasi yang mengakibatkan rusaknya ikatan atom pada molekul sehingga molekul melepaskan elektron, berubah muatannya dan menjadi ion. Ion atau radikal bebas ini akan merusak jaringan secara fisik kemudian mengubah atau mempengaruhi reaksi kimia pada sel sehingga berdampak pula terhadap pertumbuhan dan perkembangan sel (van Harten, 1998).

Radiosensitivitas sel atau jaringan eksplan terhadap iradiasi sinar Gamma dapat ditentukan dengan pendekatan *Growth Reduction 50* ( $GR_{50}$ ) yaitu dosis yang menyebabkan penurunan pertumbuhan 50% pada bahan tanaman hasil iradiasi (Amano 2004). Analisis terhadap data pertumbuhan kalus dengan menggunakan *software CurveExpert 1.4* menghasilkan beberapa model regresi. Pemilihan model regresi terbaik didasarkan pada kecilnya ragam (S) dan besarnya

koefisien determinasi ( $r$ ). Gambar 2 menampilkan model regresi terbaik yaitu *Gaussian Model* dengan  $S = 8,92$  dan  $r = 0,96$ . Berdasarkan *curve-fit analysis*, dosis 53,25 gray dapat digunakan sebagai dosis acuan yang mengindikasikan kalus masih dapat *recovery* setelah diradiasi. Pada kisaran dosis tersebut (50-60 gray) diharapkan dapat diperoleh banyak varian atau mutan.



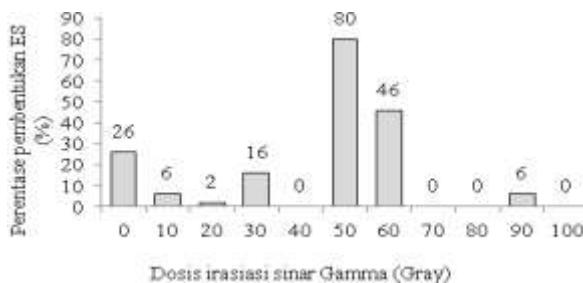
Gambar 2. Kurva *Gaussian Model* dari persentase pertumbuhan kalus setelah perlakuan iradiasi sinar Gamma.

## Tahap 2. Regenerasi Kalus Hasil Iradiasi Sinar Gamma

Hasil yang diharapkan dari perlakuan induksi mutasi adalah diperolehnya mutan yang solid atau stabil. Apabila kalus embriogenik diiradiasi maka kemungkinan untuk menghasilkan mutan solid sangat besar, karena kultur kalus atau embrio somatik berasal dari satu sel (Maluszynski *et al.* 1995). Kelemahannya ialah bagian tersebut memiliki daya regenerasi yang rendah (van Harten, 1998). Oleh karena itu, pada penelitian ini juga diamati kemampuan kalus dalam membentuk embrio somatik serta kemampuan perkecambahan embrio somatik.

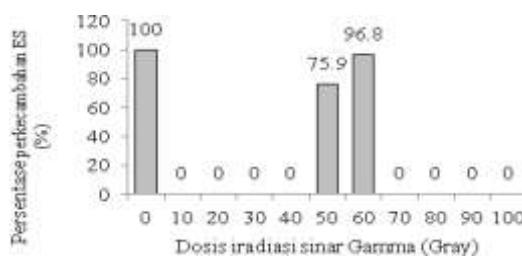
Pengamatan yang dilakukan 4 minggu setelah kalus berada pada media MW yang mengandung 0,5 mg/l ABA menunjukkan bahwa persentase tertinggi kalus yang membentuk embrio adalah pada dosis 50 gray (80%) dan diikuti oleh dosis 60 gray (46%), sedangkan persentase kalus kontrol yang mampu menghasilkan embrio somatik adalah 26% (Gambar 3). Tingginya persentase pembentukan embrio somatik pada dosis tersebut telah diindikasikan dengan perubahan warna kalus menjadi putih kehijauan pada 4 minggu setelah iradiasi. Kalus yang

berwarna putih kekuningan pada dosis 10, 20, 30 dan 90 gray juga mampu membentuk embrio, walaupun tidak sebanyak dosis 50 dan 60 gray. Kalus pada dosis yang lainnya (40, 70 dan 80 gray) selama 4 minggu di media MW yang mengandung 0,5 mg/l ABA masih belum mampu membentuk embrio somatik.



Gambar 3. Persentase pembentukan embrio somatik.

Tahap berikutnya adalah tahap perkecambahan embrio somatik. Pengamatan 4 minggu setelah embrio somatik disubkultur ke media MW dengan penambahan 0,5 mg/l GA<sub>3</sub> menunjukkan bahwa 96,8% embrio somatik dari dosis 60 gray berkecambah lebih banyak dibandingkan dosis 50 gray (75,9%). Embrio somatik pada kontrol (0 gray) mampu berkecambah 100% (Gambar 4). Embrio somatik yang dihasilkan dari kalus dosis 10, 20, 30 dan 90 gray belum mampu berkecambah sampai dengan 4 minggu pengamatan. Pembentukan dan perkecambahan embrio somatik dari kalus yang diradiasi disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Persentase perkecambahan embrio somatik.

Fenomena yang diperoleh tersebut dapat menggambarkan beragamnya respon pertumbuhan kalus dan kemampuan kalus beregenerasi menjadi embrio dan kemampuan embrio untuk berkecambah menjadi tunas. Menurut Nwachukwu *et al.* (2009) keragaman yang terjadi pada generasi MV<sub>1</sub> akibat iradiasi sinar Gamma dapat disebabkan oleh akumulasi pengaruh kerusakan fisiologis, mutasi gen dan mutasi kromosom. Namun, kerusakan fisiologis memberikan kontribusi

yang lebih besar dibandingkan mutasi gen maupun kromosom. Perlakuan iradiasi sinar Gamma terhadap kalus telah mengakibatkan terjadinya perubahan pada sel dan mempengaruhi pertumbuhan dan kemampuan sel-sel kalus untuk beregenerasi menjadi tunas.



Gambar 5. Pembentukan dan perkembangan embrio somatik.

Keseluruhan hasil dari tahap kedua ini disajikan pada Tabel 2. Total embrio somatik yang dihasilkan dari penanaman selama 4 minggu pada media MW yang ditambah 0,5 mg/l ABA adalah 151, yang terdiri dari 16 embrio somatik dari kalus protoplas tanpa iradiasi dan 135 embrio somatik berasal dari kalus protoplas dengan perlakuan iradiasi. Total embrio somatik yang mampu berkecambah setelah 4 minggu ditanam dalam media MW dengan 0,5 mg/l GA<sub>3</sub> adalah 109. Jumlah tunas regeneran yang dihasilkan pada tahap kedua ini adalah 72 regeneran.

Tabel 2. Pengaruh iradiasi sinar Gamma terhadap pembentukan embrio somatik, kecambah dan tunas regeneran

Dosis (gray)	Jumlah embrio somatik	Jumlah & persentase embrio berkecambah	Jumlah & persentase tunas regeneran
0	16	16	16
10	3	0	0
20	2	0	0
30	10	0	0
40	0	0	0
50	83	63	26
60	31	30	30
70	0	0	0
80	0	0	0
90	6	0	0
100	0	0	0
Total	151	109	72
		94,8%	66,1%

### Tahap 3. Karakterisasi Berdasarkan Pertumbuhan dan Morfologi Tunas Regeneran

Pengamatan terhadap tunas regeneran yang dihasilkan dari perkecambahan embrio somatik hasil iradiasi kalus menunjukkan adanya keragaman karakter morfologi. Baihaki (1999) menyatakan bahwa adanya variasi dari suatu populasi

dapat dilihat dari nilai rata-rata, ragam dan standar deviasi. Pengamatan dan pengukuran terhadap karakter morfologi disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan nilai rata-rata yang diperoleh pada enam karakter kuantitatif yang diamati secara *in vitro*, maka perlakuan iradiasi dosis 50 gray memperlihatkan penampilan yang lebih baik dibandingkan perlakuan yang lain. Pertumbuhan tunas pada dosis 50 gray menunjukkan nilai yang lebih baik pula dibandingkan tunas tanpa iradiasi. Namun, peningkatan dosis diatas 50 gray menunjukkan nilai yang cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa gangguan yang terjadi akibat iradiasi sinar Gamma ternyata dapat bersifat positif dan juga negatif, tergantung dari level dosis yang diaplikasikan.

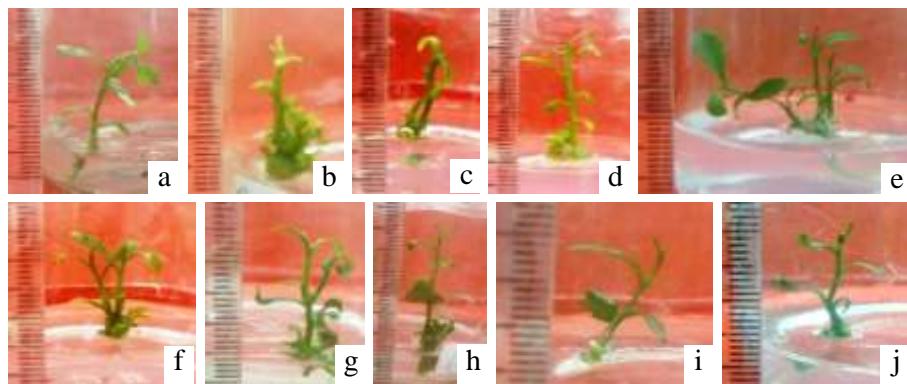
Tabel 3. Kisaran, nilai rata-rata, ragam dan standar deviasi dari karakter yang diamati

Karakter	Dosis (gray)	Kisaran	Rataan	Ragam	Standar deviasi
Tinggi tunas (cm)	0	0,7 – 2,8	1,83	0,40	0,64
	50	1,1 – 3	2,05	0,23	0,48
	60	0,3 – 3,8	2,00	0,81	0,90
Jumlah cabang	0	0 – 4	0,94	1,93	1,39
	50	0 – 3	1,04	0,92	0,96
	60	0 – 3	0,67	0,99	0,99
Jumlah daun	0	1 – 8	3,75	3,40	1,85
	50	2 – 8	4,12	2,51	1,58
	60	2 – 6	3,20	1,27	1,13
Panjang stomata (μm)	0	19,08 – 20,34	19,31	0,22	0,47
	50	14,63 – 27,53	20,61	9,82	3,13
	60	17,27 – 28,21	20,06	8,39	2,90
Lebar stomata (μm)	0	16,21 – 18,59	17,04	0,68	0,83
	50	12,47 – 21,92	16,28	5,24	2,29
	60	11,07 – 19,64	15,76	3,10	1,76
Jumlah akar	0	0 – 2	0,38	0,52	0,72
	50	0 – 2	0,23	0,34	0,59
	60	0 – 1	0,13	0,12	0,35

Karakter tinggi tunas, panjang serta lebar stomata pada tunas hasil iradiasi kalus menunjukkan adanya peningkatan ragam dibandingkan tunas asal kalus tanpa iradiasi (kontrol). Kisaran tinggi tunas 60 gray (0,3-3,8 cm) lebih luas dibandingkan tunas kontrol (0,7-2,8 cm) dan tunas 50 gray (1,1-3 cm). Jumlah cabang, jumlah daun dan jumlah akar pada tunas hasil iradiasi kalus lebih sedikit dibanding tunas asal kalus tanpa iradiasi. Pertumbuhan daun dan akar pada tunas hasil iradiasi kalus tidak secepat dan sebanyak tunas asal kalus tanpa iradiasi.

Salah satu akibat pemberian iradiasi adalah berkurangnya jumlah auksin bebas dalam tanaman, yang dapat menyebabkan kerusakan seluler pada jaringan meristem, sehingga pertumbuhan menjadi terhambat (Fauza *et al.* 2005).

Karakter morfologi yang bersifat kualitatif seperti warna dan bentuk daun juga beragam. Warna daun beragam dari hijau muda sampai hijau. Bentuk daun bervariasi seperti elips, lanset atau berbentuk abnormal (Gambar 6).



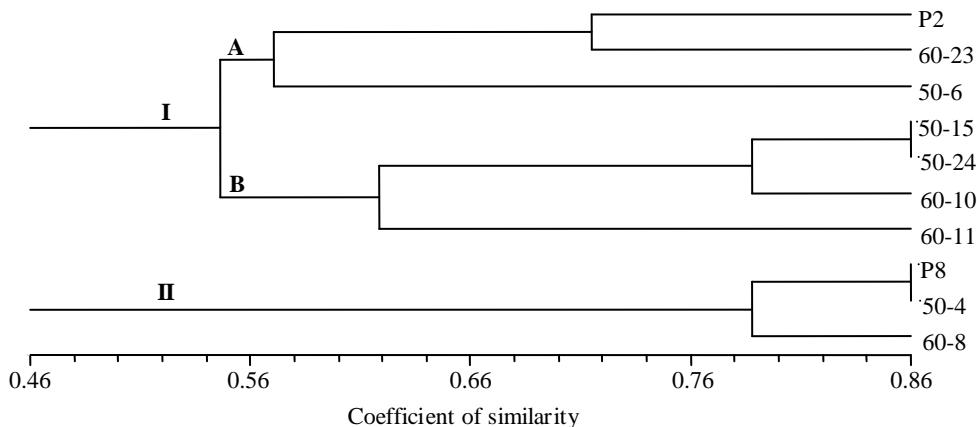
Keterangan:

- a. P2 (protoplas), b. P8 (protoplas), c. 50-4 (50 Gy), d. 50-6 (50 Gy), e. 50-15 (50 Gy),  
f. 50-24 (50 Gy), g. 60-8 (60 Gy), h. 60-10 (60 Gy), i. 60-11 (60 Gy), j. 60-23 (60 Gy)

Gambar 6. Kenampakan morfologi regeneran *in vitro* jeruk Siam.

Berdasarkan pengamatan terhadap karakter morfologi dan pertumbuhannya, maka dari 72 regeneran terpilih 10 regeneran yang beragam secara morfologi (Gambar 6). Analisis gerombol dengan metode UPGMA dihasilkan dendrogram dengan keragaman morfologi sebesar 0,14-0,54 (Gambar 7). Apabila diamati penyebaran dari 10 regeneran, maka tunas yang berasal dari kalus tanpa iradiasi (kontrol) terbagi dalam 2 kelompok yang berbeda. Artinya bahwa tunas kontrol sendiri sudah memiliki variasi dalam karakter warna dan bentuk daun. Kedua tunas kontrol tersebut memiliki keragaman morfologi sebesar 0,54. Demikian pula tunas hasil iradiasi kalus pada dosis 50 dan 60 gray juga menyebar pada kedua kelompok. Kelompok I terbagi menjadi 2 sub-kelompok A dan B pada koefisien keragaman 0,43. Sub-kelompok A dengan koefisien keragaman berkisar 0,29-0,43, terdiri dari tunas kontrol dan tunas hasil iradiasi kalus, sedangkan pada sub-kelompok B dengan koefisien keragaman berkisar 0,14-0,43 hanya terdiri dari tunas hasil iradiasi kalus.

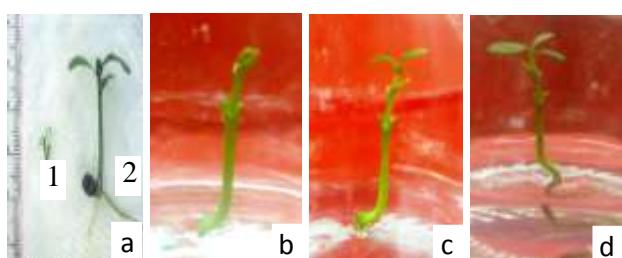
Bila dibandingkan dengan kelompok I, maka koefisien keragaman morfologi pada kelompok II lebih sempit (0,14-0,29). Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan iradiasi bersifat individual, artinya bahwa perlakuan dosis iradiasi yang sama terhadap tanaman dapat memberikan respon yang berbeda.



Gambar 7. Dendogram berdasarkan karakter morfologi hasil analisis gerombol dengan metode UPGMA.

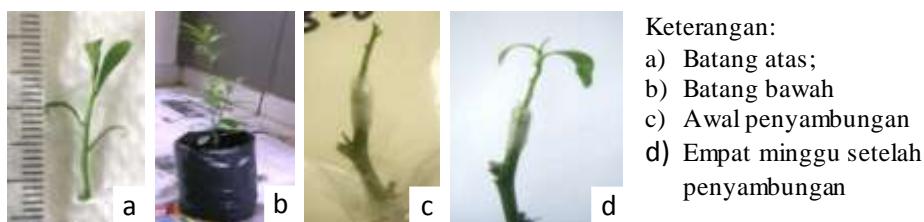
#### Tahap 4. Penyambungan Tunas Regeneran dengan Batang Bawah Secara *In Vitro* dan Secara *Ex Vitro*

Tunas regeneran yang digunakan sebagai batang atas menunjukkan adanya pertumbuhan setelah penyambungan secara *in vitro* (Gambar 8) maupun secara *ex vitro* (Gambar 9). Dua bulan setelah penyambungan secara *in vitro*, batang atas mulai tumbuh daun sebanyak 3-6 lembar dengan tinggi tunas 2-3 cm. Pengamatan satu bulan setelah penyambungan secara *ex vitro* juga menunjukkan pertumbuhan daun sebanyak 2-3 lembar dengan tinggi tunas 2,5-3,5 cm. Persentase tunas regeneran yang mampu tumbuh setelah penyambungan secara *in vitro* maupun secara *ex vitro* sebesar 75-80%.



- Keterangan:
- 1). Batang atas, 2). Batang bawah
  - Dua minggu setelah penyambungan
  - Empat minggu setelah penyambungan
  - Delapan minggu setelah penyambungan

Gambar 8. Penyambungan secara *in vitro*.

Gambar 9. Penyambungan secara *ex vitro*.

## KESIMPULAN

Perlakuan iradiasi sinar Gamma terhadap kalus jeruk Siam hasil kultur protoplas menghasilkan respon pertumbuhan kalus yang beragam. Semakin tinggi dosis iradiasi, maka semakin terhambat pertumbuhan kalusnya. Dosis radiosensitivitas ( $GR_{50}$ ) diperoleh sebesar 53,25 gray. Kisaran dosis tersebut (50-60 gray) dapat dijadikan dosis referensi perlakuan iradiasi sinar Gamma untuk menginduksi mutasi pada jeruk Siam.

Kemampuan regenerasi kalus membentuk embrio somatik sangat beragam. Persentase tertinggi kalus membentuk embrio somatik diperoleh pada dosis 50 gray (80%), persentase perkembangan tertinggi pada perlakuan iradiasi ditunjukkan oleh dosis 60 gray (96,8%). Jumlah total regeneran yang dihasilkan adalah 72. Berdasarkan pengamatan terhadap karakter morfologi dan pertumbuhannya terpilih 10 regeneran yang memiliki keragaman morfologi sebesar 0,14-0,54.

Teknik penyambungan antara regeneran sebagai batang atas, dengan JC sebagai batang bawah secara *in vitro* maupun *ex vitro* menunjukkan persentase pertumbuhan tunas regeneran sebesar 75-80%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amano E. 2004. Practical suggestions for mutation breeding. Di dalam: Medina FIS, Amano E, Tano S, editor. *Mutation Breeding Manual*. Japan: FNCA.hlm:111-172.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2012. Produksi Buah-buahan di Indonesia. <http://www.bps.go.id> [6 Mei 2012].

- Baihaki A. 1999. *Teknik Rancang dan Analisis Penelitian Pemuliaan*. Kerjasama antara Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian dengan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran.
- Fauza H, Karmana MH, Rostini N, Mariska I. 2005. Pertumbuhan dan variabilitas fenotipik manggis hasil iradiasi sinar Gamma. *Zuriat*. 16(2): 133-145.
- Husni A, Kosmiatin M, Mariska I, Martasari C. 2008. Studi isolasi protoplas pada jeruk Siam. Di dalam: Winarno M, Sabari, Subandiyah S, Setyobudi L, Supriyanto A, editor. *Seminar Nasional Jeruk. Prosiding Seminar Jeruk*; Yogyakarta, 13-14 Juni 2007. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. 2008. hlm 197-208.
- Husni A, Purwito A, Mariska I, Sudarsono. 2010. Regenerasi jeruk Siam melalui embriogenesis somatik. *Jurnal AgroBiogen*. 6(2): 75-83.
- Kawata M, Oono K. 1998. Protoclonal variation in crop improvement. Di dalam: Jain SM, Brar DS, Ahloowalia BS, editor. *Somaclonal Variation and Induce Mutations in Crop Improvement*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. hlm 135-148.
- Nwachukwu EC, Mbanaso ENA, Nwosu KI. 2009. The development of new genotype of white yam by mutation induction using yam minitubers. Di dalam: Shu QY, editor. *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*. Rome Italy: IAEA-FAO. hlm 309-312.
- Maluszynski M, Ahloowalia BS, Sigurbjörnsson B. 1995. Application of *in vivo* and *in vitro* mutation techniques for crop improvement. *Euphytica* 85: 303-315.
- Predieri S. 2001. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 64:185-210.
- Rohlf FJ. 1998. *NTSYS-PC: Numerical Taxonomic and Multivariate Analysis system. Version 2.02. User Guide Exeter Software*. New York: Exeter Publishing Co.Ltd.
- Spiegel-Roy P, Goldschmidt EE. 1996. *Biology of Citrus*. New York: Cambridge University Press.
- van Harten AM. 1998. *Mutation Breeding, Theory and Practical Applications*. Cambridge USA: Cambridge University Press.

## VARIETAS IKAN MAS TUMBUH CEPAT DAN TAHAN INFEKSI VIRUS KOIHERPES: PRODUKSI KETURUNAN KEDUA

(Fast Growth and Koiherpes Virus-Resistant Common Carp Strain:  
Production of Second Generation)

**Alimuddin<sup>1)</sup>, Sri Nuryati<sup>1)</sup>, Nurly Faridah<sup>2)</sup>, Ayi Santika<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB.

<sup>2)</sup>Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar, Sukabumi.

### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan ikan mas transgenik generasi kedua (F2) yang tumbuh cepat dan tahan infeksi KHV. Ikan transgenik F2 diproduksi dengan cara mengawinkan antara ikan mas betina non-transgenik (B) yang mempunyai marka molekuler ketahanan terhadap KHV dan ikan mas jantan (Jg) transgenik generasi pertama (F1) yang mengekspresikan gen hormon pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari enam persilangan, peningkatan bobot tubuh, sintasan di kolam, dan biomassa tertinggi diperoleh pada persilangan B1xJg2, yaitu berturut-turut sekitar 31%, 70%, dan 123% dibandingkan dengan kontrol non-transgenik. Analisis PCR dan uji tantang dengan virus KHV menunjukkan keterkaitan yang kuat antara keberadaan marka molekuler dengan sintasan ikan. Selanjutnya, ikan transgenik F2 juga diproduksi dengan cara menyilangkan antar ikan transgenik F1 yang mempunyai marka molekuler (BgxJg). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata bobot populasi (RBP) ikan dari sembilan persilangan BgxJg adalah sekitar 47% lebih tinggi daripada RBP ikan non-transgenik, sedangkan sintasannya relatif sama kecuali persilangan B2xJ1 dengan sintasan sangat rendah. Analisis PCR menunjukkan bahwa ikan yang berukuran minimal 4 kali lebih tinggi daripada RBP semua transgenik, sekitar 80% ikan dengan bobot sekitar 2 kali lebih tinggi daripada RBP adalah transgenik, sedangkan yang berukuran jauh lebih kecil dari RBP semua bukan transgenik. Selanjutnya, persentase keturunan BgxJg transgenik dan membawa marka adalah sekitar 42%, dan ikan ini akan diidentifikasi lebih lanjut untuk memperoleh ikan transgenik homosigot. Sebagai kesimpulan bahwa ikan transgenik F2 tumbuh cepat dan tahan KHV telah berhasil diproduksi.

Kata kunci: Tumbuh cepat, tahan penyakit, virus koiherpes, transgenik, ikan mas.

### ABSTRACT

This research was performed to produce common carp transgenic second generation (F2) that fast growth and resistant to KHV. Transgenic F2 fish was produced by crossing between female non-transgenic common carp (B) having a molecular marker for resistant to KHV infection and male transgenic F1 expressing growth hormone gene (Jg). The results showed that of the six crosses, the highest increased body weight, pond survival, and biomass was obtained in B1xJg2, i.e. 31%, 70%, and 123% compared with control non-transgenic fish, respectively. The PCR analysis and KHV challenge test showed strong linkage between the present of molecular marker and survival of fish. Furthermore, F2 transgenic fish were also produced by crossing between F1 transgenic fish that have molecular markers (BgxJg). The results showed that average body weight of population (ABWP) from nine crosses BgxJg was about 47% higher than the ABWP of non-transgenic progenies, while their survival was similar except for B2xJ1 progenies that have lower survival. The result of PCR analysis showed that all the fish which the average body weight (ABW) of at least 4 times higher than the AWBP was carrying the transgene, approximately 80% of the fish with ABW of about 2 times higher than the

ABWP was carrying the transgene, while all smaller fish than the ABWP did not carry the transgene. In addition, percentage of BgxJg progenies as transgenic fish and have the molecular marker was about 42%, and those fish will be indentified further to obtain a homozygous transgenic fish which is very useful in mass production of transgenic fish. As conclusion that the fast-growing transgenic F2 and KHV-resistant common carp has successfully been obtained.

Keywords: Fast growth, disease resistance, koiherpes virus, transgenic, common carp.

## PENDAHULUAN

Varietas ikan unggul pada karakter tertentu umumnya diproduksi menggunakan metode seleksi (*selective breeding*). Akan tetapi, penggunaan metode seleksi untuk mendapatkan varietas dengan 2 karakter unggul yang berbeda, misal pertumbuhan dan daya tahan terhadap infeksi penyakit dalam waktu yang bersamaan adalah relatif kompleks. Selain itu, produksi ikan mas unggul menggunakan metode seleksi membutuhkan waktu relatif lama untuk mendapatkan peningkatan kualitas yang signifikan, karena setiap generasi membutuhkan waktu sekitar 1,5 tahun. Peningkatan kualitas genetik menggunakan metode seleksi adalah sekitar 10% per generasi, sehingga dibutuhkan waktu sekitar 15 tahun untuk memperoleh peningkatan kualitas 100%.

Alternatif metode cepat untuk meningkatkan pertumbuhan ikan adalah menggunakan metode transgenesis. Aplikasi transgenesis telah dilaporkan dapat meningkatkan pertumbuhan ikan secara spektakuler (lebih dari 100%) dalam waktu relatif singkat; 3 generasi (Devlin *et al.* 1994; Nam *et al.* 2001; Kobayashi *et al.* 2007). Gen yang disisipkan (transgen) adalah penyandi hormon pertumbuhan. Dalam rangka perakitan varietas ikan mas tumbuh cepat, kami telah menghasilkan ikan mas transgenik *founder* (F0) dan keturunan pertama (F1) yang mengekspresikan gen penyandi hormon pertumbuhan ikan nila (Faridah *et al.* 2011). Ikan transgenik F1 masih bersifat heterosigot dengan peningkatan laju pertumbuhan bervariasi antar individu. Selanjutnya, hasil perkawinan antara ikan transgenik F1 dan ikan non-transgenik umumnya menghasilkan ikan transgenik F2 sebanyak 50% dengan pertumbuhan relatif sama antar individu, dan 50% sisanya adalah non-transgenik.

Dalam rangka produksi ikan mas transgenik secara massal, maka induk ikan mas transgenik homosigot perlu diproduksi terlebih dahulu. Ikan transgenik homosigot umumnya dihasilkan melalui perkawinan antar ikan transgenik F2. Untuk menghemat waktu, perkawinan antar ikan transgenik F1 juga dapat dilakukan untuk menghasilkan ikan transgenik homosigot. Selanjutnya, ikan transgenik homosigot dapat diidentifikasi melalui uji progeni, dan menggunakan metode real-time PCR (Alimuddin *et al.* 2007).

Aplikasi marka molekular dalam program seleksi (*marker-assisted selection*) diduga dapat mempercepat proses produksi varietas ikan mas tahan penyakit. Dengan menggunakan metode PCR dan primer spesifik (marka) Cyca-DAB1\*05, ikan mas yang menghasilkan benih yang lebih tahan terhadap infeksi virus koiherpes (KHV) telah berhasil diidentifikasi (Alimuddin *et al.* 2011a). Secara teoritis, ikan mas hasil persilangan antar induk yang mempunyai marka molekular tersebut sebagian besar mempunyai marka (heterosigot atau homosigot), dan sisanya tidak mempunyai marka. Selanjutnya, persilangan antara ikan mas yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05 dan ikan mas transgenik homosigot diharapkan akan menghasilkan ikan mas tumbuh cepat dan tahan infeksi KHV. Selanjutnya, budidaya ikan mas tumbuh cepat dan tahan infeksi KHV diharapkan dapat mendukung keberlanjutan usaha budidaya ikan mas di Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan perkawinan antara ikan mas transgenik F1 dan ikan mas non-transgenik yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05, dan perkawinan antar ikan transgenik F1 yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05 untuk menghasilkan ikan mas transgenik F2 yang mempunyai marka molekuler tersebut.

## METODE PENELITIAN

### **Identifikasi Ikan Mas Transgenik dan Mempunyai Marka Cyca-DAB1\*05**

Individu ikan mas transgenik dan yang mempunyai marka DNA Cyca-DAB1\*05 diidentifikasi menggunakan metode PCR dengan DNA genom sebagai cetakan. DNA genom diekstraksi dari sirip ekor ikan mas menggunakan kit DNA isolation (Qiagen) dengan cara seperti dalam manual. Reaksi amplifikasi PCR

mengandung 10x bufer *Ex Taq*, dNTPs 200  $\mu$ M, *Ex Taq* polymerase 0,125 U, DNA genom 1  $\mu$ l, dan primer forward dan reverse masing-masing 1 pmol. Amplifikasi PCR dilakukan dengan 35 siklus yang terdiri dari denaturasi pada suhu 94°C selama 30 detik, *annealing* pada suhu 62°C selama 30 detik, dan ekstensi pada suhu 72°C selama 30 detik. Primer yang digunakan dalam identifikasi ikan mas transgenik adalah primer *forward* 5'-ACGTTACCGTCCGAGTTGA-3' dan *reverse* 5'-TGAGTCGACCAATG-CAACACATTATTCACAGAT-3' (Kobayashi *et al.* 2007). Identifikasi ikan mas yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05 adalah menggunakan primer 5'-AATGGATACTACTGG-3', dan 5'-TCGCTGACTGTCTGTT-3' (Alimuddin *et al.* 2011a).

Kontrol internal proses PCR menggunakan gen  $\beta$ -aktin dengan primer: 5'-GTGCCCATCTACGAGGGTTA-3' dan 5'-TTTGATGTCACGCACGATT-3'. Program amplifikasi PCR untuk  $\beta$ -aktin, yaitu: 35 siklus dengan suhu denaturasi 94°C selama 20 detik, *annealing* 68°C selama 15 detik, dan ekstensi 72°C selama 15 detik. Dua mikroliter produk PCR diseparasi dengan elektroforesis menggunakan gel agarosa 0,7%. Pita DNA divisualisasi dengan etidium bromida menggunakan sinar ultraviolet.

### Pemeliharaan Induk dan Induksi Ovulasi Gamet

Induk ikan mas transgenik dipelihara di bak beton dalam ruangan *in door*, sedangkan induk ikan mas non-transgenik yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05 dipelihara dalam hapa yang dipasang di kolam beton (ukuran 22x17x3 m). Sampel telur diambil dari induk ikan mas betina menggunakan selang kanulasi untuk memilih ikan yang siap diinduksi ovulasi menggunakan hormon. Ikan mas jantan matang gonad diketahui dengan cara mengurut perut ke arah urogenital; cairan semen berwarna putih keluar saat perut ikan diurut. Induksi ovulasi dilakukan dengan menggunakan *ovaprim* dengan dosis 0,2 ml/kg bobot tubuh induk ikan mas jantan, dan 0,5 ml/kg bobot tubuh induk mas betina. Induksi dilakukan guna memastikan ikan ovulasi pada waktu yang diinginkan.

## Produksi Ikan Mas Transgenik Keturunan Kedua

Pada penelitian ini dibuat dua jenis persilangan untuk menghasilkan ikan mas transgenik keturunan kedua (F2). Persilangan pertama dilakukan dengan mengawinkan ikan mas jantan transgenik keturunan pertama (F1) dengan ikan mas betina non-transgenik yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05. Sebagai kontrol dibuat juga perkawinan antar ikan mas non-transgenik. Setelah diperoleh induk ikan mas betina transgenik F1 yang matang gonad, selanjutnya dibuat persilangan kedua dengan ikan mas jantan transgenik yang mempunyai marka molekuler tersebut. Pada persilangan kedua tersebut terdapat dua ekor dari lima induk ikan mas betina transgenik F1 yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05.

Telur dan sperma dikeluarkan dengan cara mengurut (*stripping*) perut induk ikan ke arah urogenital. Pembuahan telur dilakukan secara buatan dengan mencampur sperma dan telur dalam cawan, kemudian telur disebarluaskan di kakaban yang diletakkan dalam hapa hijau (ukuran 2x2x1 m). Jumlah telur dibuat relatif sama pada setiap persilangan. Setelah telur menetas, kakaban dikeluarkan dari hapa tersebut.

## Pemeliharaan, Pertumbuhan dan Sintasan Ikan Mas Transgenik F2

Larva ikan mas diberi pakan berupa naupli *Artemia* dengan frekuensi 3 kali sehari, hingga dapat memakan pakan buatan. Selanjutnya, benih ikan mas diberi pakan komersial sesuai bukan mulutnya. Setelah berumur sekitar 1 bulan, benih ikan mas dari setiap persilangan dihitung, bobot diukur, kemudian ditebar ke hapa baru yang berukuran sama dengan yang digunakan sebelumnya.

Pada umur sekitar 1 bulan, kepadatan benih ikan mas dibuat sama, yaitu 243 ekor/hapa pada ikan hasil persilangan pertama, dan 320 ekor/hapa pada persilangan kedua. Kepadatan ikan tersebut didasarkan pada jumlah ikan yang paling sedikit dari suatu persilangan. Setiap persilangan mempunyai 3 hapa sebagai ulangan. Pada umur 4 bulan, ikan dipelihara di hapa berukuran 3x2x1 m. Ikan diberi pakan komersial 3 kali sehari, secara satiasi (sampai ikan kenyang). Pengukuran bobot ikan dilakukan setiap bulan. Pada bulan pertama pertama bobot ikan diukur per 30 ekor, sedangkan pada sampling bobot berikutnya dilakukan per

individu ikan. Jumlah ikan yang hidup dihitung pada setiap sampling bobot. Data dianalisis secara deskriptif.

### **Uji Tantang Ikan Mas Transgenik F2 dengan Virus KHV**

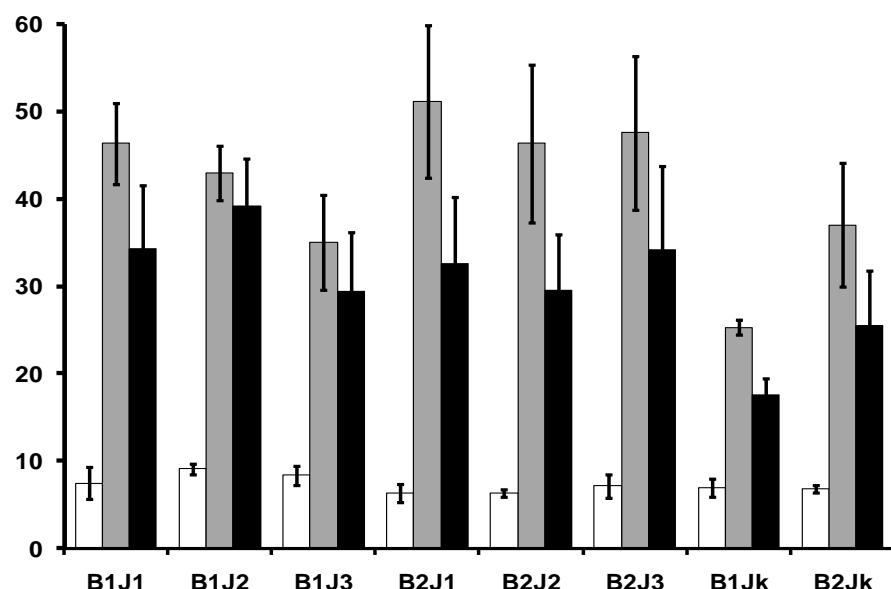
Benih ikan mas transgenik F2 yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05, dan non-transgenik yang tidak mempunyai marka molekuler serta bebas virus KHV diuji tantang dengan virus KHV menggunakan metode kohabitasi di laboratorium secara terkontrol. Identifikasi ikan mas bebas virus dan pelaksanaan uji tantang dilakukan mengikuti metode Nuryati *et al.* (2010). Uji tantang dilakukan dengan menambahkan 3 ekor ikan mas yang terinfeksi KHV ke setiap akuarium yang telah berisi 30 ekor ikan. Ikan dipelihara selama 30 hari pada suhu air 21-23°C, dan diberi pakan komersial 3 kali sehari secara satiasi. Air diganti sebanyak 50% volume akuarium setiap 2 hari, untuk menjaga kualitas air tetap baik. Ikan yang mati dihitung setiap hari.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Persilangan Antara Ikan Mas Jantan Transgenik F1 dan Ikan Mas Betina Non-Transgenik**

Enam persilangan dibuat antara ikan jantan transgenik (J) dan ikan mas non-transgenik (B), dan dua persilangan antar ikan mas non-transgenik sebagai kontrol (Gambar 1). Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, bobot rerata ikan mas hasil persilangan ikan mas betina non-transgenik B1 dengan ikan mas jantan transgenik (B1J1, B1J2, B1J3) relatif lebih tinggi daripada kontrol B1Jk dan B2Jk. Demikian juga dengan sintasan (di kolam) dan biomassa ikan B1J1, B1J2, dan B1J3 relatif lebih tinggi daripada kedua kontrol tersebut. Peningkatan bobot, sintasan, dan biomassa tertinggi diperoleh pada B1J2, yaitu berturut-turut sekitar 31%, 70%, dan 123% dibandingkan dengan kontrol B1Jk. Sementara itu, bobot rerata ikan mas hasil persilangan ikan mas betina non-transgenik B2 dengan ikan mas jantan transgenik (B2J1, B2J2, B2J3) relatif sama dengan kontrol B1Jk dan B2Jk, tetapi sintasan dan biomassanya relatif lebih tinggi daripada kedua kontrol tersebut. Peningkatan sintasan dan biomassa tertinggi diperoleh pada ikan B2J3, yaitu berturut-turut sekitar 29% dan 34% dibandingkan dengan kontrol B2Jk.

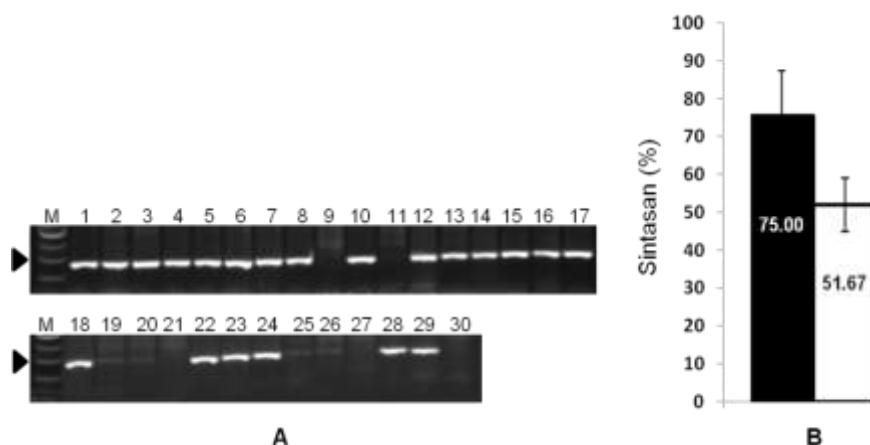
Peningkatan bobot ikan F2 menunjukkan peran ekspresi transgen GH, sementara peningkatan sintasan diduga terkait kuat dengan keberadaan marka Cyca-DAB1\*05. Dari hasil analisis PCR terhadap Cyca-DAB1\*05 diketahui bahwa dari 30 ekor ikan yang diambil secara acak, terdapat sekitar 83% mempunyai marka Cyca-DAB1\*05 (Gambar 2A). Persentase ikan yang membawa marka tersebut relatif sama dengan penelitian sebelumnya (Alimuddin *et al.* 2011a). Selanjutnya, hasil uji tantang dengan virus KHV di laboratorium juga menunjukkan bahwa ikan transgenik yang mempunyai marka ( $75,00 \pm 11,78\%$ ) memiliki sintasan lebih tinggi daripada ikan non-transgenik yang tidak mempunyai marka molekuler tersebut ( $51,67 \pm 7,07\%$ ) (Gambar 2B).



Gambar 1. Bobot (g, bar putih), sintasan (% , bar abu-abu), dan biomassa (x10 g, bar hitam) ikan mas hasil persilangan antara ikan mas jantan transgenik keturunan pertama (J) dan ikan mas betina keturunan pertama yang mempunyai marka molekuler Cyca-DAB1\*05 (B). No. 1-3: nomor induk ikan mas yang digunakan. Jk: ikan mas jantan non-transgenik yang mempunyai marka molekuler Cyca-DAB1\*05. Garis vertikal pada bar menunjukkan simpangan baku dari 3 ulangan. Kepadatan tebar adalah 243 ekor ikan berumur sekitar 1 bulan. Ikan dipelihara selama 3 bulan pada kondisi yang sama di dalam hapa berukuran 2x2x1 m, dan selama 1 bulan berikutnya dalam hapa 3x2x1 m.

Secara teoritis terdapat sekitar 50% dari keturunan persilangan antara ikan transgenik dengan non-transgenik adalah ikan transgenik. Oleh karena itu, peningkatan biomassa diduga akan lebih tinggi bila ikan yang dipelihara semua transgenik. Selanjutnya, peningkatan biomassa ikan pada B1J2 (123%) dicapai

sekitar 12 generasi bila menggunakan metode seleksi dan peningkatan pertumbuhan sekitar 10% per generasi. Dengan demikian, aplikasi metode transgenesis dapat menghemat waktu untuk memperoleh tingkat perbaikan kualitas genetik yang sama dibandingkan dengan seleksi. Selanjutnya, perbedaan peningkatan bobot ikan F2, seperti pada B1J2 dan B2J2 menunjukkan perbedaan genotipe dan perlunya memilih induk betina yang digunakan dalam persilangan.



Gambar 2. Identifikasi individu ikan mas transgenik keturunan kedua (F2) hasil perkawinan antara ikan mas jantan transgenik keturunan pertama dengan ikan mas betina non-transgenik yang mempunyai marka molekuler Cyca-DAB1\*05 menggunakan metode PCR (A). Sintasan ikan mas transgenik F2 hasil perkawinan antara ikan mas jantan transgenik keturunan pertama dengan ikan mas betina non-transgenik yang mempunyai marka molekuler Cyca-DAB1\*05 (bar hitam), dan ikan mas yang tidak mempunyai marka molekuler tersebut (bar putih) setelah uji tantang dengan virus koi herpesvirus (B). Tanda kepala panah pada Gambar 2A menunjukkan ukuran fragmen marker DNA 300 bp.

Sintasan (di kolam) ikan hasil persilangan dengan ikan jantan transgenik lebih tinggi daripada kontrol non-transgenik. Secara visual tidak terlihat tanda-tanda infeksi penyakit, sehingga perbedaan sintasan tersebut diduga terkait dengan perbedaan daya tahan ikan terhadap fluktuasi kondisi air kolam pemeliharaan. Over-ekspresi GH pada ikan transgenik diduga meningkatkan daya tahan ikan terhadap fluktuasi kondisi air kolam. Hal yang serupa telah dilaporan pada ikan yang diberi hormon pertumbuhan rekombinan (rGH) dengan sintasan lebih tinggi daripada yang tidak diberi rGH (Acosta *et al.* 2009; Alimuddin *et al.* 2011b; Handoyo *et al.* 2012). Selain itu, pemberian rGH juga dapat meningkatkan daya tahan ikan terhadap penyakit (Sakai *et al.* 1997; Acosta *et al.* 2009).

## Persilangan Antar Ikan Mas Transgenik F1

Sekitar sebulan setelah dilakukan persilangan antara ikan mas jantan transgenik dengan ikan mas betina non-transgenik, diperoleh 5 ekor ikan mas betina transgenik yang matang gonad, sehingga dilakukan persilangan antar ikan mas transgenik untuk memproduksi ikan mas transgenik keturunan kedua. Dengan menggunakan dua ekor jantan yang sama pada penelitian pertama, pemijahan dengan 5 ekor betina menghasilkan 10 persilangan, tetapi ikan hasil persilangan B2J1 tersisa 12 ekor sehingga tidak dimasukkan dalam Tabel 1. Bobot ikan Ikan dipelihara menggunakan metode yang sama dengan penelitian pertama, kecuali kepadatannya (320 ekor per hapa) lebih tinggi daripada penelitian pertama (243 ekor per hapa).

Seperti ditampilkan pada Tabel 1, bobot rerata semua populasi adalah  $5,10 \pm 1,06$  g. Pada umur yang sama, bobot rerata ini sekitar 47% lebih tinggi daripada bobot rerata semua populasi ikan persilangan pertama ( $3,47 \pm 0,77$  g). Bahkan beberapa ekor ikan dari persilangan tertentu memiliki bobot 10-40 kali lebih tinggi daripada bobot rerata populasi. Sementara itu, rerata sintasan populasi ikan hasil persilangan kedua ( $68,66 \pm 27,52\%$ ) relatif sama dengan persilangan pertama antara ikan transgenik dan non-transgenik ( $65,00 \pm 3,00\%$ ). Dengan demikian bobot rerata yang lebih tinggi pada persilangan kedua tersebut diduga karena persentase ikan transgenik dalam populasi lebih tinggi daripada persilangan pertama. Secara teoritis rasio antara ikan transgenik dengan ikan non-transgenik dalam populasi F1 x F1 adalah 3 : 1.

Variasi bobot ikan keturunan persilangan kedua cukup tinggi, karena ada beberapa ekor yang memiliki bobot sekitar 10-40 kali lebih tinggi (Gambar 3) daripada bobot rerata populasi tersebut ( $4,69-6,82$  g). Hal tersebut terdapat pada ikan yang memiliki sintasan kurang dari 80% (Tabel 1, lajur yang diarsir). Tiga persilangan, yakni B2 x J1, B3 x J1, dan B1 x J1 memiliki sintasan terendah, masing-masing adalah 3,75%, 47,81%, dan 55,31%. Kisaran bobot ikan pada keturunan B2 x J1 adalah 2,70-263,40 g (bobot rerata 49,63 g). Pada kedua persilangan terakhir dengan sintasan rendah tersebut, kisaran bobot ikan yang memiliki bobot tubuh minimal 2x lebih besar dari bobot rerata populasi adalah 9,90-198,70 g.

Tabel 1. Sintasan, bobot rerata populasi, jumlah ikan dengan bobot tubuh minimal 2x lebih besar dari bobot rerata populasi, serta bobot rerata individu dan kisaran bobot ikan minimal 2x lebih besar dari bobot rerata populasi

Persilangan	Bobot rerata populasi (g)	Jumlah ikan (sintasan, %)	Jumlah ikan ber-ukuran >2x rerata bobot populasi	Bobot ikan dengan >2x rerata bobot populasi (g)	Kisaran bobot ikan >2x rerata bobot populasi (g)
B1 x J1	6,46 ± 18,40	177 (55,31)	10	58,51 ± 58,10	18,10 - 198,70
B1 x J2	5,18 ± 3,25	257 (80,31)	8	16,86 ± 8,60	10,50 - 35,20
B2 x J2	4,30 ± 2,44	286 (89,38)	14	12,76 ± 3,32	8,60 - 19,30
B3 x J1	4,69 ± 16,16	153 (47,81)	5	51,73 ± 71,54	9,90 - 194,60
B3 x J2	5,27 ± 8,69	239 (74,69)	7	36,22 ± 41,01	14,00 - 128,23
B4 x J1	6,82 ± 6,61	228 (71,25)	10	28,61 ± 21,13	14,30 - 86,00
B4 x J2	6,25 ± 8,26	240 (75,00)	13	35,05 ± 15,71	15,80 - 63,60
B5 x J1	3,75 ± 1,95	298 (93,13)	12	10,60 ± 3,02	7,70 - 18,10
B5 x J2	5,74 ± 2,59	307 (95,94)	6	16,73 ± 2,41	15,00 - 20,40

Keterangan:

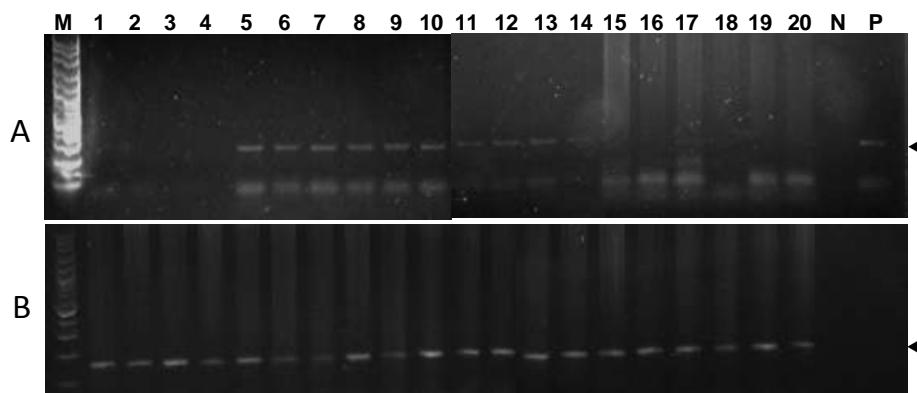
Persilangan Bm x Jn artinya ikan betina transgenik no. "m" dikawinkan dengan ikan jantan transgenik no. "n". Kedua ikan transgenik tersebut mempunyai marka molekuler Cyca-DAB1\*05 daya tahan terhadap infeksi KHV. Nilai bobot ditampilkan dalam rerata ± simpangan baku, dari 3 ulangan. Ikan dipelihara selama 3 bulan dalam hapa (ukuran 2x2x1 m) dengan kepadatan 320 ekor/hapa. Hapa dipasang di kolam beton berukuran 22x17x3 m.



Gambar 3. Tiga ekor contoh ikan mas transgenik keturunan kedua (panah garis utuh) yang memiliki bobot sekitar 10-40 kali lebih tinggi daripada rerata bobot populasi (panah garis putus-putus). Ikan dipelihara pada kondisi yang sama selama sekitar 3 bulan di hapa (ukuran 2x2x1 m) yang dipasang di kolam beton (ukuran 22x17x3 m).

Seperti pada persilangan pertama, yang menjadi perhatian utama pada persilangan kedua ini adalah populasi ikan yang memiliki bobot minimal 2x lebih tinggi daripada bobot rerata populasi. Jumlah total ikan yang memiliki bobot tubuh minimal 2x lebih besar daripada bobot rerata populasi dari masing-masing persilangan adalah 85 ekor (4% dari total ikan) (Tabel 1). Analisis PCR telah

dilakukan untuk memastikan apakah ikan yang berukuran besar (beberapa kali lipat dari rerata bobot populasi) membawa transgen, sementara yang kecil sekali (di bawah rerata bobot populasi) tidak membawa transgen. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4A, semua ikan dengan bobot minimal 4 kali lebih tinggi daripada bobot rerata populasi (kolom 6-10) membawa transgen, sekitar 80% ikan dengan bobot sekitar 2 kali lebih tinggi daripada bobot rerata populasi (kolom 11-15) membawa transgen, sekitar 20% ikan dengan bobot sedikit lebih kecil dari rerata bobot populasi adalah membawa transgen, sedangkan yang berukuran kecil sekali semua tidak membawa transgen (kolom 16-20). Hal ini memperkuat keyakinan bahwa peningkatan bobot yang tinggi tersebut terkait dengan over-ekspresi gen GH.



Gambar 4. Deteksi transgen hormon pertumbuhan (A) pada ikan mas generasi kedua menggunakan metode PCR dengan primer spesifik, dan beta-aktin sebagai kontrol *loading* DNA (B). M: marker DNA, kolom no. 1-5: produk PCR dengan DNA dari ikan berukuran kecil, no. 6-10: DNA dari ikan berukuran besar, no. 11-15: DNA dari ikan berukuran sedang, no. 16-20: DNA dari ikan berukuran kecil sekali. N: produk PCR tanpa cetakan/templat sebagai kontrol negatif, P: produk PCR dengan cetakan plasmid sebagai kontrol positif.

Hasil analisis PCR untuk mengidentifikasi status keturunan ikan Bg x Jg dari 2 persilangan (B1J1 dan B3J1) menunjukkan bahwa sekitar 42,5% populasi adalah ikan transgenik yang mempunyai marka molekuler, sekitar 16% adalah ikan transgenik tanpa marka, sekitar 26% ikan non-transgenik mempunyai marka, dan sisanya adalah non-transgenik dan tidak mempunyai marka. Sementara itu, pada keturunan persilangan B2J1 yang memiliki kelangsungan hidup sangat rendah (4%), 75% (8 ekor) ikan B2J1 adalah transgenik dan memiliki marka molekuler, 17% (2 ekor) berupa transgenik tanpa marka, dan sisanya adalah non-

transgenik dan tidak mempunyai marka. Analisis PCR untuk menentukan status keturunan ikan persilangan B5J1, B4J1, B1J2, B2J2, B3J2, B4J2, B5J2 masih sedang dilakukan.

Ikan F2 transgenik dan memiliki marka Cyca-DAB1\*05 akan diidentifikasi lebih lanjut untuk memperoleh individu ikan transgenik homosigot. Secara teoritis, persilangan antar ikan transgenik F1 akan menghasilkan ikan transgenik homosigot sekitar 25% populasi. Ikan transgenik homosigot berguna untuk memproduksi ikan transgenik secara massal dengan cara memijahkannya dengan ikan non-transgenik. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya, identifikasi individu ikan transgenik homosigot akan difokuskan pada 85 ekor tersebut (Tabel 1). Individu ikan transgenik homosigot dapat diidentifikasi menggunakan metode real-time PCR (Alimuddin *et al.* 2007) dan kemudian dapat dikonfirmasi menggunakan uji progeni. Real-time PCR membutuhkan primer spesifik dan tidak menghasilkan dimer. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4A, terdapat dimer (pita DNA di bawah tanda kepala panah) yang cukup tebal. Oleh karena itu, primer baru perlu didesain untuk mendekripsi secara tepat ikan mas transgenik homosigot. Selanjutnya, hasil uji pertumbuhan dan analisis efisiensi pakan pada keturunan ikan transgenik homosigot ini akan menggambarkan potensi nyata peningkatan produktifitas dan efisiensi biaya produksi budidaya ikan mas transgenik.

Daya tahan ikan terhadap infeksi penyakit dapat dilakukan melalui uji tantang. Dengan pertimbangan bahwa ikan transgenik F2 Bg x Jg yang dihasilkan akan digunakan untuk identifikasi individu ikan transgenik homosigot pada penelitian selanjutnya, maka pada penelitian ini belum dilakukan uji tantang dengan virus KHV. Uji tantang akan dilakukan pada keturunan hasil persilangan antara ikan transgenik homosigot yang mempunyai marka Cyca-DAB1\*05 dan ikan non-transgenik yang juga mempunyai marka tersebut.

Gonad ikan salmon (Devlin *et al.* 1994) dan ikan *mud loach* transgenik (Nam *et al.* 2001) berkembang normal, tetapi ikan nila transgenik (Kobayashi *et al.* 2007) yang memiliki pertumbuhan sekitar 7 kali lebih tinggi daripada kontrol non-transgenik memiliki gonad relatif kecil; jumlah telur dan sperma relatif sedikit. Seperti halnya ikan transgenik salmon dan *mud loach* yang tumbuh

spektakuler, ikan mas transgenik (hasil penelitian ini) yang tumbuh lebih dari dua kali lipat diharapkan memiliki gonad yang normal. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk membuktikan hal ini.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ikan transgenik keturunan kedua yang memiliki pertumbuhan minimal 2 kali lebih cepat dan lebih tahan terhadap infeksi KHV daripada ikan non-transgenik telah berhasil diproduksi. Jumlah ikan keturunan kedua yang memiliki pertumbuhan dua kali atau lebih daripada rerata bobot populasi yang diperoleh dari persilangan antar ikan transgenik keturunan pertama adalah 85 ekor (sekitar 4% populasi). Secara teoritis, terdapat sekitar 25% populasi ikan transgenik tersebut adalah bersifat homosigot. Ikan transgenik homosigot tersebut sangat berguna dalam produksi massal ikan transgenik. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan identifikasi ikan transgenik homosigot.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai melalui Proyek Nomor: 58/I3.24.4/SPK-PUS/IPB/2012. Terima kasih disampaikan kepada Arief Eko Prasetiyo SPi., Dwi Hani Yanti SPi., Anna Octavera SPi. MSi., dan Lina Mulyani yang membantu dalam teknis pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acosta J, Morales R, Estrada MP, Carpio Y, Ruiz O, Martínez E, Valdés J, Borroto C, Besada J, Sánchez A, Herrera F. 2009. Tilapia somatotropin polypeptides: potent enhancers of fish growth and innate immunity. *Biotecnología Aplicada*, 26: 267-272.
- Alimuddin, Yoshizaki G, Carman O. 2007. Metode cepat untuk identifikasi sigositas pada ikan transgenik. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 6: 177-182.
- Alimuddin, Mubinun, Santika A, Carman O, Faizal I, Sumantadinata K. 2011a. Identification of the majalaya common carp strain resistance to KHV

infection using Cyca-DAB1\*05 allele as a marker. *Indonesian Aquaculture Journal*, 6: 157-163.

Alimuddin, Budiardi T, Arfah H. 2011b. Teknologi inovasi: meningkatkan pertumbuhan dan produksi benih ikan gurame melalui aplikasi rekombinan hormon pertumbuhan. Laporan Akhir Penelitian Unggulan IPB, DM-IPB No.: 255.7/13.11/PG/2011.

Devlin RH, Yesaki TY, Biagi CA, Donaldson EM. 1994. Extraordinary growth in salmon. *Nature*, 371: 209-210.

Faridah N, Alimuddin, Hardianto D, Prasetyo AE, Yanti DH, Faizal I, Sumantadinata K. 2011. Pertumbuhan ikan mas transgenik keturunan pertama. Seminar pada Forum Inovasi Teknologi Akuakultur, Inna Grand Beach Hotel, Bali 19-21 Juli 2011.

Hardianto D, Prasetyo AE, Alimuddin, Yanti DH. 2012. Aplikasi rekombinan hormon pertumbuhan dalam pakan dengan kadar protein rendah pada pertumbuhan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Makalah dipresentasikan dalam Simposium Bioteknologi Akuakultur IV tahun 2012 di ICC IPB Bogor, 18 Oktober 2012.

Kobayashi SI, Alimuddin, Morita T, Miwa M, Lu J, Endo M, Takeuchi T, Yoshizaki G. 2007. Transgenic Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) over-expressing growth hormone show reduced ammonia excretion. *Aquaculture*, 270: 427-435.

Nam YK, Noh JK, Cho YS, Cho HJ, Cho KN, Kim CG, Kim DS. 2001. Dramatically accelerated growth and extraordinary gigantism of transgenic mud loach (*Misgurnus mizolepis*). *Transgenic Res.*, 10:353-362.

Nuryati S, Alimuddin, Sukenda, Soejoedono RD, Santika A, Pasaribu FH, Sumantadinata K. 2010. Construction of a DNA vaccine using glycoprotein-25 and its expression towards increasing survival rate of KHV-infected common carp (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Natur Indonesia*, 13(1): 47-52.

Sakai M, Kajita Y, Kobayashi M, Kawauchi H, 1997. Immunostimulating effect of growth hormone: *in vivo* administration of growth hormone in rainbow trout enhances resistance to *Vibrio anguilarum* infection. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 57: 147-152.

## PENGEMBANGAN PENGELOLAAN AIR SAWAH SYSTEM OF RICE INTENSIFICATION (SRI) DENGAN SISTEM MONITORING LAPANG DI INDONESIA

(Developing Water Management of System of Rice Intensification Paddy Field by Field Monitoring System in Indonesia)

Budi I. Setiawan<sup>1)</sup>, Chusnul Arif<sup>1)</sup>, Satyanto K. Sapomo<sup>1)</sup>, Ardiansyah<sup>2)</sup>,  
Masaru Mizoguchi<sup>3)</sup>, Ryoichi Doi<sup>3)</sup>, Tetsu Ito<sup>3)</sup>, Tsugihiro Watana be<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Dep. Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

<sup>2)</sup>Dep. Teknik Pertanian, Universitas Soedirman.

<sup>3)</sup>Department of Global Agricultural Sciences, the University of Tokyo, JAPAN.

<sup>4)</sup>Institute of Humanity and Nature, Kyoto, JAPAN.

### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk membangun sistem pemantauan lapangan (FMS) dalam mendukung pengecolaan sumber daya air terpadu dari *System of Rice Intensification* (SRI) sawah di Indonesia. FMS dikembangkan untuk pengukuran meteorologi dan parameter tanah. FMS bekerja sebagai sistem pemantauan jarak jauh mempergunakan *FieldRouter* yang dilengkapi dengan kamera dan terhubung ke data logger sistem pengukuran meteorologi dan tanah. Perubahan kelembaban dan suhu tanah serta parameter meteorologi diukur dan dimonitor pada interval 30 menit. Kemudian, data dan gambar tanaman setiap hari dikirim ke server dengan menggunakan sistem global untuk komunikasi *mobile* (GSM). Semua data yang dilakukan secara online dapat diakses di <http://emsasri.org> sebagai foto, data numerik dan grafis. Dengan mempergunakan data tersebut, metode baru telah dikembangkan untuk memperkirakan komponen neraca air, seperti irigasi dan evapotranspirasi tanaman untuk mengevaluasi produktifitas air. Selain itu data tersebut juga digunakan untuk melihat respon tanaman terhadap air yang tersedia di lahan diwakili oleh koefisien tanaman ( $K_c$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa FMS efektif, efisien dan dapat diandalkan dalam memantau sawah SRI di Indonesia. Kondisi lapangan yang sebenarnya dapat dipantau dengan baik secara visual, data numerik dan grafis, sehingga pertumbuhan tanaman dapat lebih mudah dipantau. Selain itu koefisien tanaman dan komponen neraca air dapat ditentukan dengan metode yang disajikan dengan menggunakan data pemantauan. Semua data pemantauan ini dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut dalam rangka mendukung pengecolaan sumber air terpadu di bidang padi SRI.

Kata kunci: *System of rice intensification*, lingkungan, irigasi, *quasi-realtime monitoring*, sumber daya air.

### ABSTRACT

The study was performed for establishing a field monitoring system (FMS) to support integrated water resource management of System of Rice Intensification (SRI) paddy field in Indonesia. FMS was developed in providing meteorological and soil parameters data. FMS works as a remote monitoring system using *FieldRouter* that is equipped with an *in situ* camera and connected to meteorological and soil data loggers. Changes in soil moisture and soil temperature and meteorological parameters were measured and monitored at intervals of 30 minutes. Then, the data and plant image were daily transmitted to a remote server by means of the Global System for Mobile communication (GSM). All data were made accessible online at <http://emsasri.org> as images in addition

to numeric and graphic data. By monitoring data, we proposed the novel method to estimate water balance variables, such as irrigation water and crop evapotranspiration to evaluate water productivity. Also, we used the data to evaluate plant response to available water in the field represented by crop coefficient ( $K_c$ ). The results showed that FMS was effective, efficient and reliable in monitoring SRI paddy fields in Indonesia. The actual field conditions were monitored well in term of image, numeric and graphic data acquisition. With these data, plant growth can be more easily monitored. Also, crop coefficient and water balance variables can be determined by the proposed method using the monitoring data. Furthermore, all monitoring and estimated data can be used for further analysis to support integrated water resource management program in SRI paddy fields.

**Keywords:** System of rice intensification, environmental, irrigation, quasi-real time monitoring, water resource.

## PENDAHULUAN

Tantangan untuk meningkatkan produktifitas padi di Indonesia telah meningkat karena adanya peningkatan populasi dan berkurangnya daerah subur. Selain itu, perubahan iklim telah mempengaruhi irigasi padi selama musim hujan dan kering (De Silva *et al.* 2007). Pengelolaan tanaman dengan metode *System of Rice Intensification* (SRI) diusulkan sebagai metode budidaya alternatif, dengan input yang lebih efisien dengan menyediakan kondisi pertumbuhan yang sesuai di zona akar. Konsep dasarnya adalah penanaman bibit muda tunggal dan jarak yang lebih lebar antara bibit transplantasi, penerapan irigasi berselang, pupuk organik dan aerasi tanah aktif (Uphoff *et al.* 2011; Stoop *et al.* 2002).

Sejak diperkenalkan pada musim kemarau tahun 1999 oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Indonesia, pengelolaan tanaman SRI telah tersebar luas di beberapa daerah melalui beberapa program di Indonesia. Dengan mengadopsi AWDI, penggunaan air dapat dikurangi sampai dengan 40% (Sato *et al.* 2011; Sato and Uphoff 2007). Namun, ada beberapa keterbatasan dalam mensosialisasikan pengelolaan tanaman SRI di Indonesia, seperti rezim irigasi dan pengendalian air (Gani *et al.* 2002).

Ketidakpastian mengenai dampak perubahan iklim dan perubahan penggunaan lahan untuk pasokan air telah menjadi tantangan untuk pengelolaan air pertanian. Peningkatan suhu dalam perubahan iklim akan meningkatkan evapotranspirasi, seperti yang ditunjukkan oleh Saptomo *et al.* (2009) dengan simulasi numerik. Salah satu upaya untuk beradaptasi dengan situasi ini adalah

dengan meningkatkan efisiensi penggunaan air yang akan mengarah pada penghindaran kehilangan air irigasi, misalnya dengan mengurangi penggunaan genangan di sawah. Metode ini dapat menyediakan kelembaban tanah, evapotranspirasi dan suhu yang berbeda (Saptomo *et al.* 2011) yang mungkin mempengaruhi produksi.

Penelitian lebih lanjut berfokus pada air dan produktifitas lahan dengan mencari irigasi yang optimal. Irigasi dapat lebih dioptimalkan melalui pengembangan sumber daya air terpadu pengelolaan (IWRM) program. Untuk mendukung penelitian ini, diperlukan data yang lengkap pada lingkungan sawah seperti tanah dan data meteorologi dengan pengukuran yang kontinyu. Data kelembaban tanah sangat penting untuk mengidentifikasi ketersediaan air di lapangan. Sementara itu, informasi data meteorologi seperti curah hujan, suhu udara, kelembaban relatif, radiasi matahari dan kecepatan angin yang diperlukan untuk mempertimbangkan efek lingkungan alam dalam menentukan air irigasi. Data curah hujan dapat digunakan untuk menentukan awal musim hujan dan kering seperti di Indonesia (Irsyad 2011), sementara data meteorologi lainnya adalah faktor utama untuk menentukan evapotranspirasi (Allen *et al.* 1998). Oleh karena itu, sistem pemantauan lapang atau *Field Monitoring System* (FMS) diperlukan untuk memberikan informasi mengenai data tersebut.

Studi pengembangan FMS untuk sawah SRI dimulai sejak tahun 2008 dengan menggunakan *Field Server* (Setiawan *et al.* 2010; Gardjito *et al.* 2008.). Kemudian, pada tahun 2010 dilanjutkan dengan peralatan baru, *Field Router*, untuk memantau SRI sawah di Sukabumi, Jawa Barat (Arif *et al.* 2011). Sistem ini efektif, efisien dan dapat diandalkan dalam memantau SRI sawah di Indonesia (Mizoguchi *et al.* 2011). Oleh karena itu, dalam penelitian ini FMS diperluas penggunaannya di Bali dan Sulawesi Selatan bekerja sama dengan Lembaga Penelitian RIHN, Jepang mulai tahun 2011 berfokus pada program IWRM.

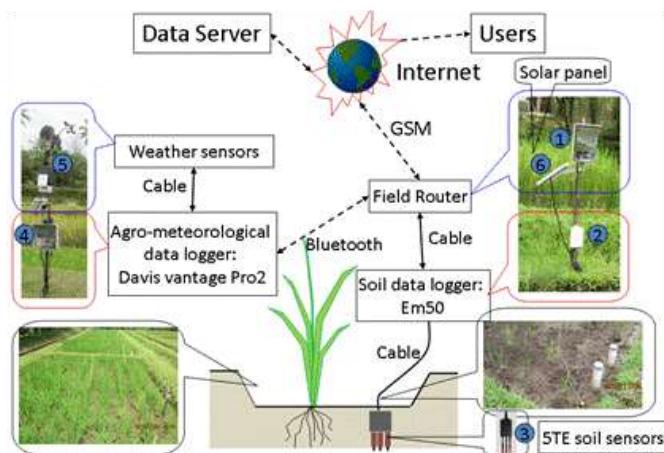
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi FMS diperpanjang menggunakan FieldRouter untuk sawah SRI di Bali dan Sulawesi Selatan serta membangun FMS untuk dalam mendukung program IWRM di sawah SRI.

## METODE PENELITIAN

### SRI Field Monitoring System

Sistem pemantauan jarak jauh *hybrid FMS* dengan *FieldRouter*, dilengkapi dengan kamera dan terhubung ke data logger meteorologi dan tanah. *Davis Vantage Pro2 Weather Station* digunakan untuk mengukur dan merekam data radiasi matahari, suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, arah angin dan curah hujan. Konsol peralatan ini terhubung ke *Field Router* dengan secara nirkabel. Pada lapisan tanah, sensor kelembaban tanah (5TE: kelembaban tanah, temperatur, konduktivitas listrik), yang dikembangkan oleh Decagon Devices, Inc, USA, dipasang pada kedalaman 10-cm dari atas tanah di masing-masing plot dan dihubungkan ke data logger Em50 menggunakan kabel (Gambar 1).

Setiap sensor diatur untuk mengukur tanah dan meteorologi parameter setiap 30 menit. Kemudian, data disimpan dalam setiap data logger. *Field Router* diatur untuk secara otomatis bekerja pada jam 12.00 sampai 12.30 untuk mengumpulkan data dari kedua data logger, dan mengirim data serta gambar tanaman ke server data melalui koneksi GSM. Pengguna dapat dengan mudah memperoleh data dengan mengakses *website monitoring SRI*.



Gambar.1. *FMS remote monitoring in SRI paddy field.*

### Lokasi Sawah SRI

FMS dipasang di 8 lokasi yang terdiri 1 lokasi di Bogor, 1 lokasi di Sukabumi, 3 lokasi di Bali dan 3 lokasi di Sulawesi Selatan. Pada setiap lokasi parameter meteorologi, tanah dan data citra dimonitor oleh stasiun cuaca, soil data

logger, dan kamera kemudian data ditransfer oleh FMS. Kondisi detail setiap lokasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. FMS sawah SRI di Indonesia

No	Location	Stations	Weather station	Soil data logger	Image	Remote monitoring
1	Sukabumi	NOSC	Operational	Operational	Operational	Operational
2	Bogor	IPB	Operational	NOT INSTALLED	Operational	Operational
3	Bali	Lokapaksa	Operational	Operational	Operational	Operational
4		Titab	Operational	Operational	Operational	Operational
5		Umejero	Operational	Operational	Operational	Operational
6	South Sulawesi	Manjapai	Operational	Operational	DOWN	DOWN
7		Bisua	Operational	Operational	Operational	Operational
8		Malino	Operational	Operational	Operational	Operational

## Analisis Data

Dalam operasi FMS untuk sawah SRI di Indonesia, sistem dihadapkan pada kendala data yang hilang, seperti kelembaban tanah, karena masalah tak terduga. Oleh karena itu model jaringan saraf tiruan (ANN) dikembangkan untuk memperkirakan kelembaban tanah berdasarkan data meteorologi (Arif *et al.* 2012a). Selain itu untuk mengevaluasi pengelolaan air SRI, variabel keseimbangan air, seperti air irigasi dan evapotranspirasi tanaman sangat penting untuk diperkirakan untuk menentukan produktifitas air, dimana data tersebut tidak tersedia di lapangan. Oleh karena itu, metode estimasi menggunakan Solver Excel dikembangkan untuk memperkirakan variable yang tak terukur tersebut. (Arif *et al.* 2012b).

## Produktifitas Air dan Koefisien Tanaman

Setelah semua variabel dapat diperkirakan dengan menggunakan metode yang diusulkan, data-data tersebut digunakan untuk menghitung produktifitas air ( $WP$ ) untuk mencari hubungan air dan produksi beras (Molden *et al.* 2003). Di sawah,  $WP$  dihitung menggunakan persamaan berikut (Van der Hoek *et al.* 2001):

di mana, Y adalah hasil (ton / ha) dan ET<sub>c</sub> adalah total evapotranspirasi tanaman (mm) yang berasal dari analisis neraca air.

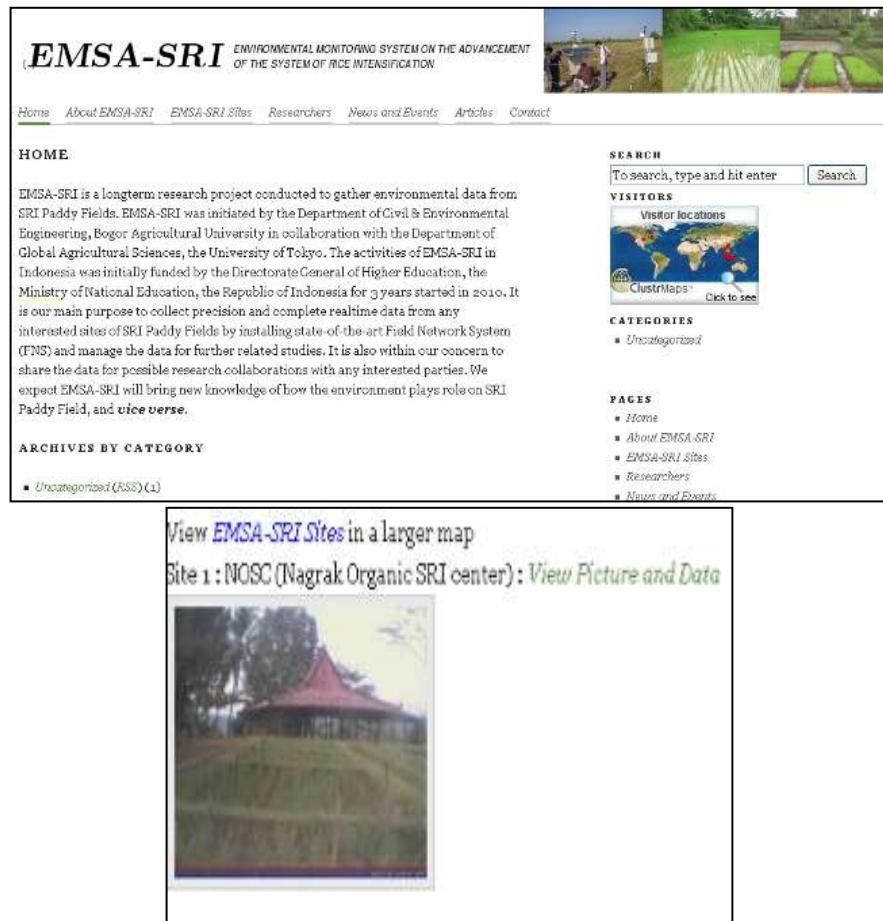
Kemudian, untuk mengevaluasi respons tanaman terhadap air yang tersedia di lapangan, koefisien tanaman ( $K_c$ ) ditentukan berdasarkan dua percobaan yaitu perlakuan SRI dan konvensional.  $K_c$  dapat ditentukan sebagai koefisien tanaman tunggal atau koefisien tanaman ganda. Di sini koefisien tanaman tunggal ( $K_c$ ) untuk menguji pengaruh dari transpirasi tanaman dan evaporasi tanah secara bersamaan.  $K_c$  nilai dihitung dari persamaan berikut:

dimana ETo adalah referensi evapotranspirasi yang dihitung berdasarkan model Penman-Monteith (Allen *et al.* 1998). Nilai Kc dihitung untuk setiap hari dan setiap nilai difilter menggunakan persamaan Kalman filter (Welch dan Uskup, 2006; Kalman, 1960) untuk m tren. Rata-rata nilai Kc kemudian dihitung pada setiap tahap pertumbuhan, yaitu awal, pengembangan tanaman, tahap musim reproduksi dan akhir (Vu *et al.* 2005; Tyagi *et al.* 2000; Allen *et al.* 1998; Mohan dan Arumugam, 1994).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Website Sistem Informasi SRI**

Semua informasi tentang pemantauan lapangan SRI dari penelitian ini dapat dengan mudah diakses melalui <http://emsasri.org>, yang disebut sebagai *website An Environmental Monitoring System on the Advancement of the System of Rice Intensification* (EMSA-SRI). Kita dapat memilih data numerik dan grafis pada tanah dan parameter meteorologi serta data gambar tanaman dari menu situs EMSA-SRI. Selain itu, *website* ini dilengkapi dengan menu lain yang terkait dengan penelitian seperti Tentang EMSA-SRI, Berita, Peneliti, *Event* dan Artikel. “Tentang EMSA-SRI” menggambarkan konsep pemantauan dan instrumen yang akan digunakan. Menu Peneliti berisi daftar tim peneliti, sedangkan Berita dan menu Acara menginformasikan berita yang terkait dengan SRI dan konferensi internasional yang dihadiri. Menu Artikel berisi artikel yang ditulis oleh para peneliti.



Gambar 2. SRI field monitoring website.

2010 / 10						
Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30	10/31
10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24
10/11	10/12	10/13	10/14	10/15	10/16	10/17
10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/10
Image calendar				10/1	10/2	10/3

Gambar 3. Kalender data gambar tanaman selama periode tanam.



Gambar 4. Pertumbuhan tanaman hasil monitoring visual FMS.

### Pemantauan Pertumbuhan Tanaman

Foto tanaman setiap hari dikirim melalui jaringan GSM ke server dan disajikan sebagai gambar tunggal seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk melihat gambaran dari tanaman selama periode tanam tersedia fasilitas kalender gambar (Gambar 3). Dalam kalender ini juga dapat diidentifikasi permasalahan yang terjadi di lapang maupun pada peralatan, sebagai contoh pada bulan Oktober 2010, ada gambar yang gagal dikirim ke server karena masalah jaringan GSM.

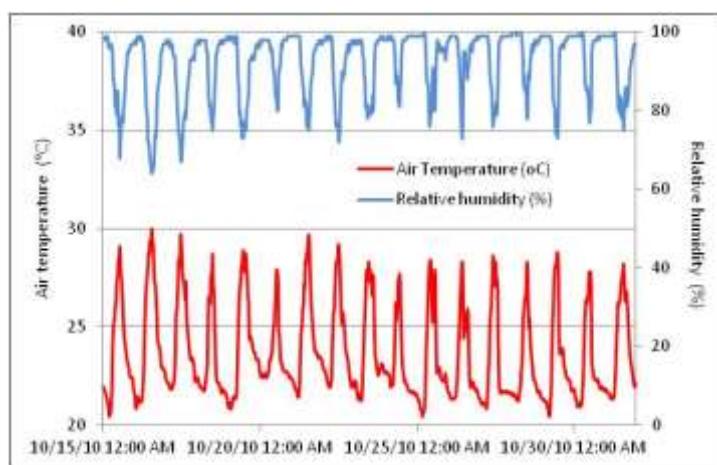
Namun, gambar yang mewakili setiap tahap tumbuh dapat direkam dan dikirim dengan baik ke server. Pada tahap awal, tanaman hampir tidak terlihat dan foto didominasi oleh tanah akibat penanaman bibit tunggal yang sangat muda, pada pengelolaan tanaman SRI. Sebaliknya, pada tahap reproduksi dan akhir, tanaman tumbuh dengan baik dan menutupi seluruh bidang. Hal ini menunjukkan bahwa tanam bibit tunggal per lubang dengan bibit sangat muda, kemungkinan besar meningkatkan produksi bahan kering dibandingkan dengan tiga tanaman per lubang seperti diutarakan San-oh *et al.* (2004).

### Dinamika Parameter Meteorologi

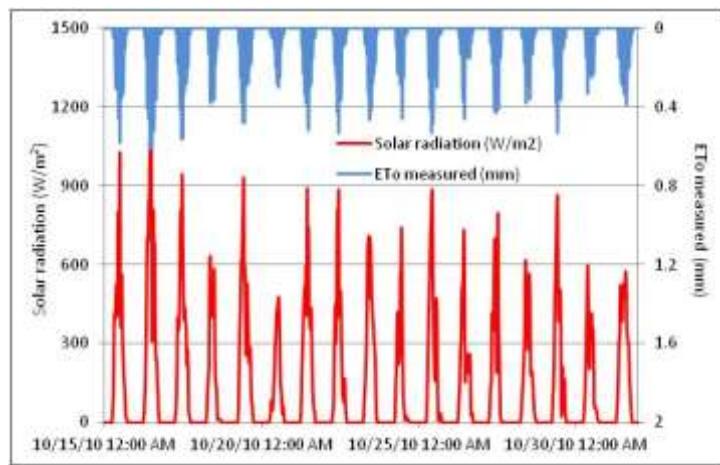
Gambar 5 menunjukkan perubahan jam dalam suhu udara dan kelembaban relatif selama 15-31 Oktober 2012. Kecenderungan data suhu udara terlihat kontras dengan kelembaban relatif. Suhu udara maksimum diamati pada siang hari sekitar pukul 12.00-02.00 ketika kelembaban relatif yang sangat rendah. Suhu udara maksimum hampir 30°C, ketika kelembabannya adalah sekitar 60% pada

tingkat terendah pada tanggal 16 Oktober 2010 12.00 PM. Suhu udara dipengaruhi oleh radiasi matahari di mana tingkat maksimum dicapai saat radiasi matahari juga pada tingkat maksimum sebagaimana disajikan pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan perubahan per jam di radiasi matahari dan evapotranspirasi referensi selama 15-31 Oktober 2012. Radiasi matahari memiliki korelasi positif terhadap evapotranspirasi referensi. Radiasi matahari maksimum dicapai pada waktu sekitar 12.00-14.00 serta evapotranspirasi acuan. Ini berarti selama waktu itu, kebutuhan air untuk tanaman mencapai tingkat maksimum.



Gambar 5. Dinamika temperatur dan kelembaban udara.

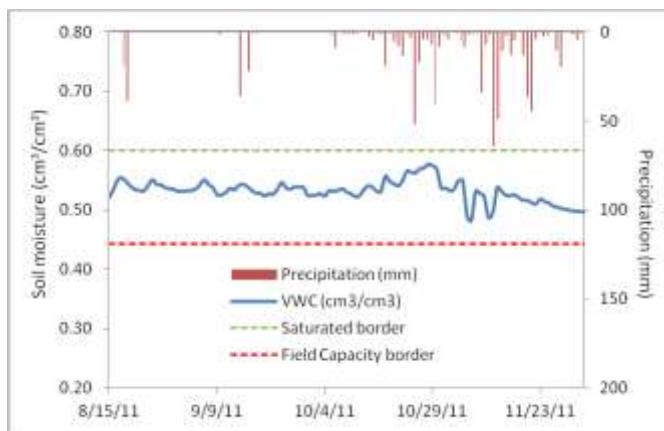


Gambar 6. Dinamika radiasi dan evapotranspirasi referensi.

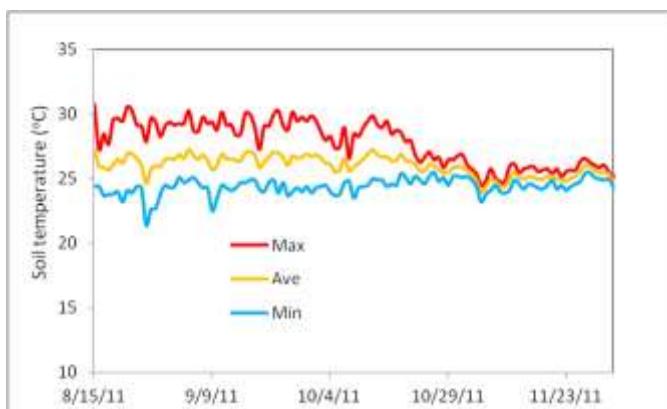
## Dinamika Parameter Tanah Terukur

Pengelolaan air SRI dilakukan tanpa genangan dan berbeda dengan budidaya padi konvensional. Kelembaban tanah dipertahankan diantara kondisi jenuh dan kapasitas lapang (Gambar 7), sehingga kondisi aerobik dapat tersedia dimana tanaman dapat menyerap oksigen secara optimal. Dengan praktek ini, air irigasi dapat dihemat sampai dengan 40% (Chapagain dan Yamaji, 2010).

Terjadi perubahan kecenderungan (tren) temperatur tanah selama periode budidaya. Pada permulaan sampai tahap pertengahan, tren yang terjadi lebih besar dari pada tahap berikutnya seperti halnya kesenjangan yang antara maksimum, rata-rata, dan nilai-nilai minimum (Gambar 8). Kecenderungan ini dipengaruhi oleh tanaman penutup ketika lahan tertutup tanaman pada tahap terakhir, dan tren fluktuasi suhu tanah secara bertahap melemah.



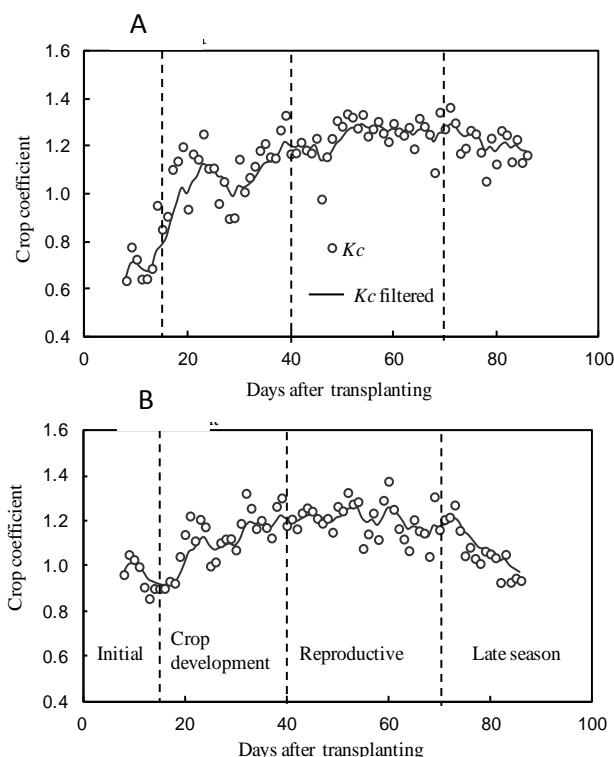
Gambar 7. Dinamika kelembaban tanah dan hujan.



Gambar 8. Dinamika temperatur tanah.

## Koefisien Tanaman

Koefisien harian tanaman ( $K_c$ ) nilai di sawah berfluktuasi di sepanjang sebagian besar periode budidaya (Gambar 9). Metode Filter Kalman digunakan untuk merapikan data dan menyambungkan garis yang *smooth* dan terus menerus selama periode tanam untuk kedua perawatan. Pada tahap awal, nilai  $K_c$  untuk sawah SRI lebih rendah daripada sawah konvensional karena sawah SRI lebih kering. Nilai  $K_c$  untuk kedua perawatan mencapai nilai minimum ketika permukaan air yang diamati turun selama beberapa hari sebagai respon terhadap kondisi kering. Di sini, diperkirakan nilai minimum  $K_c$  adalah masing-masing adalah 0,64 dan 0,86 untuk sawah SRI dan konvensional.



Gambar 9. Koefisien tanaman: A. SRI, B. Konvensional.

Selama tahap perkembangan tanaman, nilai  $K_c$  meningkat secara bertahap, dan kemudian menurun drastis. Penurunan  $K_c$  terjadi ketika level air mencapai ambang irigasi minimum untuk kedua perawatan. Pada tahap ini,  $K_c$  minimal nilai adalah 0,90 dan 1,02 untuk sawah SRI dan perawatan konvensional. Namun, bila tingkat air meningkat lagi menjadi ke ambang irigasi maksimum,  $K_c$  juga meningkat secara bertahap sampai akhir tahap ini.

Nilai Kc tetap pada tingkat tinggi selama tahap reproduksi ketika level air mencapai tingkat maksimal setelah curah hujan sering selama beberapa hari. Pada tahap terakhir, namun, ketika curah hujan menurun, air berkurang dan tanaman mengalami penuaan penuh, nilai Kc menurun untuk kedua perlakuan. Fenomena ini menunjukkan bagaimana respon tanaman terhadap ketersediaan air (Arif *et al.* 2012c).

## KESIMPULAN

Sistem Monitoring Lapang (FMS) yang dikembangkan cukup efektif, efisien dan dapat diandalkan dalam memantau SRI sawah di Indonesia. Kondisi lapang yang sebenarnya dipantau dengan baik dalam bentuk citra, akuisisi data numerik dan grafis. Dengan demikian, pertumbuhan tanaman dapat lebih mudah dipantau. Selain itu koefisien tanaman dan variabel neraca air dapat ditentukan dengan metode yang diusulkan menggunakan data pemantauan. Semua data pemantauan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut untuk mendukung program IWRM di lahan sawah SRI.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen RG, Pareira LS, Raes D, Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Arif C, Mizoguchi M, Setiawan BI, Doi R. 2012a. Estimation of soil moisture in paddy field using Artificial Neural Networks. International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence 1 (1):18-21.
- Arif C, Setiawan BI, Mizoguchi M, Doi R. 2012b. Estimation of Water Balance Components in Paddy Fields under Non-Flooded Irrigation Regimes by using Excel Solver. Journal of Agronomy 11 (2): 53-59. doi: 10.3923/ja.2012.53.59.
- Arif C, Setiawan BI, Mizoguchi M, Doi R, Saptomo SK, Ardiansyah, Ito T. 2011. Field Network System to Monitor Paddy Fields in the System of Rice Intensification in Indonesia. Paper presented at the CIGR 2011 conference on Sustainable Bioproduction, Tokyo, 19-23 September.
- Arif C, Setiawan BI, Sofiyuddin HA, Martief LM, Mizoguchi M, Doi R. 2012c. Estimating Crop Coefficient in Intermittent Irrigation Paddy Fields Using

- Excel Solver. Rice Science 19 (2):143-152. doi:10.1016/s1672-6308(12)60033-x.
- Chapagain T, Yamaji E. 2010. The effects of irrigation method, age of seedling and spacing on crop performance, productivity and water-wise rice production in Japan. Paddy Water Environ 8 (1):81-90. doi:10.1007/s10333-009-0187-5.
- De Silva CS, Weatherhead EK, Knox JW, Rodriguez-Diaz JA. 2007. Predicting the impacts of climate change - A case study of paddy irrigation water requirements in Sri Lanka. Agr Water Manage 93 (1-2):19-29. doi:10.1016/j.agwat.2007.06.003.
- Gani A, Kadir TS, Jatiharti A, Wardhana IP, Las I. 2002. The System of Rice Intensification in Indonesia. In: Uphoff N, Fernandes E, Yuan LP, Peng JM, Rafaralahy S, Rabenandrasana J (eds) Assessments of the System of Rice Intensification (SRI), Sanya, China, 1-4 April 2002. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, Ithaca, NY, pp 58-63.
- Gardjito, Rudiyanto, Agustina H, Setiawan BI, Mizoguchi M, Ito T, Priess J. 2008. Environmental Monitoring with Field Server via Internet. In: LIPI and STORMA Workshop, Jakarta, 20-21 February 2008.
- Irsyad F. 2011. Analysis of Cidanau River Discharge using SWAT Application. Bogor Agricultural University, Bogor.
- Kalman RE. 1960. A new approach to linear filtering and prediction problems. Transactions of the ASME-Journal of Basic Engineering 82 (Series D): 35-45.
- Mizoguchi M, Ito T, Arif C, Mitsuishi S, Akazawa M. 2011. Quasi real-time field network system for monitoring remote agricultural fields. In: SICE Annual Conference 2011, Waseda University, Tokyo, Japan, 13-18 September 2011. pp 1586-1589.
- Mohan S, Arumugam N. 1994. Irrigation crop coefficient for lowland rice. Irrigation and Drainage Systems 8:159-176. doi:10.1007/BF00881016.
- Molden D, Murray-Rust H, Sakthivadivel R, I M. 2003. A water productivity framework for understanding and action. In: Kijne J, Barker R, Molden D (eds) Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement. CABI publishing and International Water Management Institute.
- San-oh Y, Mano Y, Ookawa T, Hirasawa T. 2004. Comparison of dry matter production and associated characteristics between direct-sown and transplanted rice plants in a submerged paddy field and relationships to planting patterns. Field Crop Res 87:43-58.
- Saptomo, S.K., B.I.Setiawan, Kozue Yuge, Ken Mori. Simulating soil water flow and energy balance of paddy soil. 2009. International Conference on

Promising Practices for the Development of Sustainable Paddy Fields.  
Bogor: October 7-9, 2009.

- Saptomo, S.K., B. I. Setiawan, C. Arief. 2011. Evapotranspiration and Heat Flux over Wet and Dry System of Rice Intensification (SRI) Paddy Field Environment: Simulation Using Surface Energy Balance Model. PAWEES 2011 International Conference on "Capacity Building for Participatory Irrigation and Environmental Management", Taipei, 27-28 October 2011.
- Sato S, Uphoff N. 2007. A review of on-farm evaluation of system of rice intensification (SRI) methods in eastern Indonesia. 2 (054):12.
- Sato S, Yamaji E, Kuroda T. 2011. Strategies and engineering adaptions to disseminate SRI methods in large-scale irrigation systems in Eastern Indonesia. Paddy Water Environ 9 (1):79-88. doi:10.1007/s10333-010-0242-2.
- Setiawan BI, Mizoguchi M, Arif C, Ito T. 2010. Environmental Monitoring System on the Advancement of the System of Rice Intensification in Asian Countries. In: AFITA 2010 International Conference: the Quality Information for Competitive Agricultural based Production System and Commerce, Bogor, Indonesia, 3-7 October 2010.
- Stoop W, Uphoff N, Kassam A. 2002. A review of agricultural research issues raised by the system of rice intensification (SRI) from Madagascar: opportunities for improving farming systems for resource-poor farmers. Agr Syst 71:249-274. doi:10.1016/S0308-521X(01)00070-1.
- Tyagi NK, Sharma DK, Luthra SK. 2000. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter. Agr Water Manage 45 (1):41-54. doi:10.1016/S0378-3774(99)00071-2.
- Uphoff N, Kassam A, Harwood R. 2011. SRI as a methodology for raising crop and water productivity: productive adaptations in rice agronomy and irrigation water management. Paddy Water Environ 9:3-11. doi:10.1007/s10333-010-0224-4.
- Van der Hoek W, Sakthivadivel R, Renshaw M, Silver JB, Birley MH, Konradsen F. 2001. Alternate wet/dry irrigation in rice cultivation: a practical way to save water and control malaria and Japanese encephalitis? Research Report 47. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Vu SH, Watanabe H, Takagi K. 2005. Application of FAO-56 for evaluating evapotranspiration in simulation of pollutant runoff from paddy rice field in Japan. Agr Water Manage 76 (3):195-210. doi:10.1016/j.agwat.2005.01.012.
- Welch G, Bishop G. 2006. An introduction to the Kalman Filter.

## PENGARUH KONDISI LANSKAP TERHADAP INTERAKSI TROPIK ANTARA TANAMAN, HAMA DAN PARASITOID

(Effect of Agricultural Landscape on Shaping Trophic Interaction among Crop Plant, Pest and Parasitoid)

**Damayanti Buchori, Akhmad Rizali, Ali Nurmansyah, Sudarsono, M. Yasin  
Farid, M. Nurhuda Nugraha, Adha Sari**  
Dep. Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB

### ABSTRAK

Kondisi lanskap pertanian berpengaruh terhadap keberadaan musuh alami yang memiliki peranan penting dalam mengendalikan populasi hama. Lanskap yang sederhana cenderung lebih rentan terhadap serangan hama dibandingkan dengan lanskap yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kondisi lanskap terhadap interaksi antara tanaman, hama dan parasitoid. Melalui penelitian ini, akan diperoleh informasi mengenai model hubungan parasitoid dan hama (inang) yang berguna dalam membangun model pengelolaan habitat pertanian. Penelitian dilakukan pada 16 lanskap pertanian yang tersebar di Kabupaten Bogor dengan kompleksitas lanskap yang berbeda (kompleks vs sederhana) dan mencakup berbagai kondisi lingkungan meliputi perbedaan jarak dengan hutan, keberadaan permukiman, ketinggian tempat dan sistem budidaya pertanian. Di setiap lanskap dilakukan pengambilan contoh serangga dengan menggunakan metode transek yaitu mengambil serangga hama yang ada pada pertanaman sayuran untuk mengetahui keanekaragaman parasitoid yang ada pada lahan pertanian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lanskap pertanian mempengaruhi pola interaksi antara hama dengan parasitoid. Berdasarkan analisis hubungan (*network analysis*) menunjukkan bahwa kompleksitas dan perbedaan kondisi lingkungan dari lanskap pertanian memiliki *connectance*, *generality*, *vulnerability* dan *linkage density* yang berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa manajemen lanskap pertanian sangat penting untuk mendukung keberadaan musuh alami khususnya parasitoid pada habitat pertanian.

Kata kunci: Lanskap pertanian, parasitoid, analisis *network*, Q-GIS.

### ABSTRACT

The conditions of agricultural landscape influence the presence of natural enemies which play important role on controlling pest population. Agricultural area in simple landscape is vulnerable in pest outbreak than complex landscape. The objective of this research is to study the effect of landscape condition on trophic interaction among crop plant, pest and parasitoid. The outcome of this research is a pivotal knowledge about association pattern between pest and parasitoid as basic information to construct the model of agricultural habitat management. Ecological observations were conducted in 16 agricultural landscapes around Bogor Regency with different landscape complexity (complex vs simple) and comprise several environmental conditions i.e. different distance to the forest, the presence of settlement, altitude and agricultural management system. On each landscape, immature insects include of eggs, larvae and pupae were sampled using hand collecting methods in several transects (depend on patch size) which was focused on vegetable crops. Our result showed that the condition of agricultural landscape have an effect on shaping interaction between pest and parasitoid. Based on network analysis, the landscape complexities as well as environmental condition of agricultural landscape have different connectance, generality, vulnerability and linkage density. Our conclusion

suggests that agricultural landscape management is crucial effort to conserve natural enemies especially parasitoid in agricultural habitat.

Keywords: Agricultural landscape, parasitoid, network analysis, Q-GIS.

## PENDAHULUAN

Penerapan intensifikasi pertanian memiliki dampak negatif terhadap musuh alami seperti parasitoid dan predator. Sistem budidaya pertanian monokultur sebagai contoh, menyebabkan penurunan keanekaragaman musuh alami sebagai akibat ketidaktersediaan habitat yang mendukung untuk pakan dan ketidaktersediaan inang alternatif bagi musuh alami sehingga serangga hama menjadi dominan (Altieri, 1999). Aplikasi pestisida juga mempengaruhi keberadaan musuh alami(Wanger *et al.* 2010) padahal keberadaan parasitoid dan predator sangat berguna dalam menekan populasi hama. Hal tersebut menjadi faktor penyebab intensifikasi pertanian tidak dapat diterapkan secara bersamaan dengan pengendalian hayati karena dalam mengembalikan peran musuh alami diperlukan habitat yang mendukung dan menghindari penggunaan pestisida.

Dalam upaya mengoptimalkan pengendalian hayati khususnya pengendalian hayati dengan menggunakan parasitoid, berbagai penelitian telah dilaksanakan oleh Laboratorium Bioekologi Parasitoid dan Predator, Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor (IPB), meliputi penelitian pada tingkat individu, populasi maupun komunitas. Pada tingkat individu, telah dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan aksi dan reaksi antara parasitoid dan inangnya meliputi kemampuan parasitoid dalam memarasit inangnya (Buchori *et al.* 1997; Sapdi *et al.* 2002) dan faktor yang menghambat keberhasilan parasitisasi seperti enkapsulasi (Sahari 1999; Dono *et al.* 2006; Buchori *et al.* 2009). Pada tingkat populasi, telah dilakukan penelitian mengenai tanggap fungsional dan tanggap numerik dari parasitoid terhadap inangnya (Nelly *et al.* 2005) dan kemampuan parasitoid untuk menekan populasi inangnya (Usyati *et al.* 2003). Pada tingkat komunitas, juga telah dilakukan penelitian meliputi keanekaragaman jenis pada daerah geografis berbeda (Meilin *et al.* 2000; Yuliarti *et al.* 2002; Hamid *et al.* 2003) maupun pada kondisi lanskap yang berbeda (Hamid *et al.* 2003; Yaherwandi *et al.* 2007).

Berdasarkan hasil penelitian yang ada, dirasakan bahwa penelitian pada tingkat komunitas sangat penting karena dapat memberikan gambaran riil mengenai keefektifan parasitoid di lapangan dan sekaligus mengetahui faktor yang mempengaruhinya (Buchori *et al.* 2008). Diversifikasi habitat melalui sistem polikultur dan pertanian yang ramah lingkungan dapat memfasilitasi keberadaan musuh alami pada suatu lahan pertanian sehingga populasi hama bisa terkendali secara alami (Altieri, 1999). Penyediaan atau pengelolaan habitat alami di sekitar lahan pertanian seperti hutan, juga dapat menjaga keanekaragaman serangga termasuk di dalamnya musuh alami dan serangga berguna lain (Rizali *et al.* 2002).

Walaupun demikian, tidak mudah untuk memfasilitasi keberadaan hutan primer dan melakukan sistem polikultur pada suatu lahan pertanian. Hal ini karena lanskap pertanian umumnya tidak kompleks dan sangat dipengaruhi oleh lanskap dalam skala regional yang umumnya didominasi oleh perumahan. Sehingga perlu adanya penelitian untuk bisa mengetahui struktur lanskap seperti apa yang bisa memfasilitasi keberadaan dan keefektifan parasitoid. Selain itu penelitian ini merupakan penelitian yang masih jarang dilakukan, dimana akan menggabungkan penelitian dari *autecology* hingga *community ecology* yaitu dalam hal ini bagaimana membawa hasil-hasil penelitian *autecology* di laboratorium untuk di aplikasikan di lapangan.

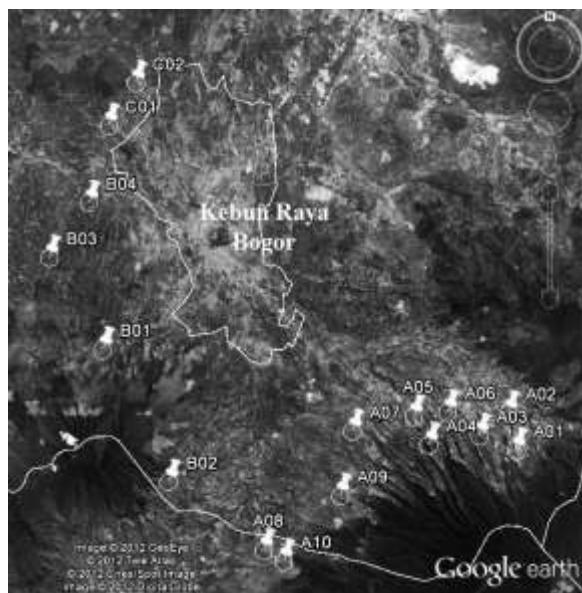
## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada 16 lanskap pertanian yang tersebar di Kabupaten Bogor dengan kompleksitas lanskap yang berbeda (kompleks vs sederhana) dan mencakup berbagai kondisi lingkungan meliputi perbedaan jarak dengan hutan primer, ketinggian tempat, keberadaan permukiman dan sistem budidaya pertanian (Gambar 1, Tabel 1). Penelitian lapangan dilaksanakan pada bulan Juni hingga Oktober 2012.

### Pemetaan Lanskap

Pemetaan dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi lanskap dan untuk keperluan penentuan plot penelitian. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak QGIS 1.6.0 (Quantum GIS Development

Team 2011) yang merupakan perangkat lunak GIS *open source*. Sebagai peta dasar digunakan peta yang berasal dari GoogleMaps (<http://maps.google.com/>) yang kemudian dilakukan *ground check* dengan menggunakan GPS (*global positioning system*).



Gambar 1. Lokasi pelaksanaan penelitian pada 16 lanskap yang tersebar di Kabupaten Bogor.

### Pengambilan Contoh Serangga

Di setiap lanskap dilakukan pengambilan contoh serangga dengan menggunakan metode transek yaitu mengambil serangga inang (hama) yang ada pada pertanaman sayuran untuk mengetahui keanekaragaman parasitoid yang ada pada lahan pertanian. Sepanjang transek 50 meter, hama yang ditemukan baik berupa telur, larva dan pupa dikoleksi dan dicatat titik dimana hama tersebut ditemukan. Hama yang terkoleksi selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dipelihara dan diamati apakah ada parasitoid yang muncul. Baik hama maupun parasitoid hasil koleksi, dilakukan identifikasi hingga tingkat spesies untuk mempermudah dalam mempelajari interaksi parasitoid dengan inangnya. Diantara kunci identifikasi yang digunakan adalah (i) *An Introduction to the Study of Insects*(Borror *et al.* 1996) dan (ii) *Hymenoptera of the World*(Goutlet & Huber, 1993).

Tabel 1. Tipe lanskap pertanian tempat pelaksanaan penelitian

Plot	Desa	Kecamatan	Latitude	Longitude	Altitude (m dpl)	Jarak dari Hutan Primer (km)	Dominasi	Landscape	Budidaya
A01	Tugu Selatan	Cisarua	-6.70879	106.9539	1169	4,3	Perumahan	Kompleks	Organik
A02	Tugu Utara	Cisarua	-6.68963	106.9505	970	6,2	Perumahan	Kompleks	Organik
A03	Cibeureum	Cisarua	-6.70134	106.9352	1034	4,8	Pertanian	Sederhana	Non organik
A04	Sukagalih	Megamendung	-6.70626	106.9092	925	5,6	Pertanian	Sederhana	Non organik
A05	Kuta	Megamendung	-6.69178	106.9015	766	7,4	Perumahan	Kompleks	Non organik
A06	Kopo	Cisarua	-6.68930	106.9192	872	6,6	Perumahan	Kompleks	Non organik
A07	Jambuluwuk	Sukaraja	-6.69954	106.8699	624	9,5	Pertanian	Sederhana	Non organik
A08	Pasirbungcir	Caringin	-6.76193	106.8230	637	8,3	Pertanian	Sederhana	Non organik
A09	Pancawati	Caringin	-6.73735	106.8620	727	6,8	Pertanian	Sederhana	Non organik
A10	Pasirbungcir	Caringin	-6.76742	106.8333	685	7,0	Pertanian	Sederhana	Non organik
B01	Sukaluyu	Ciampea	-6.65667	106.7384	643	4,3	Perumahan	Kompleks	Non organik
B02	Cijeruk	Cijeruk	-6.65958	106.6995	653	4,3	Pertanian	Sederhana	Non organik
B03	Cihideung Udik	Ciampea	-6.60411	106.7034	301	9,3	Perumahan	Kompleks	Non organik
B04	Dramaga	Dramaga	-6.57954	106.7308	225	12,6	Perumahan	Kompleks	Non organik
C01	Bojong	Kemang	-6.53873	106.7410	188	17,3	Pertanian	Sederhana	Non organik
C02	Tonjong	Bojonggede	-6.51633	106.7555	156	20,1	Perumahan	Kompleks	Non organik

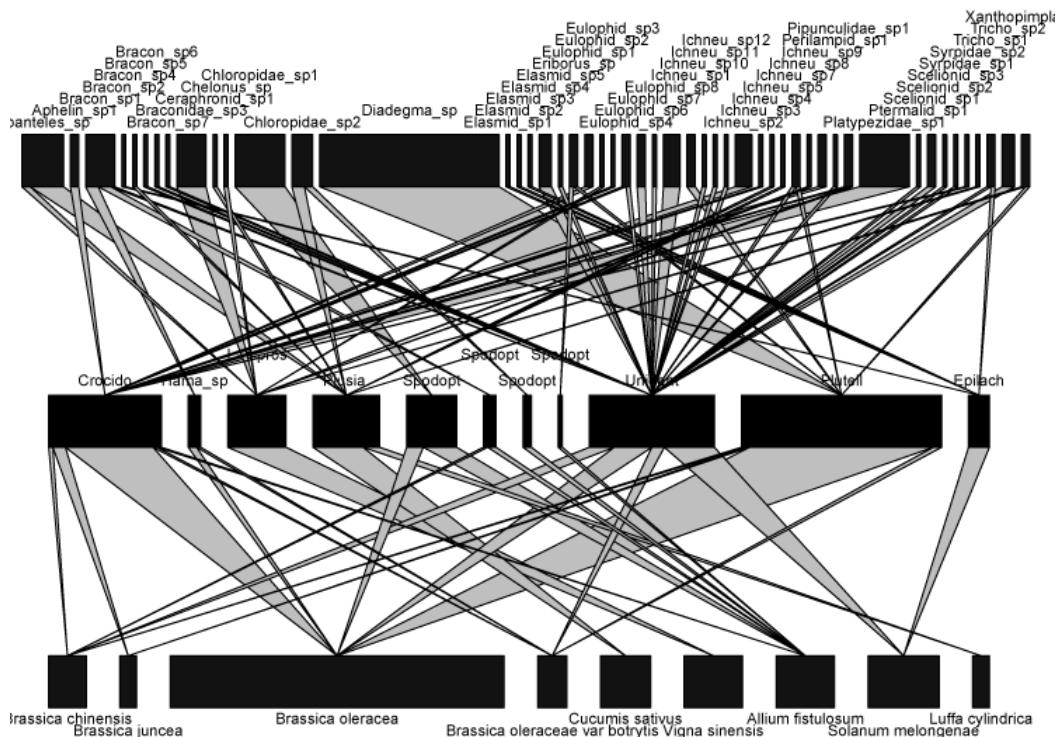
## Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak R statistic (R Development Core Team, 2012). Analisis terkait interaksi tropik antara tanaman, hama dan parasitoid dilakukan dengan penggunaan package “bipartite” di dalam perangkat lunak R statistic.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hubungan Lanskap dengan Interaksi Tropik Antara Hama dan Parasitoid

Berdasarkan hasil observasi pada 16 lanskap pertanian di Bogor ditemukan 9 jenis tanaman pertanian, 11 spesies hama dan 50 spesies parasitoid. Interaksi tiga tingkatan tropik (*tritrophic interaction*) antara tanaman, hama dan parasitoid yang diperoleh menunjukkan kompleksitas hubungan antara hama dengan musuh alaminya (Gambar 2). Beberapa hama tertentu ditemukan pada menyerang pada tanaman pertanian yang berbeda. Sedangkan beberapa spesies parasitoid ditemukan memarasit pada inang (hama) yang sama.



Gambar 2. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari keseluruhan lanskap pertanian yang ada di Bogor.

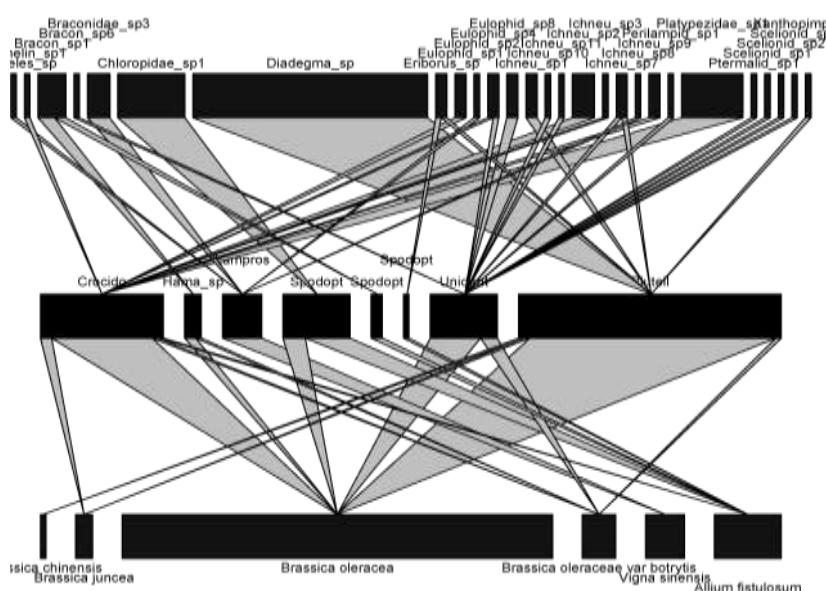
## Pengaruh Jarak Hutan Terhadap Interaksi Antara Hama dan Parasitoid

Jarak lahan pertanian dengan hutan primer mempengaruhi hubungan antara hama dengan parasitoid yang ada di dalamnya. Pada lahan pertanian yang dekat dengan hutan primer, spesies parasitoid yang memarasit hama lebih spesifik (Gambar 3 dan 4).

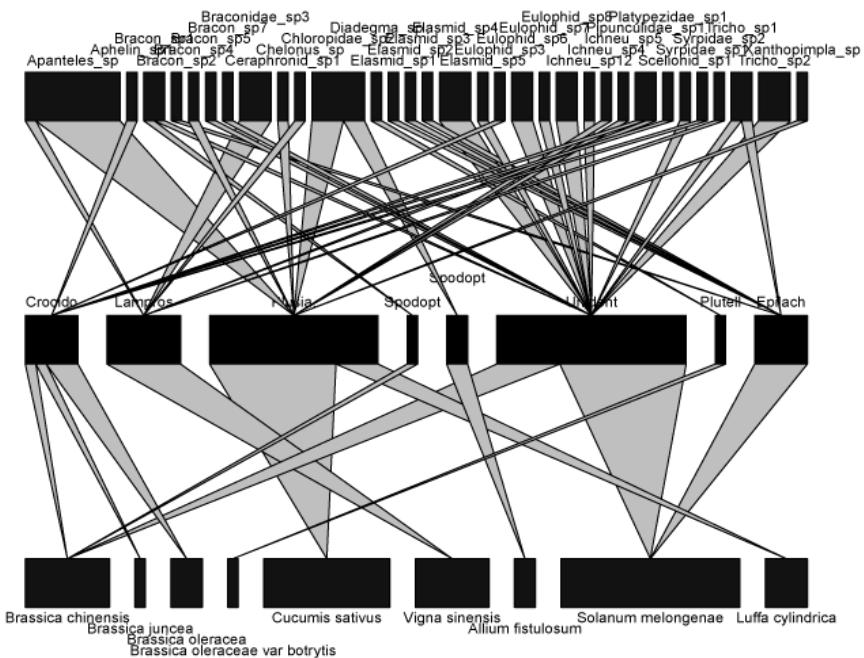
## Pengaruh Ketinggian Terhadap Interaksi Hama dan Parasitoid

Ketinggian lahan pertanian berhubungan erat dengan jenis tanaman pertanian dan sekaligus hama dan parasitoid yang ada di dalamnya. Di lahan pertanian dataran rendah cenderung ditemukan beragam jenis parasitoid memarasit inang yang sama (Gambar 5) dibandingkan dengan daerah pertanian yang lebih tinggi (Gambar 6, 7, dan 8).

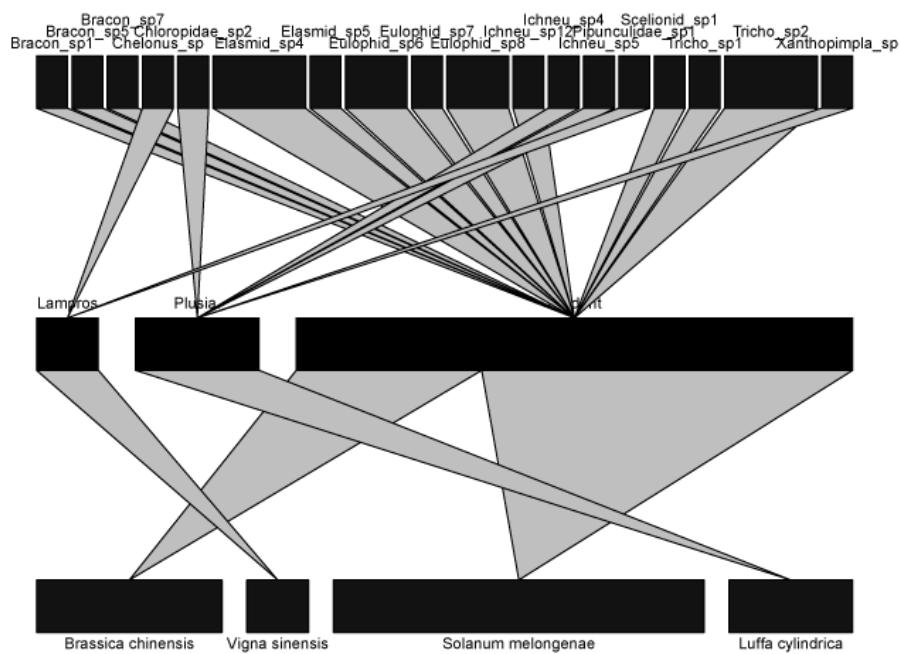
Berdasarkan analisis hubungan (*network analysis*) menunjukkan bahwa pada ketinggian lahan pertanian berbeda memiliki *connectance*, *generality*, *vulnerability*, dan *linkage density* yang berbeda. Semakin tinggi suatu area cenderung memiliki *connectance*, *generality*, *vulnerability*, dan *linkage density* yang lebih rendah (Tabel 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa ketinggian habitat ikut mempengaruhi kompleksitas hubungan parasitoid dengan hama yang ada di dalamnya.



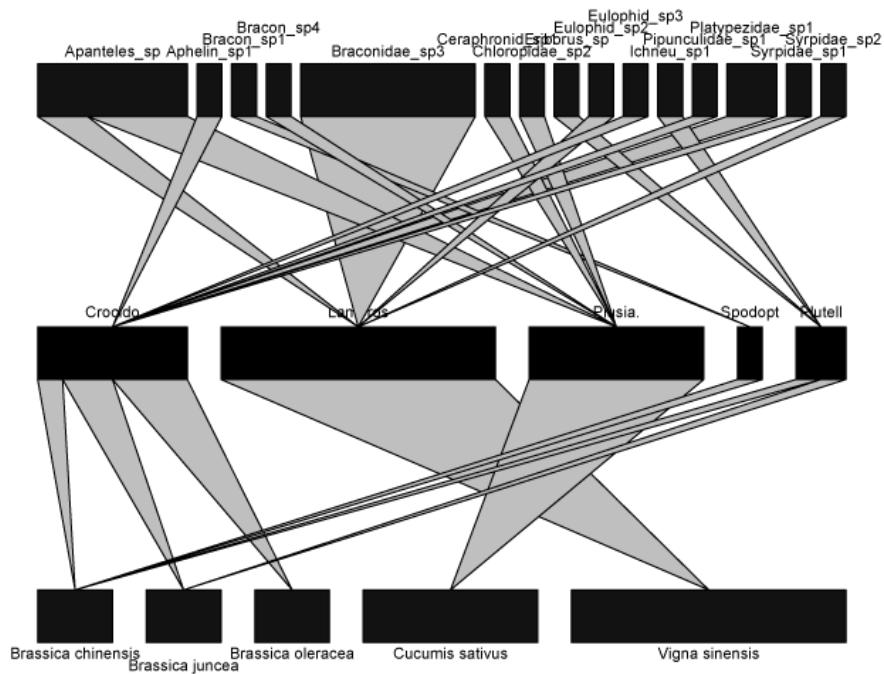
Gambar 3. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari lanskap pertanian yang berjarak kurang dari 7 km dengan hutan primer.



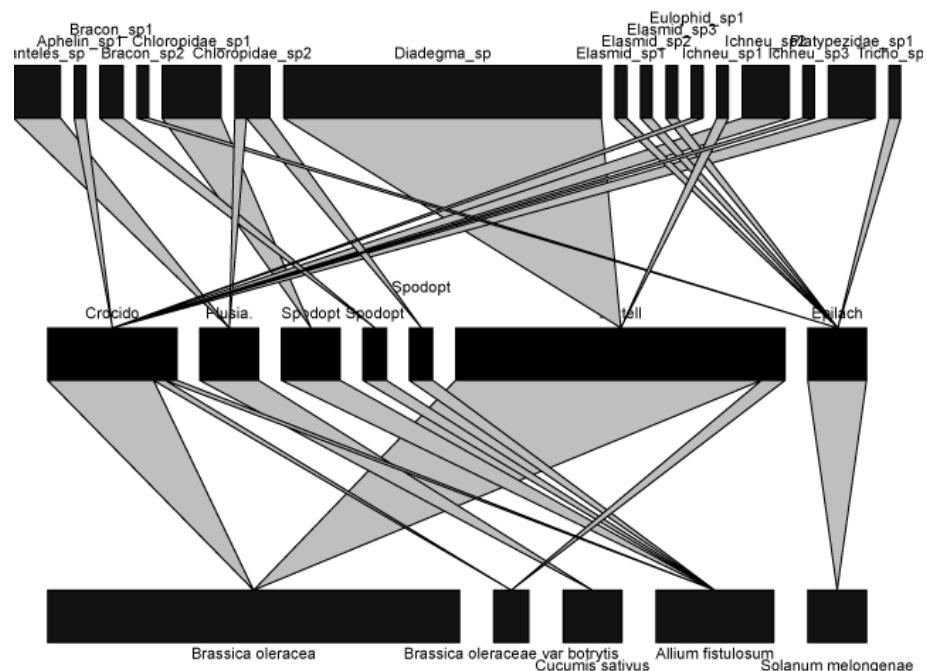
Gambar 4. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari lanskap pertanian yang berjarak lebih dari 7 km dengan hutan primer.



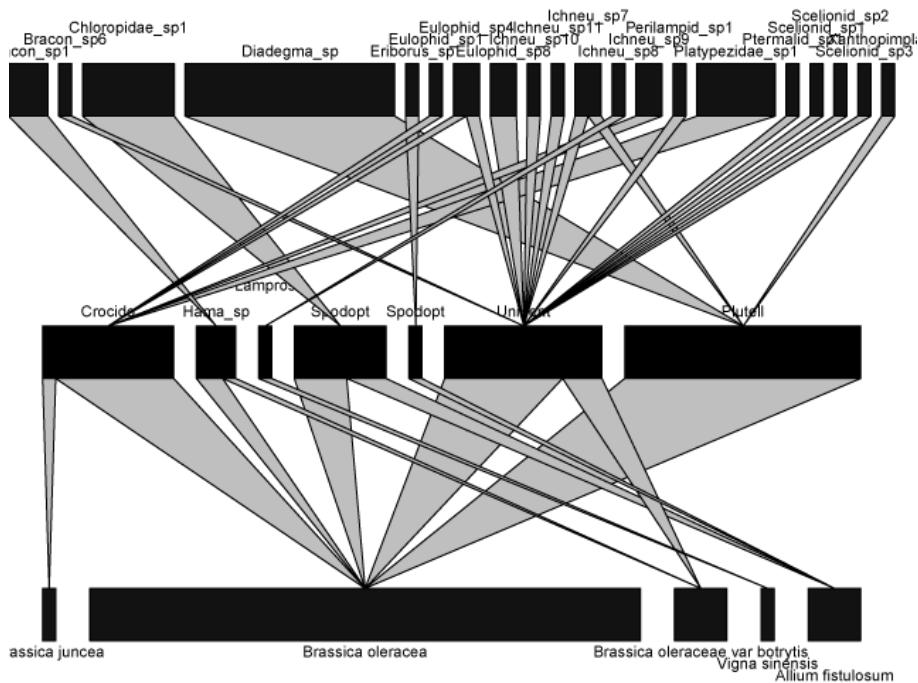
Gambar 5. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari lanskap pertanian dengan ketinggian kurang dari 300 m dpl.



Gambar 6. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari lanskap pertanian dengan ketinggian antara 300-600 m dpl.



Gambar 7. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari lanskap pertanian dengan ketinggian antara 600-900 m dpl.



Gambar 8. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari lanskap pertanian dengan ketinggian diatas 900 m dpl.

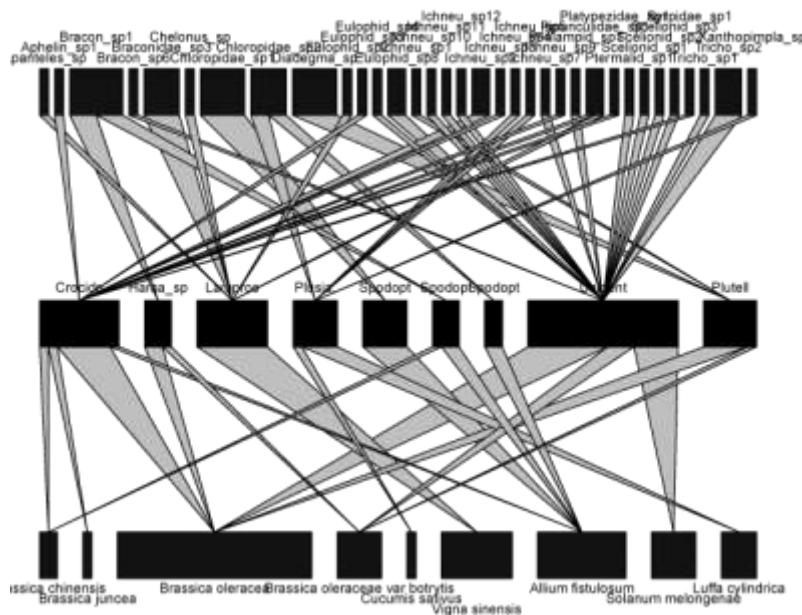
Tabel 2. Pengaruh ketinggian, jarak dengan hutan primer dan keberadaan perumahan pada interaksi hama dan parasitoid

Parameter	Ketinggian (m dpl)				Jarak dengan hutan primer (km)		Dominasi	
	<300	300-600	600-900	>900	<7	>7	Pertanian	Perumahan
Connectance	0.33	0.21	0.15	0.16	0.14	0.14	0.13	0.12
Generality	1.00	1.20	1.05	1.08	1.10	1.26	1.06	1.21
Vulnerability	8.86	3.21	2.05	3.80	3.25	6.38	3.07	6.25
Linkage density	4.93	2.20	1.55	2.44	2.18	3.82	2.06	3.73

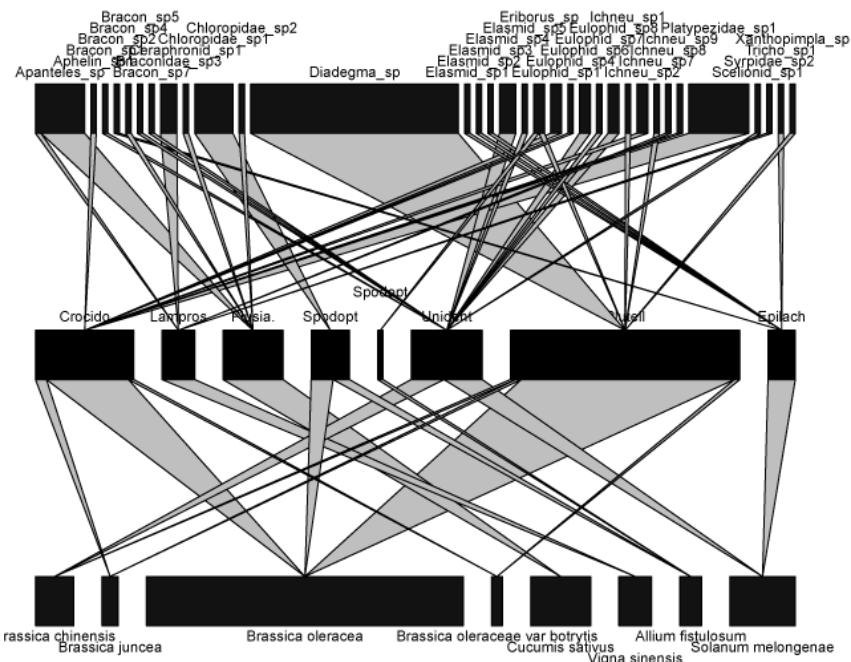
### Pengaruh Keberadaan Perumahan Terhadap Interaksi Hama dan Parasitoid

Keberadaan perumahan tidak menunjukkan perbedaan yang jelas dalam kaitan interaksi tanaman, hama dan parasitoid (Gambar 9 dan 10). Walaupun demikian, berdasarkan analisis hubungan (network analysis) menunjukkan bahwa pada habitat pertanian yang tidak terdapat perumahan memiliki *connectance*, *generality*, *vulnerability*, dan *linkage density* yang lebih rendah dibandingkan dengan lahan pertanian yang terdapat perumahan di dalamnya (Tabel 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa modifikasi habitat mempengaruhi kompleksitas hubungan parasitoid dengan hama yang sekaligus berimplikasi pada kemampuan

parsitoid dalam mengendalikan populasi hama pada lanskap tersebut (Tylianakis *et al.* 2007).



Gambar 9. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari lanskap pertanian yang terdapat perumahan di dalamnya.



Gambar 10. Interaksi tritrofik antara tanaman (bawah), hama (tengah) dan parasitoid (atas) dari lanskap pertanian yang sedikit atau tidak ada perumahan di dalamnya.

Walaupun di dalam penelitian ini tidak dilakukan pengamatan serangga herbivor pada habitat lain diluar lahan pertanian, keberadaan tanaman non pertanian juga disinyalir ikut mempengaruhi hubungan tropik antara parasitoid dengan hama. Hasil penelitian Alhmedi *et al.* (2011) menunjukkan bahwa interaksi tropik antara parasitoid dengan hama berbeda antara tanaman pertanian dengan tanaman non pertanian. Oleh karena itu, untuk mendapatkan informasi lebih mendalam terkait hubungan parasitoid dengan hama pada skala lanskap diperlukan penelitian lebih lanjut khususnya untuk mengetahui pengaruh kondisi habitat sekitar lahan pertanian.

## KESIMPULAN

Lanskap pertanian mempengaruhi pola interaksi antara hama dengan parasitoid. Berdasarkan analisis hubungan (*network analysis*) menunjukkan bahwa lanskap pertanian berbeda memiliki *connectance*, *generality*, *vulnerability*, dan *linkage density* yang berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa manajemen pengelolaan lanskap pertanian sangat penting untuk mendukung keberadaan musuh alami khususnya parasitoid.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini diibayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan sesuai Surat Perjanjian Penugasan dalam rangka Pelaksanaan Program Penelitian Hibah Kompetensi T.A. 2012, Nomor: 148/SP2H/PL/Dit.Litabmas/III/2012, tanggal 7 Maret 2012.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alhmedi A, Haubrige E, D'Hoedt S, Francis F. 2011. Quantitative food webs of herbivore and related beneficial community in non-crop and crop habitats. *Biological Control*. 58:103-112.
- Altieri MA. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 74:19-31.

- Borror D, Triplehorn CH, Johnson NF. 1996. *An Introduction to the Study of Insects*, 6th edn. Ohio, USA: Saunders College Publishing.
- Buchori D, Pudjianto, Sari A. 1997. Pengaruh perbedaan inang pada bionomi *Telenomus spodopterae* Dood. (Hymenoptera: Scelionidae): dampak terhadap biologi dan kebugaran. *Bulletin Hama dan Penyakit Tumbuhan, IPB*. 9:8-18.
- Buchori D, Sahari B, Nurindah. 2008. Conservation of agroecosystem through utilization of parasitoid diversity: lesson for promoting sustainable agriculture and ecosystem health. *HA YATI Journal of Biosciences*. 15: 165-172.
- Buchori D, Sahari B, Sriratna E. 2009. Encapsulation and hemocyte numbers in *Crocidolomia pavonana* and *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera) attacked by parasitoid *Eriborus argenteopilosus* Cameron (Hymenoptera). *HA YATI Journal of Biosciences*. 16:135-141.
- Dono D, Priyono D, Manuwoto S, Buchori D, Dadang, Hasim. 2006. Penghambatan enkapsulasi pradewasa parasitoid *Eriborus argenteopilosus* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae) oleh larva *Crocidolomia pavonanna* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) menggunakan rokaglamida. *Bionatura*. 8:24-38.
- Goutlet H, Huber JT. 1993. *Hymenoptera of the World: an Identification Guide to Families*. Ottawa, Canada: Centre for Land and Biological Resources Research.
- Hamid H, Buchori D, Triwidodo H. 2003. Keanekaragaman parasitoid dan parasitisasinya pada pertanaman padi di kawasan Taman Nasional Gunung Halimun. *HA YATI Journal of Biosciences*. 10:85-90.
- Meilin A, Hidayat P, Buchori D, Kartosuwondo U. 2000. Parasitoid telur pada *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera:Yponomeutidae). *Bulletin Hama dan Penyakit Tumbuhan, IPB*. 12:21-26.
- Nelly N *et al*. 2005. Tanggap fungsional parasitoid *Eriborus argenteopilosus* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae) terhadap *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) pada suhu yang berbeda. *HA YATI Journal of Biosciences*. 12:17-22.
- Quantum GIS Development Team. 2011. *Quantum GIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project.
- R Development Core Team. 2012. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Rizali A, Buchori D, Triwidodo H. 2002. Insect diversity at the forest margin-rice field interface: indicator for a healthy ecosystem. *HA YATI Journal of Biosciences*. 9:41-48.

- Sahari B. 1999. *Studi Enkapsulasi Parasitoid Eriborus argenteopilosus Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae) dan Implikasinya pada Inang Crocidolomia binotalis Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) dan Spodoptera litura Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sapdi, Prijono D, Buchori D. 2002. Kebugaran parasitoid *Eriborus argenteopilosus* (Cameron) yang berkembang pada inang *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) dengan perlakuan ekstrak ranting *Aglaia odorata* Lour. *Agrista, Faperta, Unsyiah*. 6:179-188.
- Tylianakis JM, Tscharntke T, Lewis OT. 2007. Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. *Nature*. 445:202-205.
- Usyati N, Buchori D, Hidayat P. 2003. Pelepasan *Trichogrammatoidea armigera* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae) dengan teknik spot release dan penyebarannya di lapangan. *Forum Pascasarjana, IPB*. 26:299-309.
- Wanger TC, Rauf A, Schwarze S. 2010. Pesticides and tropical biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 8:178-179.
- Yaherwandi *et al.* 2007. Keanekaragaman Hymenoptera parasitoid pada struktur lanskap pertanian berbeda di daerah aliran sungani (DAS) Cianjur, Jawa Barat. *Jurnal Hama & Penyakit Tumbuhan Tropika*. 7:10-20.
- Yuliarti N, Hidayat P, Buchori D. 2002. Molecular identification of egg parasitoid, *Telenomus* spp (Hymenoptera:Scelionidae) from several locations in Java using RAPD PCR. *Biotropia*. 19:57-62.

## PERAKITAN TEKNIK PENGENDALIAN PENYAKIT TANAMAN PADI RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS BAKTERI AGEN HAYATI DAN METABOLIT SEKUNDERNYA

(Engineering of Environment Friendly of Plant Diseases Control using Bacteria as Biological Control Agent and It's Secondary Metabolites)

**Giyanto<sup>1)</sup>, Rustam<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB.

<sup>2)</sup>Balai Penerapan dan Pengkajian Teknologi, Riau.

### ABSTRAK

Penyakit tanaman padi merupakan salah satu kendala dalam upaya mencapai dan mempertahankan swasembada beras. Pengendalian hayati merupakan salah satu teknik pengendalian penyakit padi yang banyak dikembangkan karena ramah lingkungan dan bersifat berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan menemukan agens hayati dari golongan bakteri yang dapat dikembangkan sebagai biopestisida terhadap 3 penyakit penting tanaman padi yaitu penyakit hawar daun, hawar pelepah dan busuk leher yang disebabkan oleh patogen *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*, *Rhizoctonia solani*, dan *Pyricularia oryzae*. Sebanyak 30 isolat bakteri berpotensi sebagai agens hayati (tidak menunjukkan reaksi hipersensitif pada tanaman indikator (tembakau). Pengujian uji potensi antagonisme *in vitro* dan uji fitotoksitas dan pemicu pertumbuhan terhadap benih padi *in vivo* didapatkan 3 isolat bakteri yaitu ATS6 (Aktinomiset), TTS47 (bakteri non fluorescens) dan P12 (*Pseudomonas* kel fluorescens) yang efektif mengendalikan *X. oryzae* pv *oryzae*, *R. solani* dan *P. oryzae*. Karakterisasi lebih lanjut terhadap ketiga isolat menunjukkan aktivitas kitinase (ATS6, TTS47), produksi siderofore (ATS4, TTS47, dan P12), phosphatase ((ATS6, TTS47, dan P12), and indole acetic acid (TTS47 and P12). Identifikasi berdasarkan sekuening gen 16S rRNA menunjukkan isolat ATS6 memiliki kemiripan 99% terhadap *Streptomyces* sp dan TTS47 memiliki tingkat kemiripan 98% terhadap *Ralstonia picketsii*.

Kata kunci: *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*, *Rhizoctonia solani*, *Pyricularia oryzae*, agen hayati.

### ABSTRACT

Rice plant diseases is the most important problem under humid and high fertilizer input condition. Biological control of rice diseases is one of the control measure that has advantages i.e. environmental friendly . The objective of this research is to find biological control agents from bacteria groups to control 3 important rice diseases: bacterial leaf blight, sheath blight, and neck rot caused by *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*, *Rhizoctonia solani*, and *Pyricularia oryzae*, respectively. We found 30 isolates bacteria which indicated non-plant pathogenic bacteria (shown negative result of hypersensitive reaction test on indicator plant) were potential as biological control agents. Further test on antagonistic , phytotoxicity, and plant growth effect both *in vitro* and *in vivo* test were found 3 isolates of bacteria with high potency to control of *X. oryzae* pv *oryzae*, *R. solani*, and *P. oryzae*. Those of 3 isolates are ATS6 (actinomycetes), TTS47 (non-fluorescens bacteria) and P12 (fluorescens *pseudomonas*). Characterization of these isolates indicated that its produced chitinase (ATS6, TTS47), siderofore (ATS6, TTS47, and P12), phosphatase (ATS6, TTS47, and P12), and indole acetic acid (TTS47 and P12). Identification by sequencing of 16S rRNA nucleotides indicated that ATS6 had high

similarity to *Streptomyces* sp (99%), and TTS47 to *Ralstonia picksii* (98%), while P12 not been analyzed yet.

Keywords: *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*, *Rhizoctonia solani*, *Pyricularia oryzae*, biological control agents.

## PENDAHULUAN

Padi merupakan komoditas strategis nasional. Komoditas ini menjadi sumber utama gizi dan energi bagi lebih dari 90% penduduk Indonesia. Untuk itu upaya peningkatan produksi makin dituntut untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Namun tantangan peningkatan produksi di masa yang akan datang juga makin meningkat terkait perubahan iklim, kelangkaan pupuk, dan ancaman serangan hama atau penyakit tanaman.

Penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*, busuk leher yang disebabkan oleh *Pyricularia oryzae*, penyakit hawar pelelah yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani*, merupakan beberapa penyakit utama pada tanaman padi. Patogen tersebut sulit dikendalikan karena bersifat *soil-borne* (bertahan dalam tanah), *seed-borne* (terbawa benih), bertahan pada sisa-sisa tanaman dan memiliki kisaran inang yang luas. Hingga saat ini belum tersedia varietas tanaman padi yang benar-benar tahan terhadap penyakit. Pada varietas rentan, serangan penyakit blast dapat menyebabkan fuso, serangan penyakit hawar pelelah dapat mengurangi hasil hingga 40% (Groth, 2008).

Sampai saat ini belum ada cara yang efektif dalam mengendalikan penyakit tanaman padi yang disebabkan oleh fungi maupun bakteri. Penggunaan varietas tahan atau fungisida/bakterisida sebagai cara pengendalian yang banyak digunakan ternyata memiliki banyak kelemahan. Penggunaan varietas tahan akan memicu patogen membentuk strain baru hingga dapat beradaptasi dan mematahkan ketahanan tanaman tersebut. Begitu juga dengan penggunaan fungisida/bakterisida yang cenderung diaplikasikan secara terus menerus selain keefektifannya makin berkurang juga kurang bersifat berkelanjutan (*sustainable*) dan berdampak kurang baik pada lingkungan (Mew *et al.* 2004). Untuk itu perlu

dicari teknik pengelolaan penyakit yang efektif, kompatibel dengan teknologi budidaya tanaman, dan bersifat *sustainable*.

Salah satu cara pengendalian penyakit yang lebih bijaksana saat ini adalah penggunaan bakteri agens hayati. Aplikasi bakteri agens hayati dapat melindungi tanaman dari serangan penyakit dan meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme. Nagarajkumar *et al.* (2005) melaporkan bahwa *Pseudomonas fluorescens* pfMDU2 yang diaplikasikan pada tanaman padi dapat mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh *R. solani* melalui senyawa asam oksalat yang dihasilkannya. Grosch *et al.* (2005) menggunakan bakteri antagonis *Pseudomonas fluorescens* B1, *P. fluorescens* B2, dan *Serratia plymuthica* B4 dalam mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh fungi dan dapat mengurangi keparahan penyakit pada tanaman selada hingga 52% dan pada tanaman kentang hingga 37%. Someya *et al.* (2003) menggunakan bakteri antagonis *Serratia marcescens* strain B2 dan dapat menekan gejala penyakit fungi.

Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan biofungisida berbahan aktif bakteri agens hayati unggul atau produk metabolit sekundernya untuk mengendalikan penyakit utama tanaman padi yang disebabkan oleh fungi atau bakteri. Dengan tersedianya produk ini diharapkan dapat berkontribusi dalam menekan kehilangan hasil padi yang disebabkan oleh penyakit sehingga upaya penyediaan pangan dalam negeri melalui sistem pertanian ramah lingkungan dapat terwujud.

## METODE PENELITIAN

### **Seleksi Bakteri Agens Hayati Terhadap Fungi Penyebab Penyakit Utama Tanaman Padi Secara *In Vitro***

Sebanyak 30 isolat bakteri agens hayati yang akan digunakan merupakan kultur stok yang dimiliki laboratorium Bakteriologi Tumbuhan, Dapartemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB. Isolat bakteri tersebut terdiri dari kelompok *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Actinomycetes*. Bakteri kelompok *Pseudomonas* dibiakkan pada medium King's B Agar (Protease peptone 20 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1.5 g, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 1.5 g, Glycerol 15 ml, Agar 15 g dan aquabidest

1 liter) dan diinkubasikan pada suhu ruang selama 24 jam. Kemurnian isolat bakteri *Pseudomonas* kelompok fluorescens ditandai dengan koloni dengan pigmen hijau kekuningan selanjutkan akan digunakan pada uji selanjutnya. Sementara itu bakteri kelompok *Bacillus* dibiakkan pada media Trypticasein Soy Agar (TSA) (Pancreatic digest of casein 17.0 g, Agar 15.0 g, NaCl 5.0 g, Papain digest of soybean meal 3.0 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2.5 g, Glucose 2.5 g, dan aquabidest 1 liter pH 7.3). Pembentukan endospora dapat diamati dengan prosedur pewarnaan spora menggunakan Malachite Green dengan prosedur yang telah dideskripsikan oleh Cappuccino and Sherman (1996). Bakteri kelompok *Actinomycetes* dibiakan dalam media YM selektif (4 g/L glukosa, 10 g/L malt extract, 4 g/L yeast extract, 20 mg/L tr Vimethoprim, 50 mg/L griseofulvin, 50 mg/L nystatin).

**Seleksi.** Seluruh isolat diseleksi berdasarkan hasil uji potensi antagonisnya terhadap patogen uji. Pengujian dilakukan menggunakan supernatan biakan tiap isolat. Biakan tiap isolat dipersiapkan sebagai berikut: isolat-isolat kelompok *Pseudomonas* berfluoresens, *Bacillus*, atau Aktinomiset dibiakan dalam erlenmeyer 100 ml yang masing-masing berisi 10 ml media LB (10 g casein, 5 g yeast extract, 5 g NaCl, dan 11 akuades), media TSB, atau media M2 (4 g glukosa, 4 g yeast ekstrak, dan 10 g malt ekstrak, dan 1000 ml akuades). Inkubasi dilakukan diatas rotary shaker (150 rpm) pada suhu ruang selama 4 hari. Kemudian biakan disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm, suhu 4°C, selama 10 menit. Supernatannya diambil, disterilisasi menggunakan saringan millifore dan diuji potensi antagonis terhadap patogen uji dengan media padat pada cendawan dengan teknik peracunan media (konsentrasi 10% ) pada cendawan dan *paper disc diffusion assay* pada bakteri. Setiap perlakuan diulang 3 kali. Parameter pengamatan adalah persen penghambatan pertumbuhan koloni cendawan dengan membandingkan diameter cendawan pada kontrol dan diameter cendawan pada perlakuan. Sedangkan penghambatan pertumbuhan koloni bakteri patogen dilakukan dengan mengukur lebar zona bening.

### **Pengujian Isolat Bakteri Terhadap Fitotoksitas dan Pertumbuhan Tanaman Padi**

**Penyiapan perlakuan (isolat bakteri).** Tiga isolat masing masing kelompok bakteri yang menunjukkan potensi tinggi terhadap penghambatan

perkembangan patogen pengujian *in vitro* sebelumnya selanjutnya diuji efek fitotoksik terhadap benih dan kemampuan memicu pertumbuhan tanaman secara kualitatif. Biakan tiap isolat bakteri yang digunakan sebagai perlakuan disiapkan dengan cara membiakan isolat tersebut dalam tabung yang berisi 500 ml media Luria Broth (10 g/L triptone, 5 g/L NaCl, dan 5 g/L yeast extract) kemudian diinkubasi di atas shaker (150 rpm, 48 jam, suhu ruang). Perlakuan isolat bakteri antagonis diberikan dengan cara merendam benih pada suspensi bakteri selama semalam. Benih selanjutnya ditanam pada media arang sekam steril yang telah disiapkan sebelumnya dan benih ditumbuhkan di rumah plastik. Persen perkecambahan benih dihitung satu minggu setelah perlakuan dan panjang akar serta tajuk diukur 3 minggu setelah perlakuan dengan membongkar benih pada media arang sekam.

### Karakterisasi Isolat Bakteri Terpilih

Isolat bakteri yang menunjukkan potensi terbaik pada pengujian tahap sebelumnya dikarakterisasi beberapa sifat morfologi dan fisiologisnya (Schaad *et al.* 2001) yang berkaitan dengan sifat unggul agens hayati diantaranya, aktifitas kitinolitik, aktifitas proteolitik, aktifitas selulotik, pelarut fosfat, produksi IAA, dan produksi siderofor.

**Aktivitas kitinolitik.** Aktivitas kitinolitik tiap isolat diuji menggunakan media agar yang mengandung kitin. Isolat dibiakan terlebih dahulu di dalam media LB yang mengandung 1% kitin dengan lama inkubasi 12 jam dalam inkubator bergoyang (150 rpm). Tahapan tersebut ditujukan agar isolat yang akan diuji telah terpicu aktivitas kitinolitiknya. Kemudian suspensi biakan isolat yang tumbuh dipindahkan sebanyak 10  $\mu$ l secara spot-spot ke dalam cawan petri yang telah berisi media agar bergaram minimal (0,5 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,7 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,3 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,01 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,001 g ZnSO<sub>4</sub>, 0,001 g MnCl<sub>2</sub>, 1% koloidal kitin, dan 1000 ml akuades). Biakan diinkubasi selama 2-3 hari dalam suhu ruang. Aktivitas kitinolitik diindikasikan dengan adanya zona bening di sekitar koloni tiap isolat.

**Aktifitas pelarut fosfat.** Kemampuan bakteri untuk melarutkan fosfat diuji dengan menggunakan media Pikovskaya's agar (Thakuria *et al.* 2004), dengan *tri-*

*calcium phosphate* sebagai sumber fosfat. Media dituang ke dalam cawan petri kemudian diabiarkan membeku. Suspensi isolat bakteri ( $OD_{600} = 0,164$ ) sebanyak 10  $\mu\text{l}$  diteteskan pada media. Media yang mengandung bakteri diinkubasi pada suhu ruang selama 3 hari. Adanya zona bening disekitar bakteri mengindikasikan adanya kemampuan isolat bakteri melerutkan fosfat.

**Produksi siderofor secara kualitatif.** Produksi siderofor dilakukan menggunakan media *Chrome Azurol Sulfonat* (CAS) agar (Husen, 2003) dengan modifikasi larutan garam. Pembuatan media ini dilakukan dengan membuat terlebih dahulu empat larutan. Tiap 1 L medium CAS agar diperlukan empat larutan dengan masing-masing komposisi sebagai berikut: Larutan 1 yang merupakan larutan indicator Fe-CAS memiliki komposisi 10 ml  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  1 mM (dilarutkan dalam 10 mM HCl), 50 ml larutan CAS (1,21 mg/ml) dan 40 ml larutan *hexadecyl-trimethylammonium bromide* (HDTMA) (1,82 mg/ml). Larutan 2 atau larutan penyangga dibuat dengan melerutkan 30,24 g PIPES (*piperazine-N,N-bis[2-ethanesulfonic acid]*) ke dalam 750 ml larutan garam (3 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 5 g NaCl, 10 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 20 mM  $\text{MgSO}_4$ , 1 mM  $\text{CaCl}_2$ ). Aquades ditambahakan hingga volume larutan mencapai 800 ml, pH larutan kemudian dukur dan ditera dengan KOH 50% hingga mencapai pH 6,8. Kemudian sebanyak 20 g agar-agar bakto ditambahkan ke dalam larutan sebelum disterilisasi. Larutan 3 memiliki komposisi 2 g glukosa, 2 g manitol dan elemen mikro yang terdiri dari 493 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 11 mg  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 1,4 mg  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 0,04 mg  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 1,2 mg  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , dan 1 mg  $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . seluruh komponen larutan 3 dilarutkan dalam 70 ml aquades. Larutan 4 berupa 30 ml 10% (b/v) cassamino acid yang disterilisasi dengan menggunakan membrane filter berukuran 0,45  $\mu\text{m}$ . Medium CAS dibuat dengan mencampurkan larutan 2 dan 4 pada suhu sekitar 50°C setelah sterilisasi, kemudian ditambahkan kembali larutan 3 dan 1 secara perlahan-lahan untuk kemudian dilakukan homogenisasi dengan menggunakan batang magnet. Medium CAS memiliki warna hijau tua.

Uji produksi siderofor dilakukan dengan terebih dahulu meremajakan isolate bakteri kitinolitik pada media King's B. Tiap isolat tersebut kemudian digoreskan pada medium CAS. Isolat yang mampu menghasilkan siderofor ditandai dengan munculnya warna oranye disekitar isolat.

## Identifikasi Isolat Bakteri Terpilih

Identifikasi molekuler dengan sekuensing gen 16S rRNA dilakukan untuk meyakinkan bahwa isolat bakteri yang akan dikembangkan dapat diketahui nama spesies secara pasti sehingga dapat dirujuk secara meyakinkan bahwa isolat tersebut bukan bakteri patogenik baik terhadap tanaman, hewan maupun manusia. Proses sekuensing meliputi: pembiakan isolat bakteri, purifikasi DNA, amplifikasi gen 16S rRNA dengan *Polymerase Chain Reaction* (PCR), purifikasi fragmen/amplicon gen 16S rRNA serta proses sekuensing. Data hasil sekuensing selanjutnya digunakan untuk penelusuran sekuen homolog pada GenBank dengan program BLAST.

**Purifikasi DNA.** Untuk purifikasi DNA kromosom dilakukan dengan menggunakan DNA *Kit purification*. Prosedur yang dilakukan disesuaikan dengan protokol dari produk atau kit yang digunakan. Secara umum prosedur isolasi DNA mencakup lisis sel, pelarutan senyawa organik, presipitasi asam nukleat serta pemurniannya.

**Amplifikasi gen 16S rRNA.** Gen 16S rRNA diamplifikasi dengan PCR menggunakan primer universal: forward 27F 5'-AGAGTTGATCCTGGCTCAG dan reverse 142R 5'-GGTTACCTGTTACGACTT. Volume total campuran berbagai komponen reaksi PCR sebanyak 25  $\mu$ l yang mengandung 200 ng DNA template, 20 pmol masing-masing jenis primer, 1.5 unit Taq Polymerase, 10 mM Tris-HCl (pH 9.0 pada suhu kamar), 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 20  $\mu$ m tiap-tiap dNTP dan stabiliser termasuk BSA. Setiap siklus PCR mencakup *denaturasi* (pemisahan DNA utas ganda menjadi DNA utas tunggal pada suhu 95°C selama 1 menit, *annealing* (pelekatan primer) pada suhu 55°C selama 1 menit dan *elongasi* (pemajangan primer) pada suhu 72°C selama 2 menit. Banyaknya siklus PCR adalah 35.

Hasil purifikasi DNA, DNA fragmen hasil PCR serta pemurniannya divisualisasi dengan elektroforesis pada gel agarose 2% yang telah ditambahkan dengan ethidium bromide dan bufer TBE (Trisma-base, Boric Acid, EDTA) atau TAE (Trisma-Base, Acetic Acid, EDTA) yang dicampur dengan blue juice (50% glycero, 0.1 M EDTA, Xylene Cyanol dan 0.15% bromophenol blue). Sekuensing

hasil PCR dikirimkan ke suatu perusahaan penyedia layanan sekvensing karena belum bisa dilakukan di Laboratorium Peneliti Utama maupun mitra peneliti. Hasil sekvensing digunakan untuk mencari padanan sekuen yang homolog pada GenBank dengan program BLAST.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penapisan Bakteri Agens Hayati dan Uji Potensi Antagonisme *In Vitro*

Penapisan dilakukan terhadap 30 isolat bakteri koleksi Laboratorium Bakteriologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB yang sebelumnya telah diketahui tidak menunjukkan reaksi hipersensitif (HR) pada tanaman indikator (tembakau). Hal ini penting dilakukan agar pengembangan lebih lanjut isolat bakteri tersebut sebagai agen hayati bisa dilakukan secara tepat. Uji HR penting dilakukan mengingat sulit membedakan antara bakteri patogen tumbuhan dan bakteri agen hayati berdasarkan ciri-ciri morfologi saja. Isolat tersebut selanjutnya digunakan untuk uji potensi antagonisme terhadap 3 patogen penting padi yaitu *X. oryzae* pv *oryzae*, *P. oryzae*, dan *R. solani* masing-masing sebagai penyebab penyakit hawar daun bakteri, penyakit busuk leher dan hawar pelepas pada padi.

Hasil uji potensi dari masing-masing kelompok bakteri agens hayati dan patogen sasarnya dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut terlihat terjadinya keragaman potensi antagonis dari setiap isolat bakteri agen hayati. Pada kelompok aktinomiset zona bening tertinggi ditunjukkan oleh isolat ATS6 dan ATS8 masing-masing 8 mm diikuti oleh ATS4 7 mm. Semakin lebar zona bening yang dihasilkan menunjukkan semakin tinggi potensi antagonisme terhadap *X. oryzae* pv *oryzae*. Sementara itu isolat *P. oryzae* pertumbuhannya dapat dihambat oleh isolat bakteri kelompok fluorescens isolat P12, P23 dan P24 masing-masing sebesar 86, 67 dan 45%. Bakteri agen hayati isolat TTS47, BR2 dan B21 mampu menghambat 95, 81 dan 50% pertumbuhan *R. solani* dibandingkan dengan kontrol. Isolat isolat tersebut berpeluang untuk dikembangkan sebagai agens hayati.

Tabel 1. Uji potensi antagonisme isolat bakteri kelompok aktinomiset, *Pseudomonas* kelompok fluorescens dan bakteri non fluorescens terhadap *X. oryzae* pv *oryzae*, *P. oryzae*, dan *R. solani*

No	Aktinomiset vs <i>X. oryzae</i> pv <i>oryzae</i>		Pseudomonas kel fluorescens vs <i>P. oryzae</i>		Bakteri non fluorescens vs <i>R. solani</i>	
	Isolat	Lebar Zona Bening (mm)	Isolat	Pnghambatan Pertumbuhan (%)	Isolat	Pnghambatan Pertumbuhan (%)
1	APS4	7	P01	5	EKK20	15
2	APS7	6	P11	33	EKK10	33
3	APS9	1	P12	86	EAL15	23
4	APS12	0	P13	41	BR2	81
5	ATS4	7	P14	23	TTT47	95
6	ATS5	2	P15	12	SS19	22
7	ATS6	8	P16	27	B16	45
8	ATS8	8	P22	41	B21	50
9	AB1	3	P23	67	B23	21
10	AB2	2	P24	45	B46	7

### Pengujian Isolat Bakteri Terhadap Fitotoksitas dan Pertumbuhan Tanaman Padi

Pengujian lebih lanjut dilakukan terhadap 3 isolat bakteri dengan potensi antagonisme tinggi terhadap patogen sasaran. Sebagai bagian dari tahapan penapisan, bakteri agen hayati dilihat efek fitotoksitas dan pemicu pertumbuhan pada tanaman padi. Kelompok aktinomiset yang diuji mencakup isolat ATS4, ATS6 dan ATS8 menunjukkan bahwa isolat ATS4 menekan perkecambahan benih serta kualitas akar yang kurang bagus. Isolat ATS6 dan ATS8 tidak bersifat fitotoksik (perkecambahan benih dan kualitas akar tidak berbeda dengan kontrol) seperti terlihat pada Tabel 2. Sementara itu kelompok bakteri non fluorescens didapatkan isolat TTS47 memiliki sifat memicu pertumbuhan tanaman seperti ditunjukkan oleh kualitas akar yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol, sedangkan isolat BR2 menunjukkan performance yang sama dengan kontrol dan isolat B21 menunjukkan data perkecambahan benih yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Pada isolat bakteri agen hayati kelompok fluorescens dari tiga isolat yang diuji hanya isolat P12 yang menunjukkan tingkat perkecambahan benih dan kualitas akar yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, sedangkan 2 isolat lain yaitu P23 dan P24 tidak menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan kontrol.

Tabel 2. Pengujian efek fitotoksitas dan pemicu pertumbuhan isolat bakteri agen hayati pada bibit padi

No	Isolat bakteri	Perkecambahan Benih (%)	Kualitas Akar
1	Kontrol	92	+
2	ATS8	92	+
3	ATS6	93	+
4	ATS4	81	-
5	TTS47	92	++
6	BR2	91	+
7	B21	88	+
8	P12	96	++
9	P23	86	-
10	P24	89	+

### Karakterisasi Isolat Bakteri Terpilih

Karakterisasi lebih lanjut terhadap ketiga isolat yang tidak menunjukkan efek fitotoksik pada bibit padi seperti tercantum pada Tabel 3. Data pada tabel tersebut menunjukkan keragaman sifat fisiologi bakteri agens hayati. ATS6 dan ATS8 sebagai bakteri agen hayati kelompok aktinomiset mampu menghasilkan kitinase dan fosfatase. Sementara itu isolat P12 dan P24 sebagai bakteri kelompok fluorescens hampir memiliki semua sifat fisiologis yang baik sebagai bakteri agens hayati seperti menghasilkan kitinase, melarutkan fosfat, menghasilkan siderofor dan memproduksi IAA. P12 memiliki keunggulan dalam ekspresi sifat kitinolitik dan melarutkan fosfat. Isolat bakteri TTS47 memiliki karakteristik menghasilkan sidefofor, IAA dan melarutkan fosfat. Sementara itu bakteri isolat BR2 memproduksi kitinase dan IAA tapi tidak menghasilkan siderofor dan enzim pelarut fosfat.

Tabel 3. Karakterisasi sifat fisiologi isolat bakteri agen hayati

Karakter	ATS6	ATS8	P12	P24	TTS47	BR2
Fitotoksis	-	-	-	-	-	-
Gram	+	+	-	-	-	+
Produksi khitinase	+	+	+++	+	-	+
Produksi siderofor	-	-	+	+	+	-
Pelarut Fosfat	++	+	+++	++	+	-
Produksi IAA	-	-	+	+	+	+

## Identifikasi Isolat Bakteri Terpilih

Masing masing kelompok bakteri dipilih satu isolat yang paling potensial untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai agens hayati. Ketiga isolat tersebut adalah ATS6 (aktinomiset), TTS47 (bakteri non flurescens) dan P12 (bakteri kelompok fluorescens). Identifikasi dilakukan dengan teknik molekuler dengan analisis sekuen gen 16S rRNA dan dilanjutkan alignment database sekuen DNA gen 16S rRNA bakteri pada GenBank dengan BLAST. Sekuensi dilakukan oleh pihak ketiga, sebuah perusahaan yang melayani jasa sekueensi (Genetika Science). Dari hasil sekueensi tersebut 2 isolat bakteri ATS6 identik terhadap *Streptomyces sp* dan TTS47 terhadap *Ralstonia picketsii* dengan tingkat kemiripan masing masing sebesar 99% dan 98% (Tabel 4). Sementara itu isolat P12 belum berhasil disekeensi karena adanya beberapa kendala dalam purifikasi DNA kromosom dan amplifikasi gen 16S rRNA dengan PCR biasa.

Tabel 4. Identifikasi isolat bakteri agen hayati berdasarkan data kemiripan sekuen 16S rRNA pada GenBank

Kode isolat	Asesi padanan	Kemiripan (%)	Spesies
ATS6	HE577953.1	99	<i>Streptomyces sp.</i>
TT47	NC012857.1	98	<i>Ralstonia pickettii</i>
P12	ND	ND	ND

Pemilihan isolat untuk agens hayati untuk pengendalian *X.oryzae* pv *oryzae* sengaja diarahkan pada kelompok aktinomiset karena bakteri dari golongan tersebut banyak menghasilkan antibiotika. Bakteriosin yang dihasilkan oleh aktinomiset telah diteliti mampu menghambat *Ralstonia solanacearum* dan *X. oryzae* pv. *oryzae* (Akhdiya & Susilowati, 2008). Beberapa aktinomiset juga telah diteliti menghasilkan senyawa antibakteri terhadap *Erwinia amylovora*, *Agrobacterium tumefaciens*, dan *Pseudomonas viridiflava* (Oskay et al. 2004).

Sementara itu penapisan bakteri agen hayati untuk mengendalikan *Pyricularoja oryzae* ditemukan *Pseudomonas* kelompok fluorescens menjadi kandidat yang paling baik. *Pseudomonas* kelompok fluorescens telah banyak dilaporkan sebagai agens antagonis yang mampu menekan perkembangan berbagai macam patogen tumbuhan. *Pseudomonas fluorescens* strain 5 (Pf-5) merupakan bakteri *Pseudomonas fluorescens* pertama yang dilaporkan mampu

menekan penyakit layu pada kapas yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani* (Howell and Stipanovic, 1979) dan *Pythium ultimum* (Howell and Stipanovic, 1980). Hasil uji *in vitro* *Pseudomonas fluorescens* menunjukkan adanya senyawa antibiosis yang mampu menekan perkembangan bakteri penyebab layu pada tomat yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* (Giyanto *et al.* 1998).

Kemampuan *Pseudomonas fluorescens* menekan perkembangan berbagai macam patogen bisa dipahami karena bakteri ini mensintesis berbagai senyawa antibiotik seperti *phenazine carboxylic acid* (PCA), *pyrrolnitrin*, *oomycin A*, *2,4-diacetylphloroglucinol* (Phl), dan *pyoluteorin* (Plt) (Schnider *et al.* 1995). Dilaporkan pula pada strain strain tertentu mampu memproduksi *hydrogen cyanide* (HCN), *phospholipase C*, dan *exoprotease* (Heeb *et al.* 2002).

Pada penelitian ini ditemukan *Ralstonia picketsii*, isolat yang sangat potensial menekan *Rhizoctonia solani*. Hasil penelusuran pustaka sejauh ini belum ada referensi yang menyatakan *R. picketsii* digunakan sebagai agens hayati. Ryan *et al.* (2007) menyebutkan bahwa *R. pickettii* telah banyak dimanfaatkan sebagai bioremediasi, pendederasi sejumlah senyawa toksik (Elango *et al.* 2006), dan belum pernah dilaporkan terdeteksi sebagai patogen pada tanaman dan hewan. Hasil penelitian ini memberikan informasi baru potensi *R. picketsii* selain sebagai bioremediator juga bisa dikembangkan lebih jauh sebagai agen hayati untuk pengendalian penyakit tumbuhan.

## KESIMPULAN

Penelitian ini didapatkan 3 isolat bakteri masing-masing dari kelompok aktinomiset (ATS6), *Pseudomonas* kelompok fluorescens (P12), dan bakteri kelompok non fluorescens (TTS47) yang berpotensi menekan *X. oryzae* pv.*oryzae*, *P. oryzae*, dan *R. solani* yang bersifat tidak fitotoksik serta menginduksi pertumbuhan tanaman padi. Isolat-isolat tersebut berdasarkan karakterisasi fisiologi mampu menghasilkan kitinase (ATS6 dan P12), fosfatase (ATS6, P12 dan TTS47), siderofor (P12 dan TTS47), dan *indole acetic acid* (P12 dan TTS47). Identifikasi molekuler berdasarkan sekvensing parsial DNA pengkode gen 16S rRNA menunjukkan 2 isolat bakteri yaitu ATS6 identik

terhadap *Streptomyces sp* dan TTS47 terhadap *Ralstonia picketsii* dengan tingkat kemiripan masing masing sebesar 99% dan 98%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Proyek Penelitian Strategis Nasional, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 046/SP2H/PL/Dit.Litabmas/III/2012 tanggal 7 Maret 2012.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhdiya A, Susilowati DN. 2008. Aktivitas penghambatan bakteriosin dari aktinomiset terhadap bakteri patogen tanaman pangan dan patogen tular makanan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 27(1):55-60.
- Elango VK, Liggenstoffer AS, Fathepure BZ. 2006. Biodegradation of vinyl chlroride and cis-dichloroethene by a *Ralstonia* sp. strain TRW-1. *Appl Microbiol Biotechnol* 72: 1270-1277.
- Giyanto, A. A. Nawangsih dan K. H. Mutaqin. 1999. Analisis keragaman molekuler *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* dengan teknik RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) dan studi potensi antagonistic terhadap *Ralstonia solanacearum* pada tomat. Laporan Penelitian Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar. Dirjen Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan Nasional.
- Grosch R, Faltin F, Lottmann J, Kofoet A, Berg G. 2005. Effectiveness of 3 antagonistic bacterial isolates to control *Rhizoctonia solani* Kühn on lettuce and potato. *Canadian Journal of Microbiology* 51: 345-353.
- Groth DE. 2008. Effects of cultivar resistance and single fungicide application on rice sheath blight, yield, and quality. *Crop Protection* 27:1125–1130.
- Heeb, S., C Blumer, and D. Haas. 2002. Regulatory RNA as mediator in GacA/RsmA-dependent global control of exoprotein formation in *Pseudomonas fluorescens* CHAO. *J. Bacteriol.* 184:1046-1056.
- Howell, C. R. and R. D. Stipanovic. 1979. Control of *Rhizoctonia solani* in cotton seedling with *Pseudomonas fluorescens* with an antibiotic produced by the bacterium. *Phytopatology* 69:480-482.
- Howell, C. R. and R. D. Stipanovic. 1980. Supression Phytiuum ultimum induced damping-off of cotton seedlings by *Pseudomonas fluorescens* and its antibiotic pyoluteorin. *Phytopatology* 70:712-715.

- Husen E. 2003. Screening of soil bacteria for plant growth promotion activities *in vitro*. *Indo J Agri Sci.* 4:27-31.
- Manjula K, Kishore GK, Podile AR. 2004. Whole cells of *Bacillus subtilis* AF 1 proved more effective than cell-free and chitinase-based formulation in biological control of citrus fruit rot and groundnut rust. *Can. J. Microbiol* 50: 737-744.
- Mew TW, Cottyn B, Pamplona R, Barrios H, Xiangmin L, Zhiyi C, Fan L, Nilpanit N, Arunyanart P, Kim PV, Du PV. 2004. Applying rice seed-associated antagonistic bacteria to manage rice sheath blight in developing countries. *Plant Dis.* 88: 557-564.
- Nagarajkumar M, Jayaraj J, Muthuhrishnan S, Bhaskaran R, Velazhahan R. 2005. Detoxification of oxalic acid by *Pseudomonas fluorescens* strain pfMDU2: implications for the biological control of rice sheath blight caused *Rhizoctonia solani*. *Microbiol. Res.* 160: 291-298.
- Oskay M, Tamer AU, Azeri C. 2004. Antibacterial activity of some actinomycetes isolated from farming soils of Turkey. *Afr J Biotechnol* 3(9):441-446.
- Ryan MP, Pembroke JT, Adley CC. 2007. *Ralstonia pickettii* in environmental biotechnology: potential and applications. *J Appl Microbiol* 103: 754-764.
- Schaad NW, Jones JB, Chun W. 2001. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. 3<sup>rd</sup> ed. APS Press. Minnesota.
- Singh PP, Shin YC, Park CS, Chung YR. 1999. Biological control of fusarium wilt of cucumber by chitinolytic bacteria. *Phytopathology* 89: 92-99.
- Schnider, U., C. Keel, C. Blumer, J. Troxler, G. Defago, and D. Haas. 1995. Amplification of housekeeping sigma factor in *Pseudomonas fluorescens* CHAO enhances antibiotic production and improves biocontrol abilities. *J.Bacteriol.* 177:5387-5392.
- Someya N, Nakajima M, Watanabe, Hibi T, Akutsu K. 2003. Influence of bacteria isolated from rice plants and rhizospheres on antibiotic production by the antagonistic bacterium *Serratia marcescens* strain B2. *J Gen Plant Pathol* 69: 342-347.
- Thakuria D, Talukdar NC, Goswami C, Hazarika S, Boro RC. 2004. Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. *Current Science* 86:978-985.
- Vidyasekaran, P. and Muthamilan, M. 1999. Development of formulation of *Pseudomonas fluorescens* for control of chickpea wilt. *Plant. Dis.* 79: 782-786.

**INDUKSI MUTASI KALUS EMBRIOGENIK JERUK KEPROK GARUT**  
**(*Citrus reticulata* L.) DENGAN IRADIASI SINAR GAMMA**  
(Induced Mutations of Embryogenic Callus Mandarin cv. Garut  
(*Citrus reticulata* L.) with Gamma Rays Irradiation)

**Karyanti<sup>1)</sup>, Agus Purwito<sup>2)</sup>, Ali Husni<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Balai Pengkajian Bioteknologi, BPPT.

<sup>2)</sup>Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB.

<sup>3)</sup>Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian.

**ABSTRAK**

Keprok Garut merupakan komoditas unggulan nasional. Karakter unggul keprok Garut belum sesuai selera konsumen khususnya pada warna buah dan jumlah biji. Teknik pemuliaan mutasi dengan iradiasi sinar gamma dapat di manfaatkan untuk meningkatkan kualitas jeruk keprok Garut tanpa biji. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keragaman melalui iradiasi sinar gamma pada kalus embriogenik jeruk keprok Garut. Kalus asal nuselus di iradiasi dengan sinar Gamma pada dosis 0, 20, 40, 60, 80 dan 100 gray. Kalus diregenerasi melalui tahapan embryogenesis somatik dan diamati pertumbuhannya. Peningkatan dosis iradiasi sinar gamma pada kalus embriogenik keprok Garut menghambat proliferasi kalus dan diperoleh dosis optimal berdasarkan LD<sub>50</sub> berada disekitar 57,87 gray. Kalus hasil perlakuan iradiasi mempunyai kemampuan regenerasi yang beragam dengan persentase efisiensi tertinggi tahap pendewasaan pada dosis 20 dan 100 gray dan tahap perkecambahan pada dosis 20 dan 40 gray. Pertumbuhan sejumlah kecambah menghasilkan 28 tunas mutan putatif dengan keragaman 0-59%. Penyambungan secara *in vitro-ex vitro* tunas mutan putatif sebagai batang atas dengan *Japansche Citroen* sebagai batang bawah setelah 4 minggu dapat bersinergis dengan persentase hidup 75-80%.

Kata kunci: Pemuliaan mutasi, embryogenesis somatik, proliferasi, pendewasaan, penyambungan.

**ABSTRACT**

Mandarin cv. Garut is one of local citrus which has some several superiority such as easy to peel, fresh and sweet flavour, yellowish green skin and contain 12-15 seeds per fruit, but can it not compete with citrus from other countries. Quality improvement have been the subject of citrus breeding programme. The objective of this research is to increase genetic variability of Mandarin cv. Garut through Gamma rays irradiation on embryogenic callus. Callus was irradiated at doses of 0, 20, 40, 60, 80 and 100 gray and regenerated through somatic embryogenesis. The result of radiosensitivity dose for GR<sub>50</sub> analyzed by Curve Expert 1.4 software was 58,36 gray. Observation on the growth of callus showed variation on morphology and weight of callus. At doses 0-40 gray callus growth was not inhibited, but at doses 60-100 gray callus growth was inhibited. Gamma irradiation also affected the formations of somatic embryos. After six weeks on maturation medium produced the highest percentage of efficiency at dose of 20 and 100 gray and on germination medium at dose of 20 and 40 gray. After four times subcultures in medium without plant regulator, it was produced 28 putative mutant shoots with morphological variability 0-59%. After four week grafting (*in vitro* and *ex vitro*) between putative mutant shoots as scion and *Japansche Citroen* as rootstock it was obtained the growth percentage 63-75%.

Keywords: Mutation breeding, somatic embryogenesis, proliferation, maturation, grafting.

## PENDAHULUAN

Jeruk keprok Garut adalah salah satu jenis jeruk unggulan nasional. Berdasarkan SK Menteri Pertanian No. 760 tahun 1999 menetapkan jeruk keprok Garut sebagai varietas unggul. Keprok Garut mempunyai rasa asam manis, kulitnya mudah dikupas, warna kulit hijau kekuningan dan mempunyai biji sekitar 12-15 biji/buah (Balitbangtan, 1999). Menurut Spiegel-Roy dan Goldschmidt (1996), kriteria buah jeruk yang digemari oleh konsumen dan pasar global adalah buah jeruk yang mempunyai biji sedikit atau tanpa biji (*seedless*), mudah dikupas dan memiliki warna yang menarik. Beberapa kriteria tersebut belum dimiliki oleh keprok Garut sehingga kalah bersaing di pasar global.

Untuk meningkatkan kualitas mutu buah jeruk keprok Garut yang telah memiliki karakter buah unggul dapat memanfaatkan teknik pemuliaan mutasi. Menurut Suryowinoto (1990), untuk menambahkan karakter baru dari tanaman yang telah memiliki karakter unggul dapat memanfaatkan teknologi induksi mutasi.

Aplikasi pemuliaan mutasi dapat dilakukan secara *in vitro* dan *ex vitro*. Aplikasi pemuliaan mutasi secara *in vitro* dengan bahan tanaman berupa kalus embriogenik mempunyai beberapa keunggulan yaitu dapat terhindar dari adanya kimera, dapat dilakukan pada populasi yang besar dan dapat dikerjakan dalam ruang yang terbatas (Witjaksono & Litz, 2002).

Mutasi dapat terjadi secara spontan dan buatan. Mutasi spontan merupakan mutasi yang terjadi secara alami sedangkan mutasi buatan merupakan mutasi yang terjadi karena terinduksi oleh mutagen. Mutagen yang dapat menginduksi keragaman diantaranya adalah mutagen fisik dan kimia. Mutagen fisik yang umum digunakan yaitu sinar Gamma sedangkan mutagen kimia dapat menggunakan EMS (*Ethyl Methane Sulphonate*) (van Harten, 1998). Induksi mutasi secara fisik dan kimia dapat menyebabkan terjadinya mutasi kromosom dan mutasi gen.

Aplikasi induksi mutasi dengan menggunakan iradiasi sinar Gamma telah banyak dilakukan baik pada tanaman pangan ataupun buah. Mutan “Mor” merupakan mutan hasil induksi mutasi pada jeruk mandarin murcott dengan sinar

Gamma pada dosis 35 gray, dihasilkan klon baru dengan rata-rata jumlah biji sekitar 5-7 biji/buah, dari rata-rata jumlah biji awal sekitar 20-25 biji/buah pada tanaman aslinya dan produktifitasnya tetap sama dengan tanaman aslinya (Vardi *et al.* 1993).

Penelitian bertujuan untuk mendapatkan *Growth Reduction* ( $GR_{50}$ ), meningkatkan keragaman genetik tanaman jeruk keprok Garut, memperoleh dosis mutagen yang efektif untuk induksi keragaman secara *in vitro* dan menghasilkan tanaman mutan putatif.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari Bulan Oktober 2011-September 2012 di Laboratorium Kultur Jaringan Departemen Agronomi dan Hortikultura Institut Pertanian Bogor. Sedangkan untuk perlakuan iradiasi sinar Gamma dilakukan di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (PATIR-BATAN).

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah kalus embriogenik jeruk keprok Garut yang berumur 18 bulan. Media dasar MW kombinasi MS (Murashige & Skoog) dan vitamin MW (Morel & Wetmore), zat pengatur tumbuh ( BAP, ABA, GA<sub>3</sub>), *Casein Hydrolisat*, gula, agar pemedat, dan alkohol 70%, daun regenerasi putative hasil *in vitro*, jeruk batang bawah *Japansche Citroen* (JC). Alat yang digunakan diantaranya peralatan iradiasi <sup>60</sup>Co, *laminar air flow*, mikroskop dan kamera digital.

### Analisis Data

Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu dosis iradiasi sinar Gamma (0, 20, 40, 60, 80, 100 gray). Setiap perlakuan diulang masing-masing lima ulangan. Setiap ulangan terdiri dari satu botol kultur yang ditanami lima *clumps* kalus. Setiap *clumps* kalus mempunyai berat basah sekitar 0,1 gram (20 proembrio). Data regenerasi kalus embriogenik dianalisis menggunakan sidik ragam dengan uji F menggunakan program SAS

Release 6.12 (Mattjik & Sumertajaya, 2006). Data hasil identifikasi morfologi diubah menjadi data biner dan dianalisis menggunakan UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Means*) dengan fungsi SIMQUAL menjadi dendogram melalui program NTSYS (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*) versi 2.02 (Rohlf, 1998).

### **Tahapan Penelitian**

Percobaan yang dilakukan terdiri dari empat tahap yaitu 1) perbanyakan kalus embriogenik dan induksi iradiasi sinar Gamma, 2) regenerasi kalus hasil iradiasi melalui tahapan embryogenesis somatik, 3) identifikasi secara morfologi dan 4) penyambungan tunas regeneran putatif dengan batang bawah secara *in vitro* dan *ex vitro*.

#### **Tahap 1. Perbanyakan kalus dan induksi iradiasi sinar Gamma**

Kalus embriogenik jeruk keprok Garut ditanam dan diperbanyak dalam media proliferasi yaitu media dasar MW ditambahkan 3 mg/L BAP (Merigo 2011). Kalus hasil perbanyakan diberikan perlakuan iradiasi sinar Gamma dalam *Gamma Chamber*  $^{60}\text{Co}$  (laju dosis saat perlakuan 0,648 K gray /jam) dengan dosis perlakuan 0, 20, 40, 60, 80, 100 gray. Kalus selanjutnya ditanam dalam media MW tanpa zat pengatur tumbuh dan diinkubasi dalam ruang kultur pada suhu 24-25°C dengan intensitas cahaya 1.000-1.500 lux selama 6 minggu. Peubah yang diamati yaitu perubahan warna kalus, penambahan berat kalus dan persentase proliferasi kalus. Data proliferasi kalus dianalisis dengan *software Curve Expert* 1.4 dan diperoleh rekomendasi GR<sub>50</sub>.

#### **Tahap 2. Regenerasi kalus hasil iradiasi sinar Gamma**

Kalus hasil iradiasi sinar Gamma selanjutnya diregenerasi dalam media pendewasaan dan perkecambahan. Kalus ditanam pada media pendewasaan yaitu media dasar MW ditambahkan ABA 2,5 mg/L dan *Casein Hydrolisat* 300 mg/L (Merigo, 2011) dan diikubasi selama 6 minggu. Embrio pada media pendewasaan akan berubah dari fase globular menjadi fase jantung, fase torpedo dan fase kotiledon (embrio dewasa). Selanjutnya embrio somatik ditanam dalam media perkecambahan (media dasar MW ditambahkan GA<sub>3</sub> 2,5 mg/L) (Merigo, 2011) dan diikubasi selama 6 minggu. Peubah yang diamati yaitu jumlah embrio

somatik, efisiensi pembentukan embrio somatik, jumlah embrio berkecambah dan jumlah tunas regeneran.

### **Tahap 3. Identifikasi pertumbuhan dan morfologi tunas regeneran**

Pada tahap ini tunas regeneran disubkultur sebanyak empat kali dalam media MS tanpa zat pengatur tumbuh. Tunas regeneran hasil kultur *in vitro* diidentifikasi secara morfologi pada karakter jumlah daun, warna daun, bentuk daun, tinggi tunas, jumlah cabang, kondisi batang, ketegakan tunas, jumlah akar, panjang dan lebar stomata.

### **Tahap 4. Penyambungan *in vitro* dan *ex vitro***

Teknik penyambungan baik secara *in vitro* maupun *ex vitro* dilakukan untuk mempercepat pertumbuhan tunas regeneran. Tunas regeneran digunakan sebagai batang atas dan batang bawah digunakan JC. Pada penyambungan secara *in vitro* batang bawah yang digunakan adalah kecambah steril umur 1 bulan. Sedangkan secara *ex vitro* batang bawah yang digunakan yaitu bibit JC umur 9 bulan dan kecambah umur 3 bulan. Pengamatan dilakukan pada 4 minggu setelah tanam dan diamati persentase pertumbuhan sambungan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

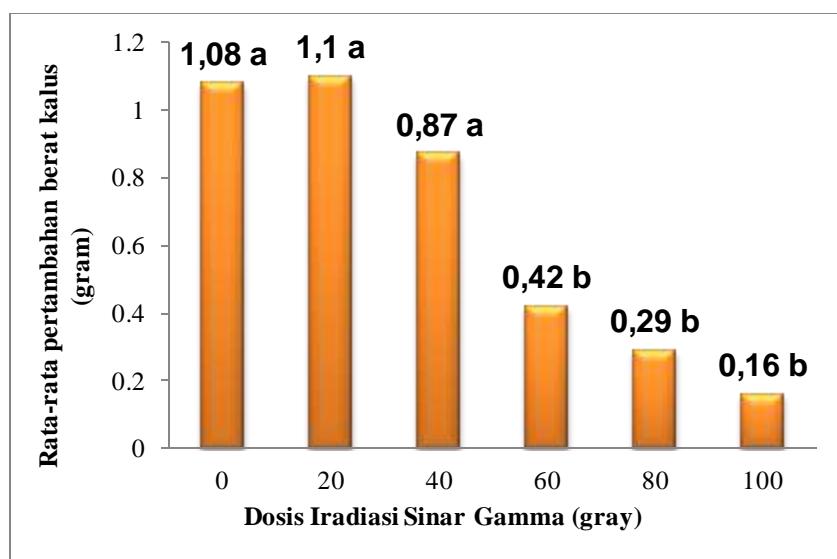
### **Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Pertumbuhan Kalus**

Perubahan warna kalus merupakan indikasi adanya pengaruh iradiasi sinar Gamma. Pengamatan warna kalus pada umur 6 minggu setelah iradiasi menghasilkan perubahan warna kalus pada dosis 40, 60, 80 dan 100 gray. Pada dosis 0 (tanpa iradiasi) dan 20 gray warna kalus tetap putih kekuningan, sedangkan pada dosis 40 dan 60 gray warnanya berubah menjadi putih kecoklatan. Peningkatan dosis sampai 80 dan 100 gray merubah semua warna kalus menjadi coklat (Tabel 1).

Tabel 1. Persentase perubahan warna kalus 6 minggu setelah iradiasi sinar Gamma

Warna Kalus	Dosis Iradiasi Sinar Gamma (gray)					
	0	20	40	60	80	100
Putih Kekuningan	100%	100%	55%	35%	0	0
Putih Kecoklatan	0	0	45%	65%	0	0
Coklat	0	0	0	0	100%	100%

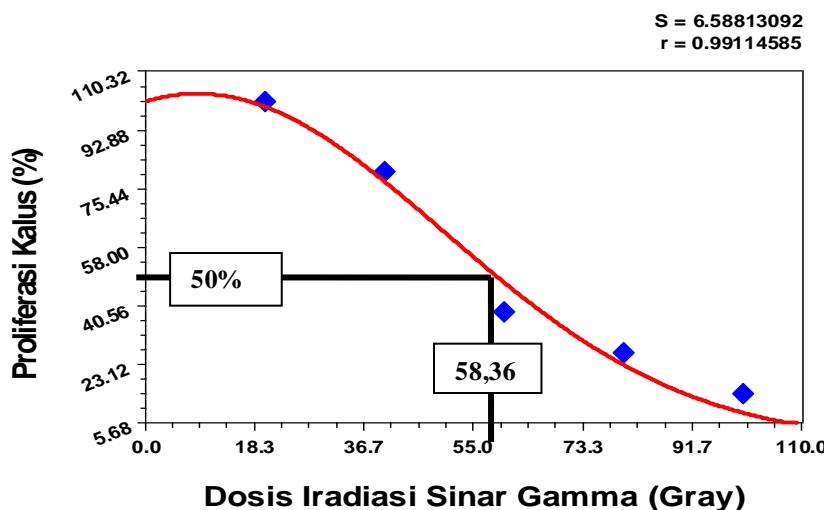
Iradiasi sinar Gamma berpengaruh nyata pada peningkatan berat kalus. Berat kalus pada umur 6 minggu setelah iradiasi tidak berbeda nyata pada dosis 0, 20 dan 40 gray tetapi terlihat berbeda nyata pada dosis 60, 80 dan 100 gray (Gambar 1). Peningkatan dosis iradiasi cenderung menghambat pertumbuhan sel-sel kalus akibat rusaknya ikatan atom pada molekul. Molekul melepaskan elektron dan berubah muatan menjadi ion atau radikal bebas yang dapat menghambat perkembangan sel (van Harten, 1998).



Gambar 1. Rata-rata pertambahan berat kalus jeruk keprok Garut umur 6 minggu setelah iradiasi. Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada diagram batang menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5.

Tingkat sensitivitas suatu jaringan terhadap iradiasi dapat diketahui melalui radiosensitivitas. Pengaruh radiosensitivitas pada setiap tanaman berbeda-beda. Radiosensitivitas dapat diperoleh dengan pendekatan *Lethal dose 50* ( $LD_{50}$ ) yaitu dosis iradiasi yang menyebabkan kematian 50% bahan tanaman hasil iradiasi atau melalui pendekatan *Growth Reduction* ( $GR_{50}$ ) yaitu dosis yang menyebabkan penurunan pertumbuhan 50% pada bahan tanaman hasil iradiasi (Amano, 2004).  $GR_{50}$  pada perlakuan ini diperoleh melalui data proliferasi kalus yang dianalisis menggunakan *software Curve Expert* 1.4. Berdasarkan hasil analisis diperoleh  $GR_{50}$  kalus embriogenik keprok Garut dengan perlakuan iradiasi sinar Gamma

seperti pada Gambar 2 berada di sekitar dosis 58,36 gray. Dosis disekitar 40-80 gray diharapkan dapat menghasilkan keragaman yang tinggi.



Gambar 2. Kurva pengaruh iradiasi terhadap persentase proliferasi kalus.

### Regenerasi Kalus Hasil Iradiasi Sinar Gamma

Sebanyak 100 proembrio yang ditanam dalam media pendewasaan menghasilkan rata-rata jumlah embrio somatik yang bervariasi. Rata-rata jumlah embrio somatik yang dihasilkan tanpa iradiasi tidak berbeda nyata pada dosis 80 gray tetapi berbeda nyata pada dosis 20, 40, 60 dan 100 gray. Sedangkan pada dosis 20, 40, 60 dan 100 gray saling berbeda nyata (Tabel 2).

Tabel 2. Rata-rata jumlah dan efisiensi pembentukan embrio somatik umur 6 minggu setelah tanam

Dosis iradiasi sinar Gamma (gray)	Rata-rata jumlah proembrio Awal	Rata-rata jumlah Embrio Somatik	Efisiensi pembentukan embrio somatik (%)
0	100	18,0 c	18,0
20	100	42,0 a	42,0
40	100	12,8 d	12,8
60	100	8,6 e	8,6
80	100	19,6 c	19,6
100	100	32,0 b	32,0

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Berdasarkan tingkat efisiensi pembentukan embrio somatik pada setiap dosis perlakuan, diperoleh pola efisiensi yang tidak teratur dimana hasil tertinggi

diperoleh pada dosis 40 dan 100 gray dan efisiensi terendah pada dosis 60 gray (Tabel 2). Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh ionisasi sinar Gamma dapat memicu pembentukan embrio somatik yang beragam.

Sebanyak 665 embrio somatik yang terbentuk selanjutnya ditumbuhkan dalam media perkecambahan dan dihasilkan 91 embrio berkecambah. Embrio somatik akan berkembang menjadi kecambah dengan munculnya daun, batang dan akar. Perkecambahan embrio yang sempurna ditandai dengan pembentukan akar dan munculnya tunas (Gmietter & Moore, 1986). Jumlah embrio somatik yang tumbuh dan berkecambah pada setiap dosis beragam. Pada dosis 20 dan 40 gray menghasilkan embrio berkecambah lebih banyak, sedangkan pada dosis 60 dan 100 gray menghasilkan embrio berkecambah lebih sedikit (Tabel 3). Untuk menghasilkan tunas regeneran dengan morfologi yang normal dilakukan subkultur berulang dalam media MS tanpa zat pengatur tumbuh sebanyak empat kali setiap 4 minggu.

Tabel 3. Jumlah embrio somatik, kecambah dan tunas regeneran hasil iradiasi sinar Gamma

Dosis iradiasi sinar Gamma (gray)	Jumlah embrio somatik	Jumlah embrio berkecambah	Jumlah tunas regeneran
0	90	12	4
20	210	38	8
40	64	18	7
60	43	4	2
80	98	12	5
100	160	7	2
Total	665	91 (14,14%)	28 (30,77%)

Sejumlah kecambah yang ditanam dalam media MS tanpa zat pengatur tumbuh menunjukkan respon pertumbuhan yang beragam. Keragaman yang muncul seperti bentuk daun, tunas roset, ada atau tidaknya akar, banyaknya jumlah cabang dan tunas *vitrous* (Gambar 3). Sebanyak 91 kecambah yang telah ditanam berulang dalam media MS tanpa zat pengatur tumbuh menghasilkan 28 tunas regeneran (Tabel 3). Perlakuan tanpa iradiasi menunjukkan adanya pengaruh variasi somaklonal terlihat dari 12 embrio berkecambah yang dihasilkan ternyata hanya 4 yang dapat berkembang menjadi tunas regeneran.



Gambar 3. Keragaman beberapa regenerasi hasil iradiasi sinar Gamma.

### Keragaman Morfologi Tunas Regenerasi

Tunas-tunas regenerasi menunjukkan adanya perbedaan morfologi seperti pada Gambar 4. Perbedaan yang dihasilkan setiap tunas regenerasi menunjukkan adanya keragaman dan diharapkan menghasilkan perubahan genetik. Menurut Miglani (2006), jika dua atau lebih genotipe ditumbuhkan pada kondisi lingkungan yang sama (*in vitro*) sehingga menghasilkan pertumbuhan yang berbeda, maka kedua regenerasi tersebut mempunyai genotipe yang berbeda.



Gambar 4. Morfologi tunas regenerasi hasil subkultur berulang dalam media MS tanpa zat pengatur tumbuh: A.M0/3 (tanpa iradiasi), B.M20/3 (20 gray), C.M40/3 (40 gray), D. M60/1(60 gray), E. M80/3 (80 gray), F. M100/1(100 gray).

Identifikasi morfologi diamati dari 28 tunas regenerasi melalui karakter-karakter kuantitatif populasi hasil iradiasi. Menurut Baihaki (1999), populasi yang bervariasi dapat dilihat dari nilai rata-rata, ragam dan standar deviasi.

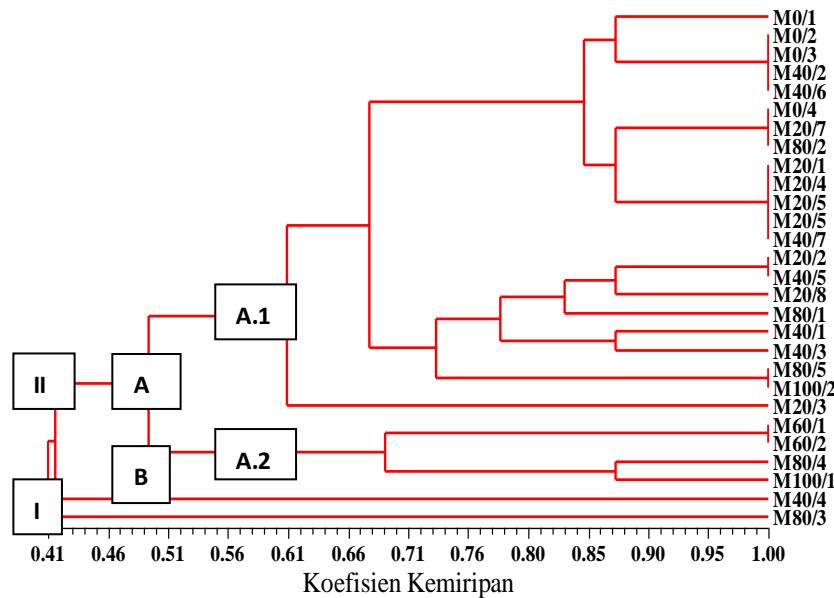
Pengamatan rata-rata karakter tinggi tunas, jumlah akar, panjang dan lebar stomata pada semua populasi menunjukkan perbedaan yang tidak nyata. Sedangkan pada karakter jumlah daun dan cabang terlihat perbedaan yang nyata. Tunas regenerasi M60 menghasilkan rata-rata jumlah daun dan cabang lebih banyak dibandingkan tunas regenerasi yang lain.

Tabel 4. Data kisaran, rataan, ragam dan standar deviasi karakter morfologi tunas regeneran

Karakter		Populasi Regeneran					
		M0	M20	M40	M60	M80	M100
Tinggi Tunas (cm)	Kisaran	2,7-4,5	2,6-3,7	2,6-4,8	2-2,2	2,2-6,3	2,2-2,2
	Rataan	3,35	3,11	3,5	2,1	3,52	2,2
	Ragam	0,63	0,14	0,7	0,02	2,73	0
	Standar deviasi	0,79	0,38	0,84	0,14	1,65	0
Jumlah Akar	Kisaran	1-2	1-3	1-3	1-2	1-2	0-2
	Rataan	1,5	1,63	1,43	1,5	1,2	0,5
	Ragam	0,33	0,55	0,62	0,5	0,7	0,5
	Standar deviasi	0,58	0,74	0,79	0,71	0,84	0,71
Jumlah Daun	Kisaran	6-12	5-22	4-28	21-28	5-11	5 - 8
	Rataan	8,75	13,63	12	24,5	7,4	6,5
	Ragam	7,58	36,27	63,67	24,5	5,3	4,5
	Standar deviasi	2,75	6,02	7,98	4,95	2,3	2,12
Jumlah Cabang	Kisaran	2-6	1-18	1-19	9-12	2-9	2 - 7
	Rataan	4	4,38	4,86	10,5	5,6	4,5
	Ragam	3,33	32,27	40,48	4,5	10,3	12,5
	Standar deviasi	1,83	5,68	6,36	2,12	3,21	3,54
Panjang Stomata ( $\mu\text{m}$ )	Kisaran	20-22	17-34	15-35	17-24	19-21	0-21
	Rataan	22	24	23	21	23	21
	Ragam	1	23,13	54,95	24,5	9,5	0
	Standar deviasi	1	4,81	7,41	4,95	3,08	0
Lebar Stomata ( $\mu\text{m}$ )	Kisaran	19-20	17-23	13-29	17-22	19-37	17-20
	Rataan	20	20,25	20	20	23	18,5
	Ragam	0	4,79	31,29	12,5	64,2	4,5
	Standar deviasi	0,58	2,19	5,59	3,54	8,01	2,12

Hasil nilai ragam populasi tunas regeneran pada karakter tinggi tunas, jumlah akar dan lebar stomata M40 dan M80 memiliki ragam lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan pada karakter jumlah daun, jumlah cabang dan panjang stomata M20 dan M40 memiliki ragam lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Nilai ragam dan standar deviasi terbesar pada semua karakter yang diamati muncul pada regeneran M40 (Tabel 4).

Keragaman data morfologi *in vitro* yang dihasilkan dianalisis melalui program NTSYS versi 2.02. Pengelompokan didasarkan pada sepuluh karakter yang diamati dari 28 tunas regeneran stabil dan menghasilkan keragaman 0-59% (Gambar 5).



Gambar 5. Dendogram berdasarkan karakter morfologi ragam berdasarkan hasil analisis gerombol metode UPGMA.

Penyebaran karakter tunas regeneran yang dihasilkan dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok I dan kelompok II. Kelompok I hanya memiliki satu regeneran putatif (M80/3), sedangkan pada kelompok II terpecah menjadi kelompok A dan kelompok B dengan keragaman morfologi 0-58%. Kelompok B hanya memiliki satu regeneran putatif (M40/4), sedangkan kelompok A terpecah menjadi kelompok A.1 dan A.2 dengan keragaman morfologi 0-50%. Kelompok A.1 terdiri dari 16 regeneran putatif hasil iradiasi dan 4 regeneran tanpa iradiasi dengan karagaman morfologi 31-39%. Keragaman regeneran tanpa iradiasi menyebar pada kisaran 12-16%. Kelompok A2 menghasilkan 4 regeneran putatif dengan keragaman morfologi sebesar 12-31%. Analisis pengelompokan ini memiliki nilai korelasi matriks Rohlf sebesar 0,85 ( $r = 0,85$ ). Hal ini berarti bahwa pengelompokan pada dendrogram yang diperoleh sudah sesuai dalam menggambarkan pengelompokan berbagai keragaman fenotip.

### **Penyambungan (grafting)**

Pada umumnya tanaman jeruk diperbanyak dengan cara sambung yaitu metode menyambungkan dua potong jaringan tanaman yang hidup sehingga ke dua jaringan tersebut bersatu, tumbuh dan berkembang menjadi tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mencari teknik penyambungan yang optimal khususnya pada batang atas hasil iradiasi sinar Gamma. Penyambungan dilakukan

secara *in vitro* dan *ex vitro*. Hasil penyambungan secara *in vitro* mencapai 75% dan penyambungan *ex vitro* sebesar 63-75% setelah empat minggu penyambungan (Tabel 5).

Tabel 5. Data persentase pertumbuhan hasil penyambungan secara *in vitro* dan *ex vitro*

Umur Batang Bawah (JC)	Jumlah Penyambungan	Persentase Pertumbuhan (%)	Rata-rata jumlah daun
<i>In Vitro</i> (kecambah steril umur			
1 bulan)	8	75,00	1,88
<i>Ex Vitro</i> (bibit umur 9 bulan)	8	62,50	3,00
<i>Ex Vitro</i> (kecambah umur 3 bulan)	5	75,00	2,50

## KESIMPULAN

Peningkatan dosis iradiasi sinar Gamma pada kalus embriogenik keprok Garut menghambat pertumbuhan kalus. *Growth Reduction* ( $GR_{50}$ ) berada di sekitar 58,36 gray. Kalus hasil perlakuan iradiasi mempunyai kapasitas kemampuan regenerasi yang beragam dengan efisiensi pembentukan embrio somatik tertinggi pada dosis 20 dan 100 gray sedangkan jumlah kecambah dan tunas regeneran pada dosis 20 dan 40 gray. Pertumbuhan kecambah setelah disubkultur empat kali dalam media tanpa zat pengatur tumbuh menghasilkan 28 tunas regeneran. Karakter-karakter morfologi yang diamati pada tunas regeneran menghasilkan nilai ragam lebih tinggi terutama pada dosis 40 gray dengan keragaman berdasarkan analisis gerombol 0-59%. Metode penyambungan secara *in vitro-ex vitro* antara tunas regeneran sebagai batang atas dan *Japansche Citroen* sebagai batang bawah dapat menghasilkan tanaman sambung dengan persentase sebesar 63-75%.

## DAFTAR PUSTAKA

Amano E. 2004. Practical suggestions for mutation breeding. Di dalam: Medina FIS, Amano E, Tano S, editor. Mutation Breeding Manual. Japan: FNCA. hlm 111-172.

[Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian. 1999. Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 760/kpts/TP.240/6/99 tentang

Pelepasan Jeruk Keprok Garut sebagai varietas unggul.Jakarta: Balitbangtan Deptan.

- Baihaki A. 1999. Teknik *Rancangan dan Analisis Penelitian Pemuliaan*. Kerjasama antara Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian dengan Fakultas Pertanian Universitas Pajajaran.
- Gmiter F, Moree GA. 1986. Plant Regeeration from Undeveloped Ovules and Embryogenic Calliof Citrus: Embryo Production, Germination, and Plant Survival. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 6:139–147.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2006. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab*. Bogor: IPB Press. hlm100–109.
- Merigo AJ. 2011. Studi regenerasi tanaman jeruk keprok Batu 55 (*Citrus Reticulata*) melalui jalur embrio somatik [tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Miglani GS.2006. Mendelian genetics. Di dalam:Dashek Wvand Horrison M,editor.*Plant Cell Sci*. Publisher USA.
- Rohlf FJ. 1998. NTSYS-PC *Numerical Taxonomic and Multivariate Analysis System Version 2.02 User Guide Exeter Software*. New york: Exeter Publishing Co.Ltd.
- Spiegel-Roy P, Goldschmidt EE. 1996. *Biology of Citrus*. New York: Cambridge University Press.
- Suryowinoto M. 1990. *Tenaga Atom Pemanfaatannya dalam Biologi dan Pertanian*. Yogyakarta: Kanisius.
- Van Harten AV. 1998. *Mutation Breeding Theory and Practical Application*. Csmbridge USA: Cambridge University Press.
- Vardi A, Spiegel RP, Elchanaw AP, penemu: US Patent PPB. 1993. *Mandarin Tree Named Mor*. 378 hlm.
- Witjaksono, Litz RE. 2002. Somatic embryogenesis of avocado and its application for plant improvement. Di dalam: *Procceding Internatioal Symposium Tropical dan Subtropical Fruits*: Australia, 26 November–1 Desember 2002. Cairns,Australia: Acta Holticulturae. Hlm 133 -138.

**OPTIMALISASI TECHNOLOGY SERVICES PADA WIRAUSAHA BENIH  
DAN BIBIT PEPA YA PUSAT KAJIAN HORTIKULTURA TROPIKA  
(PKHT) LPPM INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

(Optimization Technology Services on Papaya Seed and Seedling Business  
Center of Tropical Horticulture Studies, LPPM IPB)

**Ketty Suketi, M. Rahmad Suhartanto, Anna Fariyanti**

Pusat Kajian Hortikultura Tropika, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada  
Masyarakat, IPB

**ABSTRAK**

Buah tropika Indonesia diharapkan dapat menjadi buah tropis dunia yang menjadi tuan rumah di negeri sendiri sehingga mampu meningkatkan pendapatan petani dan devisa negara. Kegiatan optimalisasi *technology services* dalam pengembangan wirausaha benih dan bibit pepaya yaitu mencakup: (1) diseminasi produk (2) komersialisasi benih dan bibit pepaya (*Callina*, *Sukma* dan *Carisy*) dan (3) teknologi budidaya pepaya berbasis SOP (Standar Operasional Produksi). Pelaksanaan optimalisasi tersebut merupakan rangkaian beberapa komponen kegiatan, yaitu: (1) pengelolaan kebun koleksi plasma nutfah, (2) pengelolaan kebun pohon induk/calon varietas dan (3) pengelolaan kebun benih sebar. Keluaran dari kegiatan ini adalah SDG (sumber daya genetik) sebagai sumber bahan varietas unggul buah koleksi PKHT LPPM IPB tetap dikelola dengan baik dan ditingkatkan keunggulannya, diseminasi dan komersialisasi produk hasil inovasi, dan teknologi hasil penelitian PKHT LPPM IPB, sehingga dapat dimanfaatkan oleh petani dan masyarakat Indonesia.

Kata kunci: Benih, diseminasi, komersialisasi, pengelolaan kebun, *technology services*.

**ABSTRACT**

Indonesian tropical fruit is expected to become a main commodity in horticulture business that contribute to increase farmers and government income. To achieve the purpose, capacity building for the farmers required among others through the optimization technology services. In papaya seeds and seedlings business, this optimization technology services comprises of: (1) dissemination products from innovation (2) commercialization of seeds and seedlings (*Callina*, *Sukma* and *Carisy* variety) and (3) cultivation technology based on Standard Operating Production. The optimization initiated by serial activities on the orchard are: (1) orchard management of germplasm collection, (2) the parent trees and candidate varieties orchard management, and (3) seed management. The output of this PKHT LPPM IPB activities are establishing well managed germplasm collection as a source of high quality varieties, dissemination and commercialization of products from innovation, and technology research implementation.

Keywords: Commercialization, dissemination, orchard management, seed, technology services.

**PENDAHULUAN**

Pusat Kajian Hortikultura Tropika LPPM IPB sebagai salah satu unit yang memiliki tugas dalam kerangka penelitian dan pengabdian kepada masyarakat

telah menghasilkan produk dan jasa pelayanan berbasis teknologi inovasi hasil penelitian berdasarkan permintaan pasar khususnya pada komoditi pepaya. Karakter varietas unggul pepaya yang diinginkan oleh pasar yaitu: karakter pohon yang rendah (*dwarf*), masa pembungaan cepat, produktifitas tinggi, bentuk buah seragam, dan tahan terhadap hama penyakit. Kriteria buah pepaya yang diinginkan oleh konsumen untuk konsumsi segar antara lain memiliki rasa yang manis, bentuk buah oval, bobot buah berkisar 0.5-1.0 kg, daging buah renyah dengan warna jingga merah, rongga buah kecil, dan daya simpan lama (Sujiprihati dan Suketi, 2010).

Pusat Kajian Hortikultura Tropika LPPM IPB telah menghasilkan beberapa varietas unggul sesuai dengan kriteria keinginan pasar. Varietas tersebut adalah pepaya varietas Carisya, Callina dan Sukma (PKBT, 2010) yang telah dilepas dan didiseminasikan. Pemberian perlindungan varietas tanaman juga dilaksanakan untuk mendorong dan memberi peluang kepada dunia usaha untuk meningkatkan perannya dalam berbagai aspek pembangunan pertanian.

Berdasarkan data terkini PKHT (komunikasi pribadi dengan Divisi Pemasaran dan Kerjasama PKHT, 2012), benih pepaya yang telah disebarluaskan hampir ke seluruh Indonesia, mencapai sekitar 800 Ha. Luasan ini masih relatif kecil, namun dampak penggunaan varietas unggul akan nampak dengan meningkatnya produksi, kualitas produk dan kesejahteraan petani produsennya. Kegiatan diseminasi didukung dengan beberapa capaian yang telah diperoleh berupa varietas unggul, teknologi produksi, teknologi pengendalian hama terpadu, panen dan pascapanen hingga teknik pemasaran yang tepat (*Supply Chain Management*).

Beberapa capaian PKHT LPPM IPB pada lingkup komoditi pepaya adalah berupa: (1) Pengembangan varietas unggul yang terdiri dari kebun koleksi plasma nutfah (SDG) pepaya yang berada di kebun Tajur dan Pasirkuda, calon varietas unggul (pepaya Hibrida, IPB 9 betina dan pepaya Ponti), varietas yang sudah dilepas (Sukma, Carisya, Callina) dan varietas yang sudah didaftarkan (Arum Bogor, Prima Bogor, Wulung Bogor); (2) Teknologi produksi dan pasca panen

yang terdiri dari teknologi pembibitan, budidaya dan pengendalian hama penyakit terpadu (PHT).

Pengembangan sistem produksi yang berkualitas dan efisien dari varietas buah yang dihasilkan PKHT, disusun dalam bentuk Standar Operasional Produksi (SOP) yang selanjutnya diaplikasikan dalam suatu *Supply Chain Management* (SCM) dengan melibatkan petani, pekebun swasta, distributor, pengecer dan eksportir (Poerwanto, 2004). Kegiatan diseminasi dan komersialisasi yang terarah perlu dilakukan agar hasil penelitian berupa varietas dan teknologi dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. PKHT sebagai unit yang bertugas melaksanakan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat berpeluang untuk melakukan kegiatan diseminasi tersebut salah satunya dengan pengembangan wirausaha benih dan bibit. Wirausaha benih dan bibit dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Diseminasi produk hasil inovasi berupa: (a) benih varietas unggul dan (b) teknologi berbasis SOP (Standar Operasional Produksi).
2. Komersialisasi benih dan bibit seperti: (a) pepaya Arum Bogor dan Carisya untuk ukuran buah/ tipe kecil, (b) pepaya Callina untuk ukuran buah/tipe sedang, (c) pepaya Sukma untuk ukuran buah/tipe besar.

Tujuan kegiatan ini adalah untuk melakukan diseminasi dan komersialisasi produk hasil inovasi yaitu benih dan bibit pepaya (varietas: Arum Bogor, Carisya, Callina dan Sukma) serta penerapan teknologi budidaya buah berbasis SOP (standar operasional produksi) untuk meningkatkan produktifitas dan kualitas buah.

Keluaran yang diharapkan dari kegiatan ini adalah SDG (sumber daya genetik) sebagai sumber bahan varietas unggul buah koleksi PKHT LPPM IPB tetap dikelola dengan baik dan ditingkatkan keunggulannya, terdiseminasi produk dan teknologi hasil penelitian PKHT LPPM IPB, sehingga dapat dimanfaatkan oleh petani dan masyarakat Indonesia. Varietas unggul dan teknologi yang tepat diharapkan tercapainya kualitas, kuantitas, dan kontinuitas buah yang mampu memenuhi skala ekonomi pasar, baik domestik maupun mancanegara. Buah tropika Indonesia diharapkan dapat menjadi buah yang

menjadi tuan rumah di negeri sendiri dan sebagai ikon buah tropis dunia, sehingga mampu meningkatkan pendapatan petani pada khususnya dan devisa negara pada umumnya.

## METODE PENELITIAN

Optimalisasi *technology services* dalam pengembangan wirausaha benih dan bibit yaitu mencakup kegiatan (1) diseminasi produk dan (2) komersialisasi benih dan bibit pepaya (Callina, Sukma dan Carisy) dan (3) teknologi (SOP). Pelaksanaan optimalisasi tersebut merupakan rangkaian beberapa komponen kegiatan, yaitu: (1) pengelolaan kebun koleksi plasma nutfah, (2) pengelolaan kebun pohon induk/calon varietas dan (3) pengelolaan kebun benih sebar. Kegiatan yang dilaksanakan selama tahun anggaran 2012 mencakup beberapa kegiatan utama, yaitu:

### **Pengelolaan Kebun Percobaan PKHT - IPB dalam Rangka Pemeliharaan Koleksi Plasma Nutfah, Kebun Pohon Induk dan Kebun Produksi Benih Sebar Pepaya**

Sumber Daya Genetik (SDG) pepaya yang dimiliki PKHT sampai dengan tahun 2011 lebih dari 50 genotipe, baik yang berasal dari eksplorasi, introduksi dan hibridisasi. Lahan kebun percobaan untuk komoditi pepaya dimanfaatkan untuk kebun plasma nutfah, pohon induk dan produksi benih. Plasma nutfah yang ada dipelihara dengan baik dan dilakukan reinventarisasi terhadap koleksi. Pengelolaan kebun ini sudah mulai dilakukan pada bulan pertama percobaan. Untuk pengelolaan kebun ini baik untuk pemeliharaan koleksi, pemeliharaan kebun pohon induk dan kebun produksi dipersiapkan bahan berupa sarana produksi pertanian seperti pupuk dan pestisida. Pemeliharaan tanaman yang dilakukan yaitu berupa penyiraman, pemupukan, penyiraman dan pengendalian organisme pengganggu tanaman. Untuk tanaman yang sudah tua dilakukan peremajaan tanaman. Selain pemeliharaan koleksi, kebun pohon induk dan kebun produksi benih juga dilakukan kegiatan pengembangan varietas yaitu berupa persilangan dan perakitan. Pada Tabel 1 dapat dilihat jumlah dan lokasi tanam papaya di Kebun Percobaan IPB.

Tabel 1. Jumlah dan lokasi tanam pada tanaman pepaya

Blok	Komoditi	Jumlah (pohon)	Lokasi
Koleksi plasma nutfah	Pepaya Bontang, Medan, Lamongan, Paris dan Balikpapan	60	Kebun Tajur I Blok II
Pohon induk	Pepaya Carisya, Callina	90	Kebun Tajur I Blok I
	Pepaya Sukma	20	Kebun Pasir Kuda Blok A
	Pepaya Ponti	73	Kebun Pasir Kuda Blok E
Produksi benih	Pepaya Carisya	140	Kebun Tajur I Blok I
	Pepaya Callina	359	Kebun Tajur II
	Pepaya Sukma	315	Kebun Pasir Kuda Blok B
Penelitian	Pepaya hibrida dan tetunya	200	Kebun Tajur I Blok II

### Diseminasi Produk Benih dan SOP

Diseminasi produk yang dilakukan di PKHT berupa diseminasi benih dan teknologi yang dihasilkan. Pada tahun 2007 PKHT telah menyusun Standar Operasional Produksi (SOP) komoditi pepaya. SOP ini dapat digunakan sebagai panduan budidaya, mulai dari tanam hingga pascapanen. Kegiatan diseminasi dilakukan dengan penyebarluasan informasi melalui internet, atau web PKHT, pelatihan, pembinaan terhadap mitra baik petani maupun pelaksana agribisnis lainnya. Untuk kegiatan diseminasi ini dilakukan persiapan berupa pendataan mitra yang memperoleh benih pepaya dari PKHT. Dengan adanya data ini diharapkan ada komunikasi antara PKHT dengan mitra. PKHT melakukan monitoring dan pembinaan berdasarkan informasi dari mitra tentang permasalahan yang dihadapinya. Persiapan lain yang dilakukan adalah melakukan *up date* data website PKHT dan penyusunan *leaflet* pepaya Callina dan Sukma. Untuk diseminasi teknologi yang dilaksanakan dalam bentuk pelatihan kepada petani mitra dilakukan penyiapan bahan berupa penyusunan SOP singkat/*sheet procedure* untuk tata cara pembibitan, pemupukan, eksraksi benih, pengendalian hama dan penyakit serta pemanenan. Selain itu juga dilakukan penyusunan modul untuk pelatihan dan pencetakan ulang buku SOP pepaya yang telah disusun dan diperbaharui.

## Komersialisasi Benih dan Bibit

Komersialisasi bertujuan untuk menerapkan dan mengembangkan produk riset dan merupakan kegiatan yang terintegrasi dengan program diseminasi. Kegiatan komersialisasi meliputi penyediaan jasa konsultasi dan transfer teknologi untuk benih sebar pepaya terdiri dari pepaya Callina, Carisya dan Sukma. Persiapan yang dilakukan untuk kegiatan komersialisasi adalah penyiapan benih (produksi benih, proses benih dan pengemasan benih). Setelah produksi benih dilakukan di kebun produksi maka dilakukan proses benih. Untuk proses benih disiapkan bahan berupa mesin *blower*, kemasan benih dan *sticker*. Sejalan dengan kegiatan diseminasi untuk komersialisasi juga dilakukan promosi melalui internet dan *leaflet*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan yang telah dilakukan pada tahun 2012 adalah pembentukan kebun koleksi plasma nutfah, pembentukan kebun pohon induk, pembentukan kebun produksi benih, pembuatan *leaflet* pepaya, *up dating website*, pembuatan SOP singkat, pembuatan modul pelatihan, dan pembuatan data base diseminasi dan komersialisasi. Secara rinci kegiatan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

### Pembentukan Kebun Koleksi Plasma Nutfah Pepaya

Kebun koleksi plasma nutfah pepaya dibangun dan dikembangkan di kebun percobaan PKHT LPPM IPB Tajur. Kebun koleksi plasma nutfah ini merupakan pengembangan dari kebun plasma nutfah yang dibangun sejak tahun 2001. Sampai dengan tahun 2012 ini koleksi genotipe pepaya yang dimiliki sudah mencapai lebih dari 50 genotipe, terdiri dari galur murni, hibrida, dan *open pollinated*. Tiga genotipe yaitu Callina, Carisya dan Sukma sudah dilepas sebagai varietas unggul sedangkan Carla dan Ponti dipersiapkan sebagai calon varietas yang akan dilepas dalam waktu dekat. Koleksi genotipe pepaya yang ada di kebun percobaan PKHT LPPM IPB disajikan dalam Tabel 2.

### Pembentukan Kebun Pohon Induk Pepaya

Pembentukan kebun pohon induk dilakukan sebagai salah satu upaya untuk penyediaan benih pepaya secara kontinyu. Saat ini sudah dibangun kebun pohon

induk beberapa varietas pepaya yang sudah dilepas oleh PKHT LPPM IPB, terutama varietas yang banyak diminati oleh petani. Kebun pohon induk pepaya yang sudah dibangun adalah kebun induk pepaya di kebun percobaan PKHT LPPM IPB Tajur dan Pasirkuda. Di kebun percobaan Tajur ditanam varietas Callina dan varietas Carisya. Sedangkan di kebun percobaan Pasirkuda ditanam varietas Sukma dan calon varietas Ponti.

Tabel 2. Koleksi pepaya di Kebun Percobaan PKHT Tajur dan Pasirkuda

No.	Nama Genotipe	Daerah Asal Eksplorasi /Introduksi
1	Morezzatti	Desa Cijeruk, Bogor, Jawa Barat
2	Bozza	Desa Ciawi, Bogor, Jawa Barat
3	Sukaraja	Desa Sukaraja, Bogor, Jawa Barat
4	Bangkok	Bogor Jawa Barat
5	Gandul (Jantan)	Desa Ciawi, Bogor, Jawa Barat
6	Subang	Desa Cariu, Subang, Jawa Barat
7	Turen	Kecamatan Turen, Malang
8	Dampit	Kecamatan Dampit, Malang
9	Parung Kuda	Desa Parung Kuda, Sukabumi, Jabar
10	Magelang	Borobudur, Magelang, Jawa Tengah
11	Parjaya Parjaya	Desa Parung Jaya, Tangerang, Banten
12	Pepaya Mojosongo (IPB 6B)	Kecamatan Mojosongo, Boyolali
13	Pepaya Ungu	Watulimo, Trenggalek
14	Pepaya Jinggo	Mojosongo, Boyolali
15	Pontianak	Pontianak, Kalimantan Barat
16	Pepaya Madu	Pontianak, Kalimantan Barat
17	Pepaya Dieng ( <i>C. coundurmencis</i> )	Kecamatan Kejajar, Wonosobo
18	Pepaya Turen Dampit	Kecamatan Turen, Malang
19	Pepaya Turen-Talang	Kecamatan Turen, Malang
20	Pepaya Ungu	Kecamatan Watulimo, Trenggalek
21	Pepaya Balitbu (Berbagai genotipe)	Balitbu Solok
22	Eksotika 2	Introduksi dari Malaysia
23	Sunrise Solo (daging buah kuning)	Introduksi
24	Red King	Introduksi
25	Yellow King	Introduksi
26	TW	Introduksi Taiwan
27	SW Red	Introduksi
28	SW Yellow	Introduksi
29	KD-Thailand	Introduksi dari Thailand
30	EM-Thai	Introduksi dari Thailand
31	Pepaya Semangka Paris	Desa Cimahpar Bogor

Tabel 2. Koleksi pepaya di Kebun Percobaan PKHT Tajur dan Pasirkuda (*lanjutan*)

No.	Nama Genotipe	Daerah Asal Eksplorasi /Introduksi
32	Pepaya P Okim	Desa Bantar Jaya Bogor
33	Pepaya Ungu Tajur	Bogor
34	Pepaya Aceh	Aceh
35	Pepaya Gorontalo	Gorontalo
36	Pepaya Riau	Riau
37	Pepaya Motu	Sulawesi Selatan
38	Pepaya Kotu	Sulawesi Selatan
39	Pepaya Mexico	Blitar
40	Pepaya Lampung	Lampung Selatan
41	Pepaya Lubuk Alung	Padang
42	Pepaya Manado	Manado
43	20 nomor persilangan (berbagai kombinasi)	Tajur Bogor

### **Pengembangan Kebun Produksi Benih Pepaya Callina, Carisya dan Sukma**

Varietas pepaya Callina, Carisya dan Sukma merupakan tiga varietas pepaya yang sampai saat ini banyak diminati dan ditanam oleh petani pepaya. Permintaan varietas pepaya tersebut bukan hanya dari petani pepaya dari Pulau Jawa saja tapi juga petani dari luar Jawa.



Gambar 1. Peremajaan dan pemupukan susulan kebun induk pepaya Sukma di kebun PKHT LPPM IPB Pasirkuda.

Guna mengantisipasi permintaan benih pepaya yang terus meningkat perlu dilakukan pengembangan kebun produksi benih tiga varietas pepaya. Saat ini

sedang dilakukan peremajaan kebun pohon induk pepaya yang diarahkan untuk kebun produksi benih. Penanaman baru di kebun Tajur dilakukan untuk menambah pohon induk pepaya Callina secara bertahap sebanyak 100 pohon setiap tahap penanaman dan Carisya sebanyak 80 pohon. Sedangkan peremajaan pohon induk pepaya Sukma sebanyak 120 pohon dilakukan di kebun Pasirkuda.



Gambar 2. Peremajaan kebun induk pepaya Callina di kebun PKHT LPPM IPB Tajur.

### Pembuatan *Leaflet*

*Leaflet* dibuat sebagai sarana pendukung diseminasi varietas pepaya yang dikembangkan PKHT LPPM IPB. *Leaflet* ini sangat berguna pada saat pameran dan juga digunakan sebagai atribut pendukung saat diseminasi benih pepaya ke petani.

### *Up dating Website*

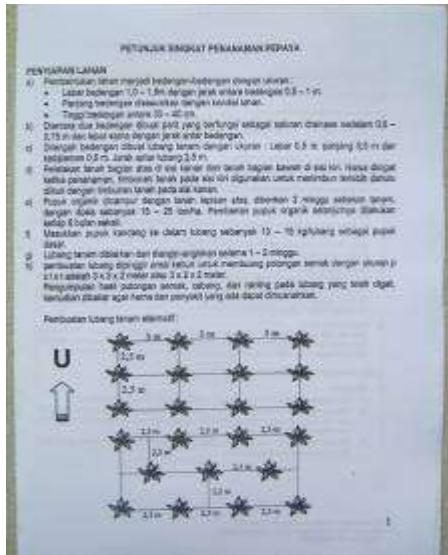
Selain *leaflet*, *website* dikembangkan sebagai sarana informasi perkembangan dan kegiatan PKHT LPPM IPB. Berbagai informasi perkembangan komoditas pepaya dapat diunduh dalam *website* ini dan secara berkala selalu di *update*.



Gambar 3. Tampilan website Pusat Kajian Hortikultura Tropika LPPM IPB.

### Panduan Singkat Standar Operasional Produksi (SOP) Pepaya

Panduan SOP singkat pepaya disusun dari buku SOP pepaya dengan meringkas hal-hal penting dan mendasar dari kegiatan produksi pepaya di lapang. SOP pepaya singkat ini diberikan kepada setiap petani/pengguna benih pepaya PKHT LPPM IPB.



Gambar 4. Booklet SOP singkat budidaya pepaya.

### Data base Diseminasi dan Komersialisasi

Kegiatan diseminasi dan komersialisasi dilakukan melalui penyebaran benih pepaya yang sudah dilepas ke seluruh petani pengguna se-Indonesia. Diseminasi dan komersialisasi benih pepaya periode Januari-Agustus 2012 mencapai 5205 *pack* benih yang terdiri dari 58 *pack* benih pepaya Arum, 517 *pack* benih pepaya Carisya, 354 *pack* benih pepaya Sukma dan 4276 *pack* benih pepaya Callina (Tabel 3).

Berdasarkan catatan diseminasi benih papaya periode Januari-Agustus 2012 dapat diprediksi total luas penanaman pepaya dari PKHT LPPM IPB kurang lebih 868 ha yang terdiri dari 10 ha pepaya Arum, 59 ha pepaya Sukma, 86 ha pepaya Carisya dan 713 ha pepaya Callina. Sebagian besar penanaman keempat varietas tersebut terdapat di Pulau Jawa.

### Pembuatan Modul Pelatihan

Modul pelatihan disusun sebagai bahan pegangan dan panduan bagi peserta saat melaksanakan pelatihan budidaya pepaya. Isi modul pelatihan lebih komprehensif dibandingkan panduan singkat SOP pepaya dan terbagi dalam tiga bahasan yaitu: pembibitan, budidaya dan pascapanen.

Tabel 3. Diseminasi benih pepaya PKHT LPPM IPB periode Januari-Agustus 2012

Varietas	Jumlah Benih (pack)	Prediksi	
		Populasi Tanaman (pohon)	Luas Penanaman (ha)
Arum	58	11.600	10
Callina	4.276	855.200	713
Carisya	517	103.400	86
Sukma	354	70.800	59
<b>Total</b>	<b>5.205</b>	<b>1.041.000</b>	<b>868</b>



Gambar 5. Kemasan benih pepaya dan produk pepaya Callina di swalayan Total Buah Segar.



Gambar 6. Buku modul pelatihan, pembibitan, budidaya dan panen-pascapanen pepaya.

## KESIMPULAN

Optimalisasi *technology services* dalam pengembangan wirausaha benih dan bibit pepaya yaitu mencakup kegiatan: (1) diseminasi produk (2) komersialisasi benih dan bibit pepaya (Callina, Sukma dan Carisya) dan

(3) teknologi budidaya pepaya berbasis SOP (Standar Operasional Produksi). Pelaksanaan optimalisasi tersebut merupakan rangkaian beberapa komponen kegiatan, yaitu: (1) pengelolaan kebun koleksi plasma nutfah, (2) pengelolaan kebun pohon induk/calon varietas dan (3) pengelolaan kebun benih sebar. Keluaran dari kegiatan ini adalah SDG (sumber daya genetik) sebagai sumber bahan varietas unggul buah koleksi PKHT LPPM IPB tetap dikelola dengan baik dan ditingkatkan keunggulannya, diseminasi dan komersialisasi produk hasil inovasi, dan teknologi hasil penelitian PKHT LPPM IPB, sehingga dapat dimanfaatkan oleh petani dan masyarakat Indonesia.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (PPM) Multi Tahun, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor: 176/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/III/2012, Tanggal: 6 Maret 2012.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Nurmalina R, Sarianti T, Karyadi A. 2010. Studi Kelayakan Bisnis. Departemen Agribisnis Fakultas Ekonomi Manajemen IPB. Bogor.
- Poerwanto, R. 2004. Pengembangan Sistem Mutu Buah-buahan. Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura. Deptan.
- Pusat Kajian Buah Tropika [PKBT]. 2003. Riset Unggulan Strategis Nasional Pengembangan Buah Unggulan Indonesia: Pepaya. Pusat Kajian Buah-buahan Tropika, Bogor.
- Pusat Kajian Buah Tropika [PKBT]. 2007. Acuan: Standar Operasional Produksi Pepaya. Pusat Kajian Buah Tropika, IPB. Bogor.
- Riset Unggulan Strategis Nasional [RUSNAS]. 2009. Riset Unggulan Strategis Nasional: Dalam Realitas Kurun Waktu 200-2009. RISTEK. Deputi Bidang Pengembangan Sistem Iptek Nasional. Kementerian Negara Riset dan Teknologi.
- Sujiprihati S, Suketi K. 2010. Budi Daya Pepaya Unggul. Penebar Swadaya. Jakarta.

**PENGEMBANGAN PRODUK RANSUM KOMPLIT BERBASIS HIJAUAN  
INDIGOFERA (INDIFEEDPB) SEBAGAI PAKAN BERKUALITAS  
UNTUK KAMBING PERAH**

(Product Development of Indigfera based Complete Feed  
as Qualified Feed for Dairy Goat)

**Luki Abdullah<sup>1)</sup>, Dewi Apri Astuti<sup>1)</sup>, Nahrowi<sup>2)</sup>, Suharlina<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB.

<sup>2)</sup>Dep. Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan, IPB.

<sup>3)</sup>Konsentrasi Studi Peternakan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian, Kutai Timur.

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan formula ransum komplit berbasis Indigofera yang terbaik untuk kambing perah. Penelitian ini menggunakan Rancangan acak lengkap yang terdiri dari 5 macam ransum komplit yang mengandung Indigofera dengan berbagai taraf, yaitu R1=80% tepung daun Indigofera + 0% bungkil kedelai, R2=60%+0% bungkil kedelai, R3=40%+0% bungkil kedelai, R4=20% tepung daun Indigofera +5% bungkil kedelai dan R5=0% tepung daun Indigofera +28% bungkil kedelai. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Peubah yang diamati meliputi kandungan nutrisi, nilai kecernaan, emisi metan, kelarutan mineral, populasi mikroba rumen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar protein kasar pada ransum R1 dan R5 nyata lebih tinggi dibandingkan dengan ransum R2, R3 dan R4 ( $P<0.05$ ). Kadar serat kasar pada ransum R3 dan R4 nyata lebih tinggi dibandingkan dengan ransum R2 dan R5 ( $P<0.05$ ). Peningkatan porsi Indigofera pada ransum sangat nyata meningkatkan kandungan Ca dan Mg ransum. Ransum yang mengandung indigofera 40% hingga 80% memiliki nilai kecernaan yang sama dengan ransum komersial yang mengandung 28% bungkil kedelai. Kandungan metan terbesar diperoleh pada simulator rumen yang diberi hanya 20% Indigofera. ransum R1, R2 dan R4 menunjukkan hasil asam asetat dan asam butirat yang tinggi dan paling baik untuk ransum kambing perah. Ransum uji (secara *in vitro*) yang memiliki kualitas sesuai dengan kebutuhan dan status fisiologis kambing perah yaitu R3 dan R4, yang masing-masing mengandung Indigofera 40% dan 20%.

Kata kunci: Indigofera zollingeriana, *in vitro*, kambing perah, kualitas nutrisi.

**ABSTRACT**

This study aimed to produce a best complete ration formula-based indigofera for dairy goats. This study used a completely randomized design consisting of 5 rations containing different level of indigofera, namely R1 = 80% indigofera leaf meal + 0% soybean cake, R2 = 60% indigofera leaf meal +0% soybean cakes, R3 = 40% indigofera leaf meal +0% soybean cake, R4 = 20% indigofera leaf meal +5% soybean cake and R5 = 0% indigofera leaf meal +28% soybean cake. Each treatment was repeated 3 times. Observed variables included nutrition, digestibility values, methane emissions, mineral solubility, rumen microbial populations. The results showed that the content of crude protein in the ration R1 and R5 was significantly higher than those of R2, R3 and R4 ( $P < 0.05$ ). Levels of crude fiber in the ration R3 and R4 was significantly higher than those of R2 and R5 ration ( $P < 0.05$ ). Increasing portion of the ration indigofera increasead Ca and Mg content of the ration. Indigofera ration containing 40% to 80% had the same digestibility values with commercial ration containing 28% soybean cake. the greatest methane content was obtained in the rumen simulator given only 20% indigofera. R1, R2 and R4 showed the highest acetic acid and butyric acid. The tested ration (*in vitro*) that met quality and physiological need of dairy goat were R3 and R4, which contained indigofera 40% and 20%.

Keywords: Indigofera zollingeriana, *in vitro*, dairy goat, nutritional quality.

## PENDAHULUAN

Upaya peningkatan produktifitas kambing perah sering terhambat oleh rendahnya mutu pakan yang diberikan oleh peternak, sehingga produksi susu masih kurang dari 1,5 liter/ekor/hari. Penggunaan hijauan pakan untuk ternak kambing memerlukan strategi tersendiri agar produktifitasnya terus meningkat (Ibrahim, 2003). Penggunaan rumput dan sebagian hijauan tropis sebagai sumber pakan utama ternak kambing tidak dapat memenuhi kebutuhan nutrisi untuk produktifitas tinggi (Fujisaka *et al.* 2000), mengingat kandungan protein rumput tropis relatif rendah berkisar antara 4-9%, sedangkan kebutuhan protein ransum kambing perah mencapai 18%. Peternak memberikan konsentrat untuk memenuhi kebutuhan nutrisi bagi ternaknya. Namun harga konsentrat yang berkualitas tinggi semakin mahal akibat persaingan penggunaan bahan baku pakan sehingga banyak bahan baku berkualitas tinggi seperti dedak gandum dan bungkil kedelai harus diimpor. Hal ini menyebabkan ketergantungan Indonesia terhadap negara lain dan mengurangi devisa negara.

Alternatif yang ditempuh untuk mengurangi penggunaan konsentrat ransum kambing perah sudah dilakukan sejak tahun 2008 dengan mengembangkan pakan hijauan yang berasal dari tanaman *Indigofera zollingeriana*. Ujicoba palatabilitas dan penggunaan hijauan segar *Indigofera zollingeriana* pada kambing Kacang menunjukkan peningkatan efisiensi pakan dan bobot badan hingga 45% (Tarigan, 2009). Penelitian pada aspek budidaya tanaman dari tahun 2008 menunjukkan bahwa tanaman *Indigofera* memiliki pertumbuhan yang cepat dan produksi hijauan yang tinggi (51 ton hijauan kering/ha/tahun) (Abdullah, 2010) dan kandungan asam amino yang lengkap (Kumalasari dan Abdullah, 2011). Penelitian ini mengungkap bahwa interval defoliasi yang dapat menghasilkan hijauan berkualitas dan produksi bahan kering tertinggi adalah 60 hari. *Indigofera* sangat cepat, adaptif terhadap tingkat kesuburan rendah, mudah dan murah pemeliharaannya serta potensi produksi biomassa hijauan *Indigofera* cukup tinggi mencapai 51 ton hijauan kering/tahun/ha (Abdullah dan Suharlina, 2010). Kandungan protein cukup tinggi setara dengan alfalfa berkisar 28-31% dan mineral (Ca, P, Mg, Zn) yang optimal bagi ternak. *Indigofera* yang digunakan juga tidak memiliki zat antinutrisi bagi ternak kambing. Tanaman *Indigofera*

termasuk tanaman yang responsive terhadap perlakuan nutrisi. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa pemberian pupuk cair daun organik yang dibuat sendiri dapat memperbaiki pertumbuhan (Budie, 2010; Suharlina, 2010) dan memperbaiki komposisi nutrisi dan kecernaan hijauan *Indigofera* (Abdullah, 2011) serta fermantabilitasnya dalam rumen kambing (Jovintry, 2011).

Pengolahan hijauan *Indigofera* dilakukan pada tahun 2010 yang menghasilkan produk pelet daun *Indigofera* murni (100%) bernama Indigofeed (Abdullah, 2010), yang telah diuji daya simpan, daya kemudahan penanganan dan pabrikasinya (Izzah, 2011). Hasil pemberian Indigofeed menunjukkan terjadi peningkatan produksi susu hingga 26% dan terjadi peningkatan efisiensi pakan 15-23% dan efisiensi nutrisi 5-9% (Apdini, 2011). Penggunaan Indigofeed dalam penelitian tersebut sebagai pakan utama yang diberikan 100% mengantikan konsentrat, tetapi tidak dalam bentuk ransum komplit, sehingga relatif menyulitkan peternak dalam penyajiannya.

Penelitian ini merupakan lanjutan penelitian sebelumnya yang menghasilkan ransum komplit untuk kambing perah. Tujuan penelitian antara lain menghasilkan ransum komplit terbaik yang diindikasikan dengan kandungan dan nilai nutrisi secara in vitro pada rumen kambing perah.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Fakultas Peternakan IPB dan Unit Pendidikan dan Penelitian Peternakan Jonggol IPB dari bulan Januari-Oktober 2012.

### **Penyia pan Bahan Hijauan Indigofera Sumber Bahan IndifeedPB**

Hijauan *Indigofera* yang digunakan sebagai bahan baku utama produk ransum komplit IndifeedPB berasal dari Hijauan *Indigofera* (daun dan ranting). Hijauan tersebut dikeringkan udara dan selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 3 jam. Untuk mendapatkan kualitas terbaik pengeringan dihentikan setelah dihasilkan hijauan yang sudah kering (mudah remuk ketika diremas) namun masih hijau agak sedikit kecoklatan.

### Penyusunan Formula Ransum Komplit Berbasis *Indigofera*

Formula ransum komplit yang berbasis *Indigofera* dibuat dengan kombinasi beberapa bahan konsentrat dengan tingkat penggunaan yang berbeda yaitu 80%, 60%, 40%, 20% dalam ransum dan 0% *Indigofera* sebagai ransum kontrol (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi bahan pakan IndifeedPB yang diuji secara in vitro pada rumen kambing perah

Bahan pakan	R1(80-0)	R2 (60-0)	R3 (40-0)	R4 (20-5)	R5 (0-28)
Dedak	2	3	5	26	27
Bungkil Kedelai	0	0	0	<b>5</b>	<b>28</b>
Jagung	10	30	30	2	18
<b><i>Indigofera</i></b>	<b>80</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>0</b>
Rumput gajah	6	5	23	45	25
CaCO <sub>3</sub>	1	1	1	1	1
NaCl	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Premix	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Proses pembuatan ransum komplit diawali dengan persiapan tepung daun *Indigofera* digiling dengan ukuran partikel < 1mm. Selanjutnya tepung daun dicampur dengan bahan lain sampai homogen. Campuran bahan yang telah siap selanjutnya proses dalam bentuk pelet dengan diameter Die sebesar 4mm.

### Pengujian Secara Kimia Kandungan Nutrisi

Komposisi bahan kering (BK), Bahan Organik (BO), Protein Kasar (PK), Lemak Kasar (LK), dan Serat Kasar (SK) masing-masing ransum komplit diukur dengan metode proksimat (AOAC 1990), sedangkan kandungan *Neutral Detergent Fiber* (NDF) dan *Acid Detergent Fiber* (ADF) dianalisis menggunakan metode Van Soest (1991).

### Pengujian Kecernaan *In Vitro* dan Kelarutan Mineral

Cairan rumen yang dipakai berasal dari 3 bangsa kambing perah yang sedang laktasi yaitu kambing Saanen, Etawah dan Peranakan Etawah (PE). Pengambilan cairan rumen dilakukan menggunakan *stomach tube*. Cairan yang masuk ke dalam selang ditampung dan disimpan di dalam termos yang sebelumnya diisi air panas dan telah dikosongkan dengan temperatur 39°C. Cairan rumen yang diambil pada masing-masing bangsa kambing sebanyak 300 ml.

### Kecernaan *In vitro*

Pengamatan terhadap kajian *in vitro* dengan *Rumen Simulation Technique (Rusitec)* (Kajikawa *et al.* 2002) dilakukan di Laboratorium Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Peubah yang diamati meliputi pengukuran produksi gas total, produksi gas parsial dan methan, populasi protozoa dan bakteri pencerna serat serta konsentrasi amonia dan VFA.

### Kandungan Mineral dan Kelarutan Mineral

Kelarutan mineral dihitung berdasarkan jumlah mineral dalam bahan pakan dikurangi dengan mineral yang tersisa pada bahan pakan yang telah diinkubasi secara *in vitro*. Pengukuran kadar mineral tersebut dilakukan dengan cara pengabuan basah (*wet ashing*) (Reitz *et al.* 1960). Analisis mineral Ca, Mg, Zn, dan Fe dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrofotometric* (AAS). Pengukuran kadar fosfor (P) dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer (*UV Visible*) dengan panjang gelombang 660 nm.

### Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan yang nyata akan dilanjutkan dengan uji *Least Significance Difference* (LSD).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Nutrisi

Ransum yang diuji dalam penelitian ini adalah R1 yang mengandung 80% Indigofera dan tanpa bungkil kedelai, R2 mengandung 60% Indigofera tanpa bungkil kedelai, R3 mengandung Indigofera 40% tanpa bungkil kedelai, R4 mengandung 20% Indigofera dan 5% bungkil kedelai dan R5 tanpa Indigofera dengan kandungan bungkil kedelai 28% sebagai ransum komersial sebagai kontrol positif seperti disajikan pada Tabel 1. Kandungan nutrisi ransum yang diuji disajikan pada Tabel 2.

Kadar protein kasar pada ransum R1 dan R5 nyata lebih tinggi dibandingkan dengan ransum R2, R3 dan R4 ( $P<0.05$ ). Sumbangan *indigofera* sebanyak 80% dalam ransum setara dengan sumbangan bungkil kedelai 28% dalam ransum yang

menghasilkan total protein ransum berkisar antara 21.50-23.30%. Angka ini masih tetap lebih rendah dibandingkan dengan kandungan protein pada *indigofera* sendiri yang memiliki kadar 29.16%. Kadar serat kasar pada ransum R3 dan R4 nyata lebih tinggi dibandingkan dengan ransum R2 dan R5 ( $P<0.05$ ), sedangkan ransum R1 tidak berbeda dengan keempat ransum lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan kambing perah, ransum R3 dan R4 sangat disarankan karena kandungan protein, lemak dan serat kasarnya mencukupi, walaupun kandungan abu pada R3 terlalu tinggi. Ransum R1 untuk kambing perah cukup baik kalau ketersediaan protein yang tinggi diikuti dengan tersedianya karbohidrat terlarut yang cukup untuk mendukung terbentuknya protein mikroba, sedangkan ransum R2 dan R5 untuk status laktasi masih kekurangan sumber serat kasar.

Tabel 12. Kandungan nutrisi IndifeedPB yang diuji secara in vitro pada rumen kambing perah

Ration	Dry matter	Ash	Crude fat	Crude protein	Crude fiber
R1 (80-0)	94.84±2.04	8.83±2.14	3.26±0.21	21.49±2.21 <sup>b</sup>	16.20±2.31 <sup>ab</sup>
R2 (60-0)	95.74±1.93	7.79±2.87	2.41±0.76	17.87±1.94 <sup>c</sup>	14.16±3.34 <sup>b</sup>
R3 (40-0)	94.83±2.52	10.32±3.19	3.99±0.14	16.54±2.65 <sup>c</sup>	17.49±1.18 <sup>a</sup>
R4 (20-5)	95.74±1.14	7.43±1.32	2.60±0.27	15.33±2.49 <sup>c</sup>	19.83±1.33 <sup>a</sup>
R5 (0-28)	94.93±2.23	9.42±1.93	4.48±0.16	23.30±0.99 <sup>b</sup>	9.92±1.74 <sup>b</sup>
Indigofera 100%	88.11±2.73	6.14±1.45	3.62±0.23	29.16±2.37 <sup>a</sup>	14.02±2.48 <sup>b</sup>

Keterangan:

Huruf notasi berbeda pada setiap kolom yang sama menunjukkan berbedanya 5% (LSD).

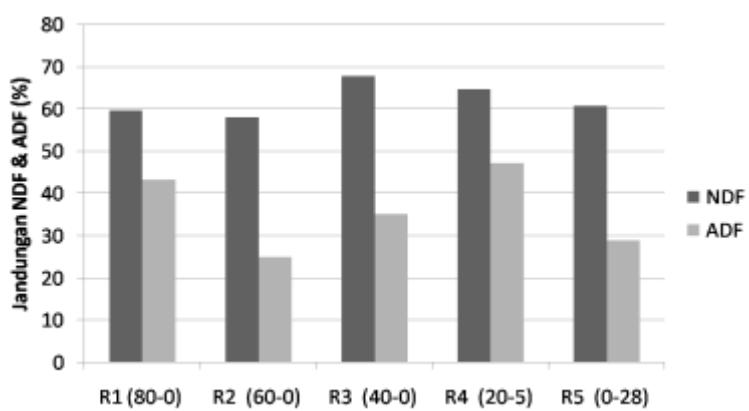
Penambahan Indigofera sebagai bahan pakan pada ransum komplit yang diuji tidak menyebabkan perbedaan kandungan bahan kering secara keseluruhan, kadar abu dan kadar lemak ransum. Tetapi penambahan Indigofera secara bertahap dari 20% menjadi hingga 80% meningkatkan ( $p<0.05$ ) kandungan protein ransum sebanyak 4-5%. Penggunaan 5% bungkil kedelai namum hanya menggunakan Indigofera memiliki kandungan protein lebih rendah dari pada ransum komplit yang mengandung 80% Indigofera yang setara dengan ransum komersial yang mengandung bungkil kedelai 28%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan Indigofera pada ransum uji dapat meningkatkan kandungan protein kasar yang setara dengan penggunaan bungkil kedelai hingga 28% pada penelitian ini. Tingginya kontribusi protein dari Indigofera dapat dipahami karena

kandungan protein kasar Indigofera sendiri pada penelitian ini sebesar 29.16% (Tabel 2). Hal membuktikan bahwa Indigofera merupakan bahan hijauan pakan lokal yang efektif dapat meningkatkan kandungan protein.

Contoh perhitungan pemenuhan protein bagi ternak kambing perah yang sedang laktasi berdasarkan NRC (1981) kebutuhan protein untuk hidup pokok (maintenance) adalah 4.15 g/kg BB<sup>(0.75)</sup> dan kebutuhan untuk produksi susu 77 g/kg susu. Berdasarkan kebutuhan standar protein tersebut kambing perah dengan bobot badan 50 kg dan produksi susu 1.8 kg/hari memerlukan protein sebanyak 217 g/hari, yang berasal dari perhitungan kebutuhan protein untuk hidup/maintenance sebesar 78 g/hari/ekor dan kebutuhan memproduksi susu sebesar 139 g/hari/ekor. Jika ransum yang digunakan adalah ransum R1, R2 dan R5 maka akan terjadi inefisiensi penggunaan protein karena kandungan protein ransum dan kecernaan bahan keringnya terlalu tinggi dibandingkan kebutuhannya. Akibatnya konsumsi protein untuk kambing yang diberi ransum R1, R2 dan R5 menjadi kelebihan masing-masing sebanyak 110 g, 58 g dan 144 g/hari/ekor, karena suplai protein dari masing-masing ransum sebanyak 326 g, 274 g dan 361 g, padahal yang diperlukan hanya 217 g/hari/ekor. Namun jika ransum yang dipilih adalah R4 kambing akan mengalami kekurangan protein sebanyak 32.1 g/hari/ekor. Ransum yang mengandung Indigofera 40% (R3) ini juga bisa digunakan juga untuk kambing yang sedang bunting karena selain kebutuhan pokok hidup juga kebutuhan untuk membesarkan anak dalam uterusnya.

Pada kambing yang sedang tidak laktasi seperti anak kambing, kambing dara dan kambing kering kebutuhan protein digunakan untuk hidup pokok saja yaitu sebesar 78 g/hari/ekor. Oleh karena itu ransum yang sesuai untuk kebutuhan ini adalah ransum yang mengandung Indigofera 20% yaitu R4. Contoh perhitungan ini akan berlaku seterusnya sejalan dengan bobot badan dan produksi susu. Berdasarkan ilustrasi di atas yang mengikuti perhitungan dan standar kebutuhan protein nampaknya R1, R2 dan R5 tidak dipilih sebagai produk definitif karena dari segi penyediaan protein sudah cukup berlebih dan menyebabkan inefisiensi pakan. Sedangkan R4 akan dipilih untuk kambing yang tidak laktasi.

Pertimbangan lain selain dari protein adalah kandungan serat kasar diperlukan untuk membantu fermentasi dalam rumen kambing. Namun sejauh ini kandungan serat kasar yang tersedia dalam ransum masih merupakan batas normal untuk dikonsumsi. Fraksi serat atau dinding sel yang terkandung dalam hijauan adalah perhatian utama dalam nutrisi ruminansia karena serat merupakan menu wajib dalam makanan ternak, dan fraksi serat menentukan baik konsumsi pakan dan penampilan ternak. Fraksi serat yang penting diamati dalam penelitian ini adalah NDF dan ADF yang disajikan pada Gambar 1. NDF merupakan fraksi serat yang mudah dicerna di dalam rumen oleh bakteri dan ADF adalah fraksi serat yang relative lebih sulit dicerna. dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa NDF tidak dipengaruhi oleh jenis ransum, meskipun terdapat variasi kandungan NDF antar ransum. Kandungan ADF ransum berbeda nyata ( $p<0.05$ ; Lsd 5% = 8.92). Kandungan ADF pada R1 dan R4 lebih tinggi ( $p<0.05$ ) dibandingkan dengan kandungan ADF pada R2, R3 dan R5. Tingginya kandungan ADF pada R1 dan R4 kemungkinan disebabkan karena tingginya kandungan hijauan pada kedua ransum tersebut masing-masing 80% Indigofera dan 20% indigofera ditambah 45% rumput gajah. Peningkatan kandungan rumput gajah dari R2 sampai R4 sangat jelas disebabkan oleh keberadaan porsi rumput gajah yang semakin banyak.



Gambar 1. Kandungan NDF dan ADF ransum.

Penggunaan rumput gajah pada R3 sebanyak 23% juga menyebabkan kandungan ADF menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan R2 dan R5. Meskipun R2 menggunakan Indigofera lebih banyak dari pada R3 namun pengaruh

Indigofera lebih menentukan pada keberadaan NDF dibanding ADF, namun sebaliknya keberadaan rumput gajah berpengaruh terjadi pada peningkatan ADF dibandingkan pada NDF. Kompensasi nilai ADF oleh NDF akibat pemberian Indigofera menunjukkan bahwa Indigofera merupakan hijauan berkualitas nutrisi tinggi dibandingkan rumput gajah.

### Kandungan Mineral dan Kelarutannya

Mineral merupakan nutrisi anorganik yang sangat penting bagi pertumbuhan dan produksi susu kambing. Kontribusi Indigofera pada ransum sangat penting dalam mensuplai kandungan mineral dalam ransum. Peningkatan porsi Indigofera pada ransum sangat nyata meningkatkan kandungan Ca dan Mg ransum, tetapi Indigofera tidak dapat menyamai ransum komersial yang mengandung bungkil kedelai 28% dalam menyediakan P (Tabel 3). Namun pemberian Indigofera tidak dapat memperbaiki kandungan mineral Fe dan Zn.

Tabel 3. Kandungan mineral IndifeedPB yang diuji secara in vitro pada rumen kambing perah

Ransum	Ca (%)	P (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
R1 (80-0)	3.99 <sup>a</sup>	0.27 <sup>b</sup>	2.79 <sup>a</sup>	353.66 <sup>c</sup>	41.88 <sup>b</sup>
R2 (60-0)	2.29 <sup>b</sup>	0.25 <sup>bc</sup>	2.48 <sup>a</sup>	351.28 <sup>c</sup>	50.09 <sup>b</sup>
R3 (40-0)	2.59 <sup>b</sup>	0.21 <sup>bc</sup>	1.83 <sup>b</sup>	593.36 <sup>b</sup>	55.00 <sup>b</sup>
R4 (20-5)	0.88 <sup>c</sup>	0.19 <sup>c</sup>	2.29 <sup>a</sup>	711.66 <sup>a</sup>	51.37 <sup>b</sup>
R5 (0-28)	0.59 <sup>c</sup>	0.37 <sup>a</sup>	1.96 <sup>ab</sup>	534.71 <sup>b</sup>	80.72 <sup>a</sup>
Indigofera 100%	1.78 <sup>b</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.51 <sup>c</sup>		
LSD 5%	0.72	0.07	0.38	52.61	23.15

Keterangan:

Huruf notasi berbeda pada setiap kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata 5% (LSD).

Tabel 4. Proporsi mineral terlarut IndifeedPB yang diuji secara in vitro pada rumen kambing perah

Ransum	Ca (%)	P(%)	Mg (%)	Fe (%)	Zn (%)
R1 (80-0)	99.24	43.54 <sup>c</sup>	86.17 <sup>a</sup>	87.00 <sup>b</sup>	61.99 <sup>c</sup>
R2 (60-0)	99.25	50.37 <sup>c</sup>	86.23 <sup>a</sup>	88.11 <sup>b</sup>	81.00 <sup>b</sup>
R3 (40-0)	99.05	37.34 <sup>d</sup>	81.25 <sup>b</sup>	93.02 <sup>ab</sup>	56.75 <sup>c</sup>
R4 (20-5)	97.58	63.15 <sup>b</sup>	82.17 <sup>b</sup>	95.52 <sup>a</sup>	74.41 <sup>b</sup>
R5 (0-28)	97.22	76.96 <sup>a</sup>	80.72 <sup>b</sup>	96.81 <sup>a</sup>	90.29 <sup>a</sup>
LSD 5%	3.65	7.43	4.21	6.98	9.12

Keterangan:

Huruf notasi berbeda pada setiap kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata 5% (LSD).

Jika dilihat porsi mineral yang larut dalam cairan rumen, memperlihatkan bahwa semua ransum memiliki nilai kelarutan Ca yang sangat tinggi (Tabel 4). Kelarutan P pada R1-R3 masih lebih rendah dibandingkan dengan nilai kelarutan P pada R4 dan R5 yang mengandung bungkil kedelai. Namun sebaliknya Mg lebih banyak yang larut pada ransum yang lebih banyak mengandung Indigofera. Hal ini menunjukkan bahwa Indigofera merupakan hijauan yang menyumbang Mg cukup signifikan pada ransum. Hal ini terbukti dari banyaknya kandungan Mg ransum yang mengandung Indigofera dan tingginya kelarutan Mg pada ransum yang sama.

Untuk mengambarkan tingkat kegunaan secara biologis hijauan *Indigofera* yang dikeringkan pada suhu pengeringan berbeda, pada penelitian ini telah dilakukan analisis kecernaan bahan kering (KCBK), kecernaan bahan organik (KCBO). Ransum yang dibuat memiliki perbedaan nyata ( $p<0.05$ ) dalam nilai kecernaan baik bahan kering maupun bahan organik. Pemberian Indigofera yang semakin meningkat jumlahnya dalam ransum dapat meningkatkan nilai kecernaan bahan kering dan kecernaan bahan organik. Ransum yang mengandung indigofera 40% hingga 80% memiliki nilai kecernaan yang sama dengan ransum komersial yang mengandung 28% bungkil kedelai (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa Indigofera memiliki bahan organik yang mudah dicerna sama seperti halnya dengan bungkil kedelai. R4 menunjukkan nilai kecernaan rendah karena selain porsi Indigoferanya rendah juga porsi rumput gajahnya sangat tinggi yaitu 45%. Rumput gajah memiliki nilai kecernaan yang rendah yaitu antara 45-60%.

Tabel 5. Nilai kecernaan dan produksi metan yang dihasilkan akibat pemberian ransum IndifeedPB

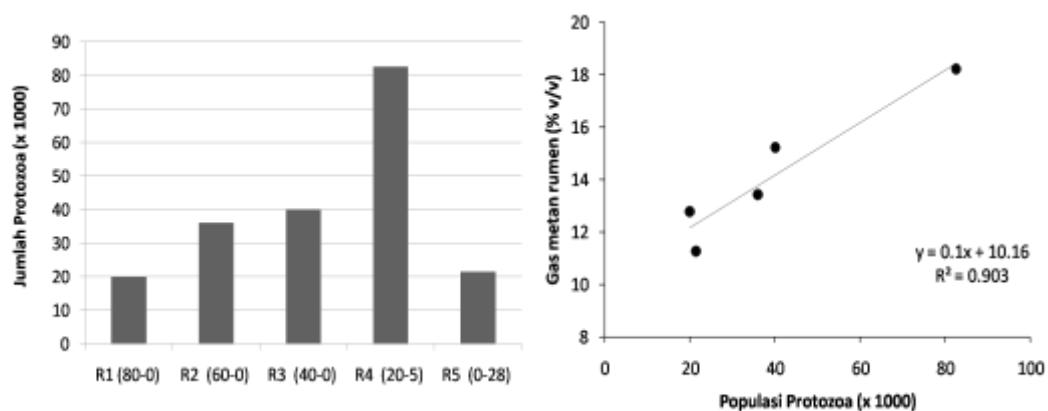
Ransum	KCBK	KCBO	Methan (% v/v)
R1 (80-0)	75,97±2.14 a	72,72±3.24 a	12,76±1.14 c
R2 (60-0)	76,84±1.20 a	75,12±2.83 a	13,42±1.29 bc
R3 (40-0)	73,76±3.41 ab	72,55±3.21 a	15,21±0.72 b
R4 (20-5)	60,18±2.98 b	58,37±3.18 b	18,20±0.91 a
R5 (0-28)	77,53±2.67 a	75,62±4.14 a	11,25±1.76 c
Indigofera 100%	77,87±2.48 a	75,11±2.99 a	10,20±0.98c
LSD 5%	4,97	4,12	1,72

Keterangan:

Huruf notasi berbeda pada setiap kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata 5% (LSD).

Penelitian ini juga mengamati produksi gas metan secara *in vitro*. Produksi gas metan ransum uji berkisar antara 11-18% v/v. Hasil pengujian gas metan pada simulasi rumen menunjukkan adanya penurunan produksi gas metan dengan semakin banyaknya porsi Indigofera pada ransum. Kandungan metan terbesar diperoleh pada simulator rumen yang diberi hanya 20% Indigofera namun mengandung rumput gajah 45%.

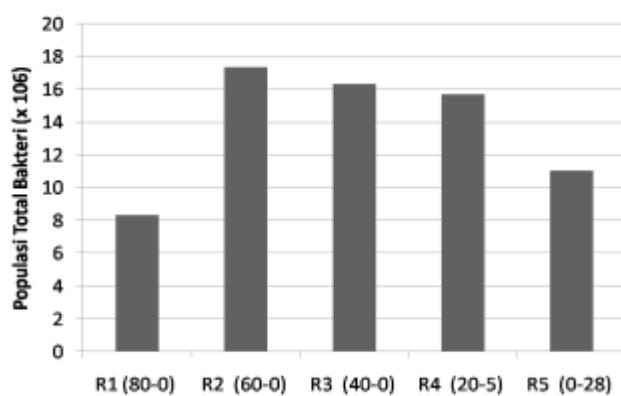
Pengujian ransum juga dilakukan dengan melihat kemungkinan dampaknya terhadap populasi mikroba rumen. Hasil pengujian populasi protozoa menunjukkan bahwa penggunaan rumput gajah yang semakin meningkat dapat meningkatkan ( $P<0.05$ ) populasi protozoa dalam cairan rumen. Namun laju peningkatan populasi protozoa dapat dihambat dengan penambahan Indigofera dalam ransum. Populasi protozoa tertinggi diperoleh pada cairan rumen yang diberi ransum yang mengandung Indigofera 20% dan rumput gajah 45%. Meskipun ransum tersebut mendapatkan penambahan 5% bungkil kedelai namun tidak dapat menghambat pertumbuhan protozoa. Protozoa merupakan mikroba rumen yang dapat mengurangi efektifitas kerja rumen karena merupakan predator bagi bakteri rumen yang sangat diperlukan. Kehadiran protozoa dalam cairan rumen yang diuji juga menyebabkan tingginya produksi gas metan pada cairan rumen seperti ditunjukkan oleh adanya koreasi antara populasi protozoa dengan produksi gas metan (Gambar 2).



Gambar 2. Populasi protozoa dan korelasinya dengan produksi gas metan pada rumen yang diberi ransum IndifeedPB.

Melihat adanya korelasi yang positif antara populasi protozoa dengan gas metan mengindikasikan bahwa kemungkinan protozoa berperan sangat penting dalam peningkatan jumlah gas metan dalam rumen. Tetapi dengan adanya Indigofera dalam ransum dapat menurunkan jumlah populasi protozoa dalam cairan rumen.

Populasi bakteri yang diamati adalah bakteri secara total, sehingga ada kemungkinan bakteri yang menghasilkan asam asetat, propionate atau butirat. Penggunaan Indigofera hingga 80% memiliki dampak yang sama terhadap populasi bakteri dengan ransum yang mengandung bungkil kedelai 28%. Namun ada kecenderungan populasi bakteri pada R2, R3 dan R4 lebih tinggi dibandingkan dengan ransum lainnya (Gambar 3). Jika dilihat dampaknya terhadap kandungan VFA pada cairan rumen, menunjukkan adanya gejala yang menekan kandungan asam propionate dan asam butirat dengan semakin meningkatnya populasi bakteri. Hal ini ditunjukkan oleh nilai korelasi negative antara populasi bakteri dengan kandungan propionate dengan persamaan matematika  $y = -0.298x + 20.77$   $R^2 = 0.480$  dan butirat  $y = -0.146x + 10.19$   $R^2 = 0.249$ , namun tidak terdapat korelasi dengan asam asetat pada cairan rumen.  $y = -0.475x + 60.46$   $R^2 = 0.066$ .



Gambar 3. Populasi bakteri pada cairan rumen yang diberi ransum IndifeedPB.

Prekursor lemak susu adalah asam asetat dan asam butirat, oleh sebab itu ratio asetat/propionat yang tinggi menunjukkan ransum yang cocok untuk kambing perah. Tabel 5 menunjukkan hasil fermentasi *in vitro* ransum yang

mengandung *indigofera* bertingkat. Secara keseluruhan ransum yang mengandung *indigofera* menghasilkan fermentasi yang lebih baik dibandingkan dengan yang tanpa *indigofera* atau bahan tunggal *indigofera* sendiri. Dari kelima ransum yang dibuat, ransum R1, R2 dan R4 menunjukkan hasil asam asetat dan asam butirat yang tinggi dan paling baik untuk ransum kambing perah. Secara angka ransum R1 nyata menghasilkan asam asetat tertinggi dan R5 nyata menghasilkan asam butirat tertinggi ( $P<0.05$ ), sedangkan hijauan Indigofera sebagai bahan tunggal menghasilkan pola fermentasi yang kurang mendukung sintesa susu yang baik. Namun dari ke 3 ransum yang baik untuk kambing perah, ransum R4 memiliki persentase rasio asetat/propionat yang paling baik, yang nantinya akan menunjang kualitas susu dengan kadar lemak yang tinggi.

Tabel 6. Kandungan VFA IndifeedPB yang diuji secara in vitro pada rumen kambing perah

Ransum	VFA (mMol)			
	Asetat	Propionat	Butirat	Valerat
R1 (80-0)	61.27 a	17.94 b	8.70 ab	1.43 b
R2 (60-0)	58.8 b	17.14 b	8.82 ab	1.04 b
R3 (40-0)	44.16 d	14.91 b	6.38 b	0.79 b
R4 (20-5)	56.57 b	14.91 b	7.74 b	1.09 b
R5 (0-28)	48.84 c	18.44 a	9.22 a	1.60 b
Indigofera 100%	51.25 bc	17.19 b	9.45 a	6.05 a

Keterangan:

Huruf notasi berbeda pada setiap kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata 5% (LSD).

Tabel 6 menunjukkan persentase kecernaan bahan kering dan bahan organik dan produksi methan dari keseluruhan ransum yang diuji. Nilai KCBK dan KCBO tertinggi didapat pada ransum R1, R2, R3 dan R5 ( $P<0.05$ ), sedangkan terendah terjadi pada ransum R4. Persen KCBK dan KCBO untuk bahan tunggal *Indigofera* cukup tinggi yaitu di atas 75%. Tingginya KCBO pada ransum yang mengandung Indigofera tinggi disebabkan kontribusi protein, lemak dan karbohidrat terlarut yang tinggi pula. Produksi methan terendah terdapat pada ransum R1, R2 dan R5 dan nyata lebih rendah dibandingkan R3 ( $P<0.05$ ), sedangkan produksi methan tertinggi adalah pada ransum R4. Produksi methan sangat terkait dengan pola fermentasi rumen, makin tinggi kandungan serat maka produksi methan akan meningkat dan hal ini terjadi pada ransum R4.

Tabel 7. Proporsi VFA Indifeed-PB yang diuji secara *in vitro* pada rumen kambing perah

Ransum	VFA Proportion (%)			
	Asetat	Propionat	Butirat	Valerat
R1 (80-0)	68.58±1.14	20.08±1.05	9.74±2.04	1.60±2.04
R2 (60-0)	68.53±5.94	19.98±3.12	10.28±2.04	1.21±2.04
R3 (40-0)	66.67±2.01	22.51±1.19	9.63±2.04	1.19±2.04
R4 (20-5)	70.44±5.56	18.57±3.49	9.64±2.04	1.36±2.04
R5 (0-28)	62.54±3.71	23.61±2.07	11.81±2.04	2.05±2.04
Indigofera 100%	61.06±2.74	20.48±1.68	11.26±2.04	7.21±2.04

Keterangan:

Huruf notasi berbeda pada setiap kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata 5% (LSD).

Baba *et al.* (2002) melaporkan bahwa hasil evaluasi terhadap 10 jenis legum tropika secara *in vitro* menghasilkan perbedaan persen KCBK , KCBO dan pola produksi gas yang terkait dengan kandungan antinutrisi. Makin rendah kandungan antinutrisi maka kecernaan meningkat dan produksi gas rendah. Astuti *et al.* (2011) melaporkan adanya perbedaan nilai KCBK secara *in vitro* dari jenis legume tropika (sebagai bahan tunggal) yang biasa diberikan pada ternak ruminansia kecil yaitu *Glirisidea* (71.53%), *Leucaena* (55.55%), *Caliandra* (48.21%), dan *Moringa* (89.01%), nilai tersebut menurun apabila legume tersebut dicampurkan kedalam ransum sebanyak 30%.

Total VFA yang optimal untuk mendukung proses fermentasi di rumen antar 80-110 mM. Astuti *et al.* (2011) melaporkan profil VFA hasil fermentasi secara *in vitro* dari legume tropika yang menunjukkan nilai tertinggi dihasilkan oleh legume Moringa dengan perbandingan asam asetat 101 mM, propionat 27 mM dan butirat 5.87mM, sedangkan yang terendah dihasilkan oleh Caliandra yaitu asetat 76mM, propionat 15 mM dan butirat 4.8 mM. Seperti halnya pada nilai KCBK, nilai total VFA juga menurun apabila legume tersebut dicampur dalam bentuk ransum.

Tingginya kandungan asetat pada cairan rumen yang diberi ransum ini antara lain disebabkan oleh kandungan serat kasar ransum. Indikasi yang dapat dilihat antara lain adanya korelasi antara kandungan serat kasar dengan kandungan asetat yang diamati pada cairan rumen yang ditunjukan oleh persamaan matematika berikut  $y = 0.289x - 0.077$   $R^2 = 0.307$ .

## KESIMPULAN

Ransum uji (secara *in vitro*) yang memiliki kualitas sesuai dengan kebutuhan dan status fisiologi kambing perah yaitu R3 dan R4, yang masing-masing mengandung Indigofera 40% dan 20%. Ransum dengan 40% Indigofera direkomendasikan untuk ternak kambing laktasi atau bunting, sedangkan ransum dengan kandungan Indigofera digunakan untuk ternak kambing dara, masa kering tidak bunting dan cempe (anak kambing). Secara nutritisi ransum yang direkomendasikan memiliki nilai nutrisi yang optimal untuk ternak kambing.

Penelitian perlu dilanjutkan pada tahap berikut untuk lebih memastikan bahwa produk definitif yang dihasilkan sesuai dengan kondisi farm di masyarakat. Terkait hal ini tahun kedua perlu dilakukan untuk memproduksi ransum masal tetapi terbatas dan penjajagan komersialisasi akan dilakukan melalui program riset tahun kedua. Umpaman balik dari konsumen yaitu peternak akan dijadikan sebagai bahan rekomendasi perbaikan pada tahun berjalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah L, Suharlina. 2010. Herbage yield and quality of two vegetative parts of *Indigofera* at different time of first regrowth defoliation. Med.Pet. 33(1): 44-49.
- Abdullah L. 2010. Pengembangan Pelet *Indigofera zollingeriana* sebagai Sumber Pakan Hijauan Berkualitas. Laporan Hibah Insentif Kementerian Riset dan Teknologi. Republik Indonesia.
- Abdullah L. 2011. Herbage production and quality of shrub *Indigofera* treated by different concentration of foliar fertilizer. *J Anim Sci And Tech.* Vol 33(3): 131-137.
- Abdullah, L., Suharlina, A. Tarigan, and D. Budhie. 2012. Use of *Indigofera zollingeriana* as forage protein source in dairy goat ration. Proceeding of the 1<sup>st</sup> Asia Dairy Goat Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 9-12 April 2012. ISBN 978-983-44426-2-0, Hal 72-74.
- Apdini TAP. 2011. Pemanfaatan Pellet *Indigofera zollingeriana* pada Kambing Perah Peranakan Etawah dan Saanen (Studi Kasus Peternakan Bangun Karso Farm). Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.

- Astuti,D.A, A.S. Baba dan I.W.T. Wibawan. 2011. Rumen Fermentation, Blood Metabolites And Performance of Sheep Fed Tropical Browse Plants. *J. Med Pet.* 13:30-37.
- Baba, A.S, Castro, F.B and Ørskov, E.R. 2002. Partitioning of energy and degradability of browse plants in vitro and the implications of blocking the effects of tannin by the addition of polyethylene glycol. *Anim. Feed Sci. & Tech.* 95: 93-104.
- Budie DS. 2010. Aplikasi Pupuk Organik Cair sebagai Pemacu Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakan Legum *Indigofera zollingeriana* Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Fujisaka S, Rika IK, Ibrahim TM, Le Van An. 2000. Forage tree adoption and use in Asia. In "WW Stur, PM Horne, JB Hacker and PC Kerridge Eds. Working With Farmers: The key to adoption of forage technologies". ACIAR Proceedings No. 95: 243-253.
- Ibrahim MT. 2003. Strategi penelitian hijauan mendukung pengembangan ternak kambing di Indonesia. *Wartazoa*, 13: 1.
- Izzah U. 2011 Kualitas Fisik Pelet Daun Legum *Indigofera zollingeriana* dengan Menggunakan Ukuran *Pellet Die* yang Berbeda dan Lama Penyimpanan. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Jovintry I. 2011. Fermentabilitas dan Kecernaan *In Vitro* Daun Tanaman *Indigofera zollingeriana* Yang Mendapat Perlakuan Pupuk Cair untuk Daun. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Kajikawa H, Hai J, Terada F, Suga T. 2002. Operation and characteristic of newly improved and marketable artificial rumen (Rusitec). Department of animal physiologi and nutrition. Sanshin Industrial Co. Ltd.
- National Research Council. 1981. Nutrient Requirements of Goat: Angora, Dairy, and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. National Academi Press. Washington DC.
- Reitz LL, Smith WH, Plumlee MP. 1960. *A Simple Wet Ashing for Biological Materials*. Animal Science Department. Purdue University West Lafyee.
- Suharlina. 2010. Peningkatan Produktifitas *Indigofera* sp. Sebagai Pakan Berkualitas Tinggi Melalui Aplikasi Pupuk Organik Cair. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Tarigan, A. 2009. Productivity and utilization of *Indigofera* sp. as goat's feed obtained from different interval and intensity of cutting. Thesis. Bogor Agricultural University, Indonesia.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods of dietary fibre, neutral detergent fibre, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J dairy science*. 74:3583-3597.

## **STRATEGI PRODUKSI PANGAN ORGANIK YANG BERNILAI**

### **TAMBAH TINGGI BERBASIS PETANI**

(Strategy of High Value Food Organics Production Based on Farmers)

**Musa Hubeis, Hardiana Widyastuti, Nur Hadi Wijaya**

Dep. Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB.

### **ABSTRAK**

Permasalahan yang dihadapi dalam upaya mewujudkan ketahanan pangan yang utama pada komoditas pangan organik adalah kuantitas dan mutu pangan organik, khususnya sayuran. Untuk itu, penelitian ini bertujuan mendeskripsikan karakteristik produk sayuran organik, mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang terkait dengan produksi produk sayuran organik bernilai tambah tinggi berbasis petani, menyusun strategi produksi produk sayuran organik bernilai tambah tinggi (tersertifikasi) berbasis petani. Metode penelitian yang digunakan adalah pengambilan contoh secara sengaja dan alat analisis matriks *Internal Factor Evaluation* (IFE), *External Factor Evaluation* (EFE) dan *Internal External* (IE) sebagai dasar analisis *Strengths, Weaknesses, Opportunities* dan *Threats* (SWOT) yang ditindaklanjuti dalam bentuk matriks *Quantitative Strategic Planning* (QSPM) untuk mendapatkan alternatif strategi utama dalam pengembangan produksi pangan organik yang bernilai tambah tinggi di ketiga wilayah Provinsi Jawa Barat, yaitu Megamendung-Bogor, Pengalengan-Bandung dan Garut. Sayuran organik tersertifikasi hanya ditemui di wilayah Garut dan dari analisis strategi dengan pendekatan SWOT yang dituntaskan dengan matriks QSP ditemui 3 tema strategi pengembangan sayuran organik di wilayah tersebut, yaitu tema utama pasar, produksi sayuran organik dan teknologi informasi.

Kata kunci: Ketahanan pangan, pangan/sayuran organik, sertifikasi, strategi.

### **ABSTRACT**

Food security is a system consisting of subsystems availability, distribution, and consumption. Functioning food supply subsystem ensuring the supply of food to meet the needs of the entire population, both in terms of quantity, quality, diversity and safety. Problems encountered in efforts to achieve food security are major organic food commodity is the quantity and quality of organic food itself. Organic food in this case is a vegetable. purpose of this research is describe the characteristics of organic vegetable, identify internal and external factors, strategy of organic vegetable production. The method used in this study is SWOT, QSP for West Java region with sample Megamendung-Bogor, Pengalengan-Bandung and Garut. The results of this study are only organic vegetables from areas that have been certified Garut, and alternative strategies for the three regions are markets and organic vegetable production and information technologies that can help the development of organic vegetables.

Keywords: Food security, organic food/vegetables, certification, strategy.

### **PENDAHULUAN**

Sektor pangan merupakan sektor yang sangat diperlukan bagi keberlangsungan kehidupan masyarakat Indonesia. Ketahanan pangan merupakan

suatu sistem yang terdiri dari subsistem ketersediaan, distribusi dan konsumsi. Salah satu kegiatan penyediaan pangan adalah adanya bahan pangan organik. Permintaan produk organik secara internasional terus meningkat, seperti yang ditunjukkan dari data badan sertifikasi produk organik *Biocert* pada tahun 2010, yaitu makanan, maupun minuman mencapai 38,6 miliar US dollar pada tahun 2006, atau meningkat dua (2) kali lipat dibandingkan dengan tahun 2000 sebesar 18 miliar US dollar, dimana Eropa dan Amerika Serikat menjadi pasar utama produk organik, serta pasar Asia diperkirakan mencapai 780 juta US dollar di tahun 2006. Pasar produk organik Asia berada di Jepang, Korea Selatan, Singapura, Taiwan dan Hongkong. Pada akhir tahun 2010, pasar organik dunia mencapai 70,2 miliar US dollar (<http://www.biocert.or.id/2010>). Di Indonesia, khususnya di daerah Bogor Jawa Barat, menurut penelitian yang dilakukan oleh Alamsyah (2010), permintaan produk organik, terutama sayuran terus meningkat, yang ditunjukkan dari data penjualan sayuran organik di Giant Taman Yasmin, dimana dari bulan November 2009 sampai dengan Januari 2010 terjadi peningkatan penjualan dari Rp8.475.898 menjadi Rp2.673.161.

Sentra utama penghasil sayuran di Indonesia pada tahun 2010, setelah Jawa Timur adalah Provinsi Jawa Barat yang merupakan sentra kedua penghasil sayuran di Indonesia dengan produksi 22.196.977 ton. Pada tahun 2010, nilai ekspor sayuran segar Jawa Barat 917.588 dolar AS dan tahun 2011, nilai ekspor sayuran segar Jawa Barat mencapai 1.519.102 dolar AS, atau meningkat 60,4% dibandingkan tahun 2010.

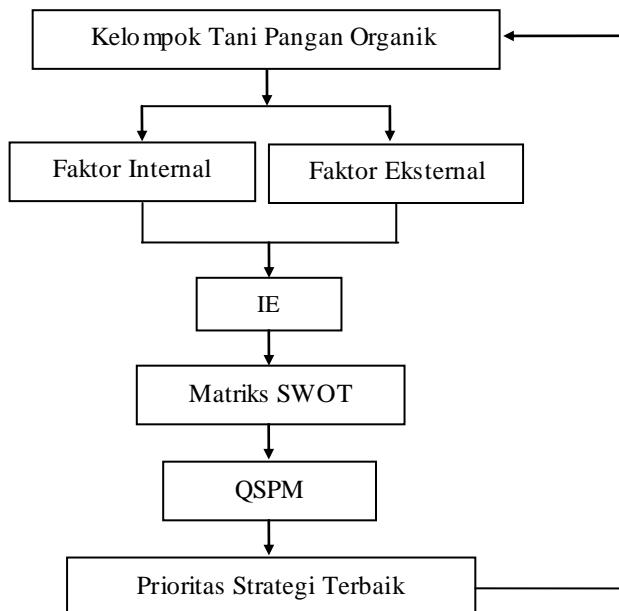
Tujuan penelitian ini adalah pertama, mendeskripsikan karakteristik produk sayuran organik sesuai keinginan pasar. Kedua mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang terkait dengan produksi produk sayuran organik bernilai tambah berbasis petani. Ketiga, menyusun strategi produksi produk sayuran organik yang bernilai tambah tinggi berbasis petani.

## METODE PENELITIAN

### Kerangka Pemikiran Penelitian

Riset Strategik Nasional berjudul “Strategi Produksi Pangan Organik yang Bernilai Tambah Tinggi Berbasis Petani” dibiayai oleh DP2M, Direktorat

Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan pada tahun anggaran 2012. Kerangka penelitian tersebut dimuat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian.

### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di sentra penghasil sayuran unggulan di Jawa Barat, yaitu Kecamatan Megamendung, Bogor; Kecamatan Pangalengan, Bandung; Kecamatan Limbangan dan Selaawi, Garut. Pemilihan lokasi dilakukan dengan sengaja (*purposive*) dan data dikumpulkan dari bulan Maret sampai dengan Oktober 2012.

### **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data penelitian melibatkan beberapa narasumber, seperti dimuat pada Tabel 1. Khusus untuk penentuan strategi prioritas melibatkan Kasi Teknologi Subdit Budidaya Tanaman Sayuran, Direktorat Jenderal Hortikultura, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

### **Pengolahan dan Analisis Data**

Data yang diperoleh dari narasumber pada Tabel 1 digunakan untuk menganalisis Matriks IFE, EFE, IE dan Analisis SWOT, serta Matriks QSP.

Tabel 1. Narasumber untuk wawancara

No	Lokasi Penelitian	Responden
1	Megamendung	1. Manager Operasional CV Sirna Galih Abadi Jaya 2. Ketua Kelompok Tani “Tunas Tani” 1. 3. Ketua Kelompok Tani “Godong Organik”
2	Pangalengan	1. Dinas Pertanian Taman Pangan Provinsi Jawa Barat 2. Ketua Kelompok Tani “Katata” 3. Ketua Kelompok Tani “Sari Tani” 4. Asisten Manager “Adi Farm” 5. Farm Manager “Hikmah Farm” 1. Ibu Kepala Desa Pangalengan
3	Garut	1. Ketua Kelompok Tani “Cibolerang Agro” 2. Kepala UPDT Kec. Limbangan 3. Kabid Pelaku Usaha BP4K 4. Dinas Pangan dan Hortikultura Garut 5. Dosen AGH-IPB 6. Lembaga Sertifikasi Organik/Asosiasi Pertanian Organik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kecamatan Megamendung

Megamendung adalah Kecamatan yang terletak di wilayah Bogor Selatan, dengan pertumbuhan penduduk per tahun sangat tinggi, karena selain daerah tujuan pariwisata, juga lokasinya sangat strategik, sehingga daya tarik tersendiri bagi pendatang dan di sisi lain penduduk yang bermata pencaharian di bidang pertanian jumlahnya semakin sedikit. Saat ini, Poktan yang ada di Kecamatan Megamendung berjumlah 32 Poktan di bidang pertanian, di mana satu Poktan terdiri dari 15-20 petani, dimana 8-12 Poktan dapat disebut Gabungan Poktan (Gapoktan).

Kecamatan Megamendung salah satu sentra pertanian sayuran unggulan di Jawa Barat memiliki luas lahan 2.140 Ha, dengan produksi 5.106,7 ton, dimana sayuran yang diproduksi adalah aman untuk dikonsumsi dan memenuhi standar kesehatan (Prima III: peringkat penilaian yang diberikan terhadap pe-laksanaan usaha tani, dimana produk yang dihasilkan aman dikonsumsi). Pertanian Prima III yang diterapkan oleh para petani merupakan langkah awal dan secara *gadual* menuju pertanian organik, dengan penggunaan pestisida/insektisida sebagai suatu kebutuhan untuk mempertahankan kuantitas produksi dengan penggunaan dosis dalam batas normal. Namun demikian, ada beberapa Poktan, maupun perusahaan perorangan yang telah membudidayakan sayuran organik dengan mutu Prima I

(peringkat penilaian yang diberikan terhadap pelaksanaan usaha tani, dimana produk yang dihasilkan aman dikonsumsi, bermutu baik dan cara produksinya ramah terhadap lingkungan).

Tabel 2. Analisis matriks SWOT Poktan di Megamendung

Faktor-Faktor	Kekuatan (S)	Kelemahan (W)
<b>Faktor Internal</b>	1. Penjadwalan musim tanam dan panen 2. Dinamika kelompok tani 3. Produk diminati konsumen (ramah lingkungan) 4. Ketersediaan bahan baku pupuk 5. Lokasi geografis menunjang 6. Sudah menerapkan <i>Just in Time</i> (JIT) dan penjadwalan pengiriman	1. Kemampuan manajerial petani rendah 2. Sulitnya akses sertifikasi organik 3. Harga tergantung pengumpul, atau mitra 4. Biaya perawatan tanaman tinggi 5. Keterbatasan modal dan sulit mengakses kredit 6. Mutu produk petani rendah (retur 50%) 7. Arus keuangan/pembayaran tertunda 8. Fasilitas penelitian/demplot petani kurang memadai 9. Pasokan dan teknologi produksi benih bermutu masih rendah 10. Kapasitas dan kontinuitas produk belum stabil
<b>Faktor Eksternal</b>		
<b>Peluang (O)</b>	<b>Strategi S–O</b>	<b>Strategi W–O</b>
1. Dukungan dan pembinaan PPL 2. Kuota permintaan belum semua terpenuhi 3. Peningkatan jumlah penduduk dan kesejahteraan 4. Rintisan pasar sayuran higienis 5. Tingkat harga bersaing 6. Pembinaan teknologi produksi pestisida nabati 7. Kebijakan pemerintah mengenai program “Go organik 2010” 8. Loyalitas konsumen organik tinggi	1. Inovasi kelembagaan dan restrukturisasi jaringan rantai pasok (S2, O1, O2, O7) 2. Peningkatan efektivitas rantai pasok untuk pasar terstruktur melalui Sub Terminal Agribisnis (STA) (S1, O4, O8)	1. Melakukan perencanaan bersama anggota kelompok dan pasar/mitra pengumpul (W1, W8, O1, O6) 2. Memperbaiki dan meningkatkan efektifitas budidaya dengan mengurangi limbah (W4, W6, O1) 3. Membangun kemampuan dan keahlian petani/pemasok melalui pelatihan dan penggunaan metode perbaikan berkesinambungan yang tepat (W9, W10, O1, O6)
<b>Ancaman (T)</b>	<b>Strategi S–T</b>	<b>Strategi W–T</b>
1. Perubahan iklim/cuaca 2. Alih fungsi lahan 3. Serangan hama penyakit tanaman 4. Monopoli oleh pengusaha besar	1. Penguatan fungsi mata rantai kelembagaan Poktan melalui pembentukan Koperasi sayur organik (S2, S3, S6, T4) 2. Perencanaan pola tanam yang lebih baik untuk menghadapi iklim dan cuaca tidak menentu. (S1, S5, T1)	1. Menyusun SOP produksi benih dan budidaya sayuran organik, serta menerapkan SL-PHT untuk meningkatkan mutu (W6, W9, T3) 2. Memperluas akses pasar produk sayur organik. (W3, W7, T4)

### **Analisis Matriks IFE**

Dari analisis faktor internal teridentifikasi kekuatan dan kelemahan Poktan, dalam menghasilkan sayuran organik, yaitu penjadwalan musim tanam dan panen (Tabel 2). Dari hasil perhitungan yang meliputi bobot (0-100%), rating (1-4) dan nilai tertimbang (bobot x rating) terlihat dominan (skor 3,6-3,9, atau mendekati baik) kekuatan Poktan dalam mengelola tanaman pangan organik, dibandingkan dengan kelemahannya (skor 1,2-1,5) yang terkait dengan fasilitas dan manajerial.

### **Analisis Matriks EFE**

Dari analisis faktor eksternal teridentifikasi peluang dan ancaman Poktan (Tabel 2). Dengan cara perhitungan seperti pada analisis matriks IFE terlihat dominan (skor 3,1-3,5, atau cukup dan mendekati baik) peluang Poktan dalam mengelola dan menghasilkan tanaman pangan organik, dibandingkan dengan ancamannya (skor 1,2-2), karena adanya kuota permintaan dari pangan organik yang belum dipenuhi oleh Poktan di Megamendung.

### **Analisis Matriks IE**

Posisi Poktan di Megamendung dalam Kuadran V (*hold and maintain*: 2,0-2,99), atau koordinat (sedang, sedang) memiliki kemampuan internal dan eksternal, sehingga dilakukan strategi penetrasi pasar dan pengembangan produk, karena selama ini pemasarannya masih terbatas pada pesanan yang diminta pihak pengumpul sayuran organik dan Poktan dapat melakukan sertifikasi sayuran organik untuk memberikan nilai tambah terhadap produk tersebut.

### **Analisis Matriks SWOT**

Analisis SWOT merupakan kristalisasi analisis matriks IFE, EFE dan IE menunjukkan identifikasi sistematis atas kondisi internal dan lingkungan eksternal yang dihadapi Poktan, seperti dimuat pada Tabel 3 secara kualitatif deskriptif.

### **Analisis QSPM**

Hasil analisis QSPM sebagai kelanjutan dari analisis SWOT kualitatif, maupun terkuantifikasi menunjukkan peningkatan efektivitas rantai pasok untuk pasar terstruktur melalui Sub Terminal Agribisnis, atau STA (5,448). Alternatif strategi yang dihasilkan adalah:

1. Peningkatan efektivitas rantai pasok untuk pasar terstruktur melalui Sub Terminal Agribisnis (5,448)
2. Perencanaan pola tanam lebih baik untuk menghadapi iklim dan cuaca tidak menentu (5,429)
3. Memperbaiki dan meningkatkan efektifitas budidaya dengan mengurangi limbah (5,369)
4. Memperluas akses pasar produk sayur organik (5,368)
5. Menyusun *Standard Operating Procedure* (SOP) produksi benih dan budidaya sayuran organik, serta menerapkan Sekolah Lapang Pengendalian Hama Terpadu (SL-PHT) untuk meningkatkan mutu (5,318)
6. Melakukan perencanaan bersama anggota kelompok dan pasar/mitra pengumpul (5,315)
7. Penguatan fungsi mata rantai kelembagaan Poktan melalui pembentukan Koperasi sayur organik (5,271)
8. Membangun kemampuan dan keahlian petani/pemasok melalui pelatihan dan penggunaan metode perbaikan berkesinambungan yang tepat (5,246)
9. Inovasi kelembagaan dan restrukturisasi jaringan rantai pasok (5,226)

Untuk memudahkan pengambilan keputusan terhadap alternatif strategi yang dipilih, maka hal tersebut disederhanakan atas tema Teknologi dan Informasi (alternatif 9), Produksi (alternatif 2, 3, 5, 6 dan 8) dan Pasar (alternatif 1, 4 dan 7). Dengan tiga tema tersebut, masalah yang paling mendasar pada Poktan adalah penguasaan pasar (5,448).

### **Kecamatan Pengalengan**

Pengalengan adalah kecamatan yang terletak di sebelah selatan Kabupaten Bandung, dengan jarak dari Kota Bandung 40 km. Saat ini Poktan di Kecamatan Pengalengan berjumlah 155 poktan, dimana 8-12 Poktan dapat disebut Gabungan Poktan (Gapoktan). Kecamatan ini salah satu sentra pertanian sayuran unggulan di Jawa Barat memiliki lahan 10.888 Ha, dengan produksi 441.256 ton sebagai sayuran aman dikonsumsi dan memenuhi standar kesehatan (Prima III), yaitu Kentang, Kubis, Sawi, Tomat dan Buncis.

Tabel 3. Analisis matriks SWOT Poktan di Pengalengan

	Kekuatan (S)	Kelemahan (W)
Faktor Internal	1.Sayuran yang diproduksi beraneka ragam 2.Kondisi geografis mendukung 3.Hubungan baik yang terjalin antara ketua dengan anggota Poktan 4.Perencanaan tanam sudah baik 5.Pertanian ramah lingkungan (Prima III) 6.Sayuran yang dihasilkan aman dikonsumsi	1. Biaya produksi produk organik terlalu tinggi 2. Kebutuhan pupuk dan pestisida alami sangat tinggi 3. Harga sayuran organik hampir sama dengan harga sayuran semi organik 4. Kemampuan SDM masih rendah 5. Lemahnya akses Poktan terhadap pasar sayuran organik 6. Sertifikasi produk belum ada 7. Keterbatasan modal 8. Kurangnya promosi sayuran organik 9. Teknologi produksi masih sederhana 10. Belum memiliki kemasan dan label organik.
Faktor Eksternal		
<b>Peluang (O)</b>	<b>Strategi S–O</b>	<b>Strategi W–O</b>
1. Pertambahan jumlah penduduk yang terus meningkat 2. Perubahan pola konsumsi dan gaya hidup masyarakat yang cenderung <i>back to nature</i> 3. Loyalitas konsumen organik tinggi 4. Asosiasi pertanian organik 5. Sistem kontrak (kuota permintaan) 6. Harga jual lebih tinggi 7. Kemajuan TI dan pengolahan	1. Meningkatkan mutu, kuantitas dan kontinuitas produksi. (S1, O2, S6, ) 2. Menggunakan TI dan pengolahan untuk meningkatkan produktivitas, serta menghadapi perubahan lingkungan (O7, S4)	1. Meningkatkan kemampuan SDM (petani) dan pemanfaatan teknologi informasi (TI) dan pengolahan (O4, O7, W4, W5) 2. Melakukan kerjasama dalam bantuan modal, mendapatkan sertifikasi, kontrak pemasaran dan mempertahankan loyalitas konsumen (O4, W7, W6, W3)
<b>Ancaman (T)</b>	<b>Strategi S–T</b>	<b>Strategi W–T</b>
1. Serangan hama dan penyakit perusak tanaman 2. Iklim dan cuaca tidak menentu memengaruhi hasil produksi 3. Konsinyasi harga dari para agen/tengkulak 4. Tarif ekspor sayuran tinggi.	1.Perencanaan pola tanam lebih baik untuk menghadapi iklim dan cuaca tidak menentu (T1,T2,S1,S2,S4) 2.Membangun dan memperkuat daerah pemasaran yang sudah ada (T3,T4,S6)	1.Melakukan riset pasar untuk memantau perkembangan pemasaran produk, harga dan tingkat persaingan (T3,T4,W3, W8,W10) 2.Memperluas akses pasar produk organik (T3,T4,W3,W8,W10)

### Analisis Matriks IFE

Dari analisis faktor internal teridentifikasi kekuatan dan kelemahan Poktan, dalam menghasilkan sayuran organik, yaitu sayuran yang dihasilkan aman dikonsumsi (Tabel 3). Dengan cara perhitungan seperti pada analisis matriks IFE di Kecamatan Megamendung terlihat dominan (skor 3,6-3,9, atau mendekati baik) kekuatan Poktan dalam mengelola tanaman pangan organik, dibandingkan dengan kelemahannya (skor 1,2-1,4) yang terkait dengan biaya dan harga.

## Analisis Matriks EFE

Dari analisis faktor eksternal teridentifikasi peluang dan ancaman Poktan, (Tabel 3). Dengan cara perhitungan seperti pada analisis matriks IFE terlihat terlihat dominan (skor 3,3-3,5, atau cukup dan mendekati baik) peluang Poktan dalam mengelola dan menghasilkan tanaman pangan organik, dibandingkan dengan ancamannya (skor 1,2-2,0), karena adanya iklim dan cuaca yang tidak menentu memengaruhi hasil produksi.

## Matriks IE

Posisi Poktan di Pengalengan berada pada Kuadran V (*hold and maintain: 2,0-2,99*), atau koordinat (sedang, sedang) sehingga dilakukan strategi penetrasi pasar dan pengembangan produk, karena pemasaran masih terbatas pada pesanan yang diminta pihak pengumpul sayuran organik dan Poktan dapat melakukan sertifikasi sayuran organik untuk mendapatkan nilai tambahnya (Tabel 3).

## Analisis Matriks SWOT

Analisis SWOT merupakan kristalisasi dari analisis matriks IFE, EFE dan IE menunjukkan identifikasi sistematis atas kondisi internal dan lingkungan eksternal yang dihadapi Poktan, seperti dimuat pada Tabel 3 secara kualitatif deskriptif.

## Analisis QSPM

Hasil analisis QSPM sebagai kelanjutan dari analisis SWOT kualitatif, maupun terkuantifikasi menunjukkan peningkatan efektivitas rantai pasok untuk pasar terstruktur melalui perluasan akses pasar produk sayuran organik (5,157). Alternatif strategi yang dihasilkan adalah:

1. Memperluas akses pasar produk sayuran organik (5,157).
2. Melakukan kerjasama dalam bantuan modal, mendapatkan sertifikasi, kontrak pemasaran dan mempertahankan loyalitas konsumen (5,128)
3. Perencanaan pola tanam yang lebih baik untuk menghadapi iklim dan cuaca tidak menentu (4,884)
4. Meningkatkan mutu, kuantitas dan kontinuitas produksi (4,846)
5. Meningkatkan kemampuan SDM (petani) dan pemanfaatan TI dan pengolahan (4,787)

Untuk memudahkan pengambilan keputusan terhadap alternatif strategi yang dipilih, maka hal tersebut disederhanakan atas tema Teknologi dan Informasi (alternatif 5), Produksi (alternatif 3 dan 4) dan Pasar (alternatif 1 dan 2). Dengan tiga (3) tema tersebut terlihat masalah yang paling mendasar pada Poktan adalah penguasaan pasar (skor 5,157).

### **Kabupaten Garut**

Kabupaten Garut terletak di Provinsi Jawa Barat bagian Tenggara, memiliki luas wilayah administratif 306.519 Ha (3.065,19 km<sup>2</sup>). Poktan Cibo Agro memiliki anggota sembilan (9) orang, namun yang aktif berproduksi hingga sekarang empat (4) orang petani yang tersebar di Kecamatan Selawi dan Limongan. Poktan Cibolerang Agro telah mendapatkan sertifikasi dari lembaga INOFICE (*Indonesian Organic Farming Certification*) pada tahun 2011 untuk menjamin mutu sayuran organik secara nasional.

Komoditas unggulan yang diusahakan oleh Poktan CiboAgro adalah sayuran dengan waktu tanam singkat (25-30 hari), yaitu Kangkung, Pakcoy, Sosin dan Bayam. Dalam satu (1) tahun petani bisa melakukan 6-10 kali produksi sayuran organik, dengan rataan produksi 100-200 kg untuk masing-masing komoditas.

### **Analisis Matriks IFE**

Dari analisis faktor internal dapat diidentifikasi beberapa hal yang menjadi kekuatan dan kelemahan Poktan, dalam menghasilkan sayuran organik adalah keanekaragaman produk (Tabel 4). Dengan cara perhitungan seperti pada analisis matriks IFE di Kecamatan Megamendung terlihat dominannya (skor 3,5-4,0, atau mendekati baik-baik) kekuatan Poktan dalam mengelola tanaman pangan organik, dibandingkan dengan kelemahannya (skor 1,3-1,5) yang terkait dengan keterbatasan SDM dan teknologi pangan.

Tabel 4. Analisis matriks SWOT Poktan di Cibo Agro, Garut

	Kekuatan ( <i>Strengths-S</i> )	Kelemahan ( <i>Weakness-W</i> )
Faktor Internal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Keberagaman produk sayuran organik</li> <li>2. Memiliki kemasan dan la-lbel senidri</li> <li>3. Lahan bersertifikasi dan sudah memiliki ICS</li> <li>4. Harga terjangkau</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kurangnya kegiatan promosi</li> <li>2. Komitmen anggota kelompok tani masih rendah</li> <li>3. Pengetahuan SDM masih rendah</li> <li>4. Belum adanya sistem kontrak dengan pemasok</li> <li>5. Keterbatasan modal</li> <li>6. Teknologi produksi masih sederhana</li> <li>7. Belum adanya arsip pembukuan keuangan yang baik</li> </ol>
Faktor Eksternal		
Peluang (O)	Strategi S-O	Strategi W-O
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perubahan pola konsumsi dan gaya hidup masyarakat</li> <li>2. Program pelatihan dan pembinaan dari Dinas Pertanian</li> <li>3. Terbentuknya asosiasi pertanian organik</li> <li>4. Pasar sayuran organik dalam negeri masih terbuka lebar</li> <li>5. Loyalitas pelanggan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meningkatkan mutu produk dan penggunaan label ke-masan serta membuat program loyalitas pelanggan seperti layanan antar, <i>membership</i> dan diskon khusus (S1, S2, O5)</li> <li>2. Membuat dan memperluas jaringan distribusi untuk memasuki pasar baru guna mendapatkan konsumen dengan memanfaatkan harga yang kompetitif (S4, O1, O4)</li> <li>3. Meningkatkan kompetensi ICS dengan memanfaatkan secara optimal pelatihan-pelatihan dan asosiasi pertanian organik yang ada (S3, O2, O3)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meningkatkan dan melakukan promosi secara kontinu (berkelanjutan) untuk mendapatkan pasar dan loyalitas pelanggan, serta menarik minat masyarakat terhadap produk organik (W1, O1, O4, O5)</li> <li>2. Memanfaatkan Program Pelatihan dan Pembinaan yang diselenggarakan Dinas Pertanian untuk melakukan pelatihan manajemen keuangan dan strategi negosiasi bisnis, serta pengadministrasiannya dan melakukan kerjasama secara intensif dalam peningkatan pengetahuan SDM (petani), pinjaman modal dan pemanfaatan teknologi produksi (W3, W4, W5, W6, W7, O2, O3)</li> </ol>
Ancaman (T)	Strategi S-T	Strategi W-T
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Serangan hama dan penyakit tanaman</li> <li>2. Tingkat persaingan dengan usaha sejenis</li> <li>3. Iklim dan cuaca tidak menentu</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melakukan dan merencanakan pola tanam yang baik sesuai SOP yang ada untuk menghadapi serangan hama dan iklim dan cuaca tidak menentu (S3, T1, T3)</li> <li>2. Melakukan inovasi terhadap pengembangan produk yang bernilai tambah tinggi untuk menghadapi persaingan (S1, S2, T3)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meningkatkan pengetahuan SDM dalam penggunaan teknologi guna menghadapi serangan hama dan iklim dan cuaca tidak menentu (W3, W6, T1, T3)</li> <li>2. Membangun sistem distribusi produk secara bersama, membangun jaringan kerjasama untuk menciptakan tata kelola usaha, pemodal dan teknologi yang handal (W2, W4, W5, W7, T2)</li> </ol>

### Analisis Matriks EFE

Dari analisis faktor eksternal dapat diidentifikasi beberapa hal yang menjadi peluang dan ancaman Poktan (Tabel 4). Dengan cara perhitungan seperti pada analisis matriks IFE terlihat dominan (skor 3,75 atau mendekati baik) peluang Poktan adanya pasar yang terbuka, dibandingkan dengan ancamannya (skor 1,3-2,0), karena adanya iklim dan serangan hama.

## Analisis Matriks IE

Posisi Poktan di Garut berada pada Kuadran V (*hold and maintain: 2,0-2,99*), atau koordinat (sedang, sedang) sehingga dilakukan strategi penetrasi pasar dan pengembangan produk, karena pemasaran masih terbatas pada pesanan yang diminta pihak pengumpul sayuran organik dan Poktan dapat melakukan sertifikasi sayuran organik untuk memberikan nilai tambah terhadap produk tersebut.

## Analisis Matriks SWOT

Analisis SWOT merupakan kristalisasi dari analisis matriks IFE, EFE dan IE menunjukkan identifikasi sistematis atas kondisi internal dan lingkungan eksternal yang dihadapi Poktan, seperti dimuat pada Tabel 4 secara kualitatif deskriptif.

## Analisis QSPM

Hasil analisis QSPM sebagai kelanjutan dari analisis SWOT kualitatif, maupun terkuantifikasi menunjukkan peningkatan efektivitas rantai pasok untuk pasar terstruktur melalui perluasan akses pasar produk sayuran organik (5,884). Alternatif strategi yang dihasilkan adalah:

1. Melakukan inovasi terhadap pengembangan produk bernilai tambah tinggi untuk menghadapi persaingan (5,884).
2. Membangun sistem distribusi produk secara bersama, serta membangun jaringan kerjasama untuk menciptakan tata kelola usaha, pemodal dan teknologi handal (5,737).
3. Meningkatkan mutu produk dan penggunaan label kemasan, serta membuat program loyalitas pelanggan seperti layanan antar, *membership* dan diskon khusus (5,499).
4. Melakukan dan merencanakan pola tanam sesuai SOP untuk menghadapi serangan hama dan iklim dan cuaca tidak menentu (5,419).
5. Meningkatkan dan melakukan promosi secara kontinu (berlanjut) untuk mendapatkan pasar dan loyalitas pelanggan, serta menarik minat masyarakat terhadap produk organik (5,349).
6. Membuat dan memperluas jaringan distribusi untuk memasuki pasar baru untuk mendapatkan konsumen dengan harga kompetitif (5,285)

7. Meningkatkan pengetahuan SDM dalam penggunaan teknologi untuk menghadapi serangan hama dan iklim dan cuaca tidak menentu (5,209)
8. Meningkatkan kompetensi ICS secara optimal melalui pelatihan-pelatihan dan asosiasi pertanian organik yang ada (5,175).
9. Memanfaatkan program pelatihan dan pembinaan yang diselenggarakan Dinas Pertanian untuk melakukan pelatihan manajemen keuangan dan strategi negosiasi bisnis, serta pengadministrasianya dan melakukan kerjasama secara intensif dalam peningkatan pengetahuan SDM petani, pinjaman modal dan pemanfaatan teknologi produksi (5,075).

Untuk memudahkan pengambilan keputusan, alternatif strategi yang dipilih, maka hal tersebut disederhanakan atas tema Teknologi dan Informasi (alternatif 2, 7 dan 9), Produksi (alternatif 1, 3, 4 dan 8) dan Pasar (alternatif 5 dan 6). Dengan tiga tema tersebut terlihat masalah yang paling mendasar bagi Poktan adalah penguasaan pasar (skor 5,884).

## KESIMPULAN

1. Karakteristik sayuran pada ketiga daerah di Jawa barat sangat berbeda, yaitu Megamendung dan Pengalengan memiliki produk sayuran organik dengan kriteria Prima III. Sedangkan Garut, produk sayurannya sudah menggunakan label dan kemasan tersendiri (tersertifikasi).
2. Faktor internal dan eksternal yang paling utama untuk ketiga daerah yang diteliti adalah:
  - a. Megamendung: penjadwalan musim tanam dan panen (kekuatan), fasilitas dan manajerial (kelemahan), kuota permintaan belum semua terpenuhi (peluang) dan alih fungsi lahan (ancaman)
  - b. Pengalengan: sayuran yang dihasilkan aman dikonsumsi (kekuatan), biaya dan harga (kelemahan), harga jual sayuran organik lebih tinggi (peluang), serta iklim dan cuaca yang tidak menentu memengaruhi hasil produksi (ancaman).

- c. Garut: keanekaragaman produk (kekuatan), SDM dan teknologi pangan (kelemahan), pasar terbuka (peluang), serta iklim dan serangan hama (ancaman).
- 3. Alternatif strategi pengembangan sayuran organik di tiga daerah sentra produksi sayuran di Jawa Barat ini dilakukan menurut pasar, produksi dan informasi teknologi.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Tim Peneliti mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak-pihak yang telah bersedia mendukung proses pengumpulan data, maupun yang mendukung kelancaran administratif (LPPM IPB dan DP2M DIKTI), sehingga penelitian ini berjalan dengan baik sesuai waktu yang ditetapkan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- ATAP. 2010. Kementerian Pertanian RI, Direktorat Jenderal Hortikultura, Jakarta.
- Alamsyah, I. 2010. Analisis Perilaku Konsumen dalam Keputusan Pembelian Sayuran Organik di Giant Yasmin Bogor, Skripsi pada Departemen Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- BSN. 2010. Standar Nasional Indonesia. Kementerian Pertanian RI, Jakarta.
- [MAPORINA] Masyarakat Pertanian Organik Indonesia. 2006. Mengantarkan Indonesia Menjadi Produsen Organik Terkemuka. Jakarta (ID): Maporina.
- Palupi, W. 2010. Strategi Pemasaran Pangan Organik Pada Kelompok Tani Mega Surya Organik, Megamendung, Bogor. Thesis pada Program Studi Industri Kecil, Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wijayanti, R. 2009. Strategi Pengembangan Usaha Sayuran Organik (Studi Kasus: Kelompok Tani Putera Alam Desa Sukagalih, Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor). Skripsi pada Departemen Agribisnis, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

## STUDI KETAHANAN PANGAN DAN *COPING MECHANISM* RUMAH TANGGA DI DAERAH KUMUH

(Study of Food Security and Coping Mechanism of Households in Slum Areas)

**Nety Hernawati<sup>1)</sup>, Dadang Sukandar<sup>2)</sup>, Ali Khomsan<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Ilmu keluarga dan Konsumen, Fakultas Ekologi Manusia, IPB.

<sup>2)</sup>Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB.

### ABSTRAK

Perubahan sosial, ekonomi dan budaya di satu sisi banyak memberikan hasil yang menggembirakan dan berhasil meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun pada saat bersamaan, perubahan-perubahan tersebut belum sepenuhnya membawa dampak menguntungkan bagi kehidupan rumah tangga, terlebih bagi mereka yang hidup serba kekurangan seperti rumah tangga yang bertempat tinggal di daerah kumuh (*slum area*). Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) menganalisis karakteristik sosial ekonomi rumah tangga, 2) menganalisis pengetahuan gizi rumah tangga, 3) menganalisis kebiasaan makan rumah tangga, 4) menganalisis ketahanan pangan rumah tangga, 5) menganalisis status kesehatan dan status gizi balita, dan 6) menganalisis *coping mechanism* untuk mendukung kecukupan pangan rumah tangga. Penelitian dilakukan dengan metode survei dengan desain *retrospektif* dan *cross sectional* yang berlokasi di daerah kumuh di sekitar bantaran sungai wilayah Kelurahan Manggarai Jakarta Selatan. Sampel berjumlah 100 rumah tangga. Penelitian berlangsung selama sembilan bulan dari bulan Maret sampai dengan Desember 2012. Secara umum rumah tangga di lokasi penelitian dikategorikan mengalami defisit energi dan protein tingkat berat karena tingkat kecukupan yang dicapai oleh sebagian besar responden <70%. Hanya sekitar 10% dan 26% rumah tangga tidak mengalami defisit energi dan protein. Ada pun *coping mechanism* untuk memenuhi kebutuhan pangan adalah meminjam uang dari saudara atau keluarga atau menggadaikan aset rumah tangga dan membiarkan istri atau anak bekerja untuk menambah penghasilan rumah tangga.

Kata kunci: Ketahanan pangan, daerah kumuh, *coping mechanism*.

### ABSTRACT

Social, economy, and cultural changes cause improvement of human welfare. However, some households may still have problem economically, especially for them who live in slum area. The objectives of the study were: 1) to analyze socio-economic characteristics of households in slum area, 2) to analyze nutritional knowledge. 3) to analyze food habits, 4) to analyze food security, 5) to analyze health and nutritional status of children under five years olds, and 6) to analyze coping mechanism to meet food adequacy. The design was retrospective and cross sectional. The study was conducted in Manggarai, Jakarta Selatan. Sampel was 100 household and the study was started in March till December 2012. Most households were categorized as having severe energy and protein deficit (% RDA < 70%). Only about 10% and 26% households had adequacy energy and protein intake. The coping mechanism practiced by household were borrowing money from families, mortgaging household assets, and letting wives or children earn money.

Keywords: Food security, slum area, coping mechanism.

## PENDAHULUAN

Wilayah kawasan kumuh merupakan bagian yang terabaikan dalam pembangunan perkotaan. Hal ini ditunjukkan dengan kondisi sosial demografis di kawasan kumuh seperti kepadatan penduduk yang tinggi, kondisi lingkungan yang tidak layak huni dan tidak memenuhi syarat serta minimnya fasilitas pendidikan, kesehatan dan sarana prasarana sosial budaya. Tumbuhnya kawasan kumuh terjadi karena tidak terbendungnya arus urbanisasi.

Kawasan kumuh sering dihubungkan dengan tingkat kemiskinan dan pengangguran tinggi. Kawasan kumuh dapat pula menjadi sumber masalah sosial seperti kejahatan, penggunaan obat-obatan terlarang dan minuman keras. Di berbagai negara miskin, kawasan kumuh juga menjadi pusat masalah kesehatan karena kondisinya yang tidak *higienis*.

Pertumbuhan penduduk dan terbatasnya lahan di daerah perkotaan menyebabkan semakin berkembangnya rumah petak kecil yang diperjualbelikan dan disewakan kepada para pendatang. Rumah-rumah petak kecil tersebut kemudian berkembang menjadi kawasan padat dan kumuh yang disebut dengan kawasan kumuh (*slum area*) (Gusmaini, 2010).

Ciri yang menonjol dari permukiman kumuh adalah kerapatan bangunannya yang tinggi, diindikasikan oleh jarak antar bangunan yang relatif dekat (bersebelahan dan berhadapan). Dampak dari kerapatan bangunan yang tinggi, adalah kondisi ventilasi yang menjadi buruk akibat kurangnya sirkulasi udara; drainase-nya menjadi sempit dan dangkal karena lahan terbatas, akibatnya pada saat musim hujan permukiman tersebut sangat potensi mengalami kebanjiran; tata letak tidak teratur dan jalan sempit menyebabkan surkulasi pergerakan tidak terarah, begitu pula dengan sanitasi lingkungan (sampah dan air limbah) menjadi tidak baik (Suparlan, 1984).

Peningkatan kawasan kumuh berkembang seiring dengan meningkatnya populasi penduduk, khususnya di dunia ketiga. Beberapa indikator yang dapat dipakai untuk mengetahui apakah sebuah kawasan tergolong kumuh atau tidak adalah di antaranya dengan melihat: tingkat kepadatan kawasan, kepemilikan lahan dan bangunan serta kualitas sarana dan prasarana yang ada dalam kawasan

tersebut. Menurut UN Habitat atau *UN Human Settlements Programme*, secara keseluruhan, dunia sekarang memiliki tambahan 55 juta warga daerah kumuh dibandingkan tahun 2000. Setengah dari penambahan itu karena pertumbuhan penduduk di perumahan kumuh, seperempat oleh urbanisasi dan seperempat oleh orang yang tinggal di pinggiran kota yang rumahnya tergerus oleh urbanisasi.

Penghasilan yang rendah pada rumah tangga di permukiman kumuh menyebabkan akses terhadap pangan menurun dan mau tidak mau berakibat pada perubahan pola konsumsi. Perubahan pola konsumsi adalah cara *mechanism* yang sering diadopsi oleh kelompok miskin untuk mengatasi kesulitan memenuhi kebutuhan pangannya. Namun apabila perubahan tersebut mendorong kepada ketidakcukupan pangan yang dikonsumsi untuk hidup secara sehat dan produktif akan berdampak pada munculnya kerawanan pangan yang memberikan konsekuensi lebih lanjut pada penurunan status gizi dan kesehatan rumah tangga terutama bagi kelompok usia rawan (Purlika, 2004).

Menurut Tabor *et al.* (2000), rumah tangga yang tergolong miskin tidak akan mempunyai kemampuan daya beli yang akan digunakan untuk menjamin ketahanan pangan rumah tangganya. Pada saat ketahanan pangan mengalami ancaman, maka status gizi dari kelompok rawan pangan akan terganggu. Suatu bentuk *mechanism* untuk mengatasi pangan akan berbeda-beda antara rumah tangga yang satu dengan yang lain tergantung dari faktor demografi, sosial ekonomi, dan masalah yang dihadapi rumah tangga.

Perubahan sosial, ekonomi dan budaya dewasa ini di satu sisi telah banyak memberikan hasil yang menggembirakan dan berhasil meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun pada saat bersamaan, perubahan-perubahan tersebut belum sepenuhnya membawa dampak menguntungkan bagi kehidupan rumah tangga, terlebih bagi mereka yang hidup serba kekurangan seperti rumah tangga yang bertempat tinggal di *slum area*. Misalnya kebutuhan pendidikan anak-anak mereka, kebutuhan yang terkait dengan *coping mechanism* untuk mendukung kecukupan rumah tangga mereka dan kebutuhan lainnya seperti keamanan pangan (*food safety*) dan status gizi (*nutritional status*) termasuk kebutuhan yang berhubungan dengan kesehatan. Oleh karenanya, perlu dilakukan

kajian untuk menganalisis ketahanan pangan dan *coping mechanism* rumah tangga di daerah kumuh.

Tujuan penelitian adalah menganalisis karakteristik sosial ekonomi, pengetahuan gizi, kebiasaan makan, ketahanan pangan, status kesehatan dan status gizi balita, morbiditas rumah tangga, dan menganalisis *coping mechanism* untuk mendukung kecukupan pangan rumah tangga.

## METODE PENELITIAN

### Desain, Lokasi, dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode survai dengan desain *retrospektif* dan *cross sectional* yang berlokasi di daerah kumuh sekitar bantaran sungai wilayah Kelurahan Manggarai Jakarta Selatan. Penelitian berlangsung selama sembilan bulan dari bulan Maret sampai dengan Desember 2012.

### Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari: (1) keadaan sosial, ekonomi, dan demografi rumah tangga, (2) pengetahuan gizi (3) konsumsi pangan anggota rumah tangga; (4) status gizi anggota rumah tangga; (5) keadaan sanitasi dan higiene, (6) strategi *coping mechanism* dalam memenuhi kecukupan pangan rumah tangga.

### Sampling

Populasi dalam penelitian ini adalah kumpulan rumah tangga yang berada di daerah kumuh. Penarikan contoh dilakukan dengan menggunakan teknik penarikan contoh acak berlapis (*Stratified Random Sampling*) dengan alokasi proporsional besar sampel diperoleh dengan menggunakan formula Cochran (1982), dan dari hasil perhitungan diperoleh jumlah contoh di lokasi penelitian adalah 100 rumah tangga.

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o - 1}{N}}$$

## Analisis dan Pengolahan Data

Data dientri ke dalam struktur *file* dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan terhadap data yang sudah dientri dilakukan *editing* dan *generating* peubah, penggabungan *sheet*, *sorting* dan *merging file* sesuai keperluan sehingga data siap dianalisis. Analisis data yang dilakukan meliputi estimasi *elementary statistic* (*n*, mean, standar deviasi) dan disajikan dalam bentuk tabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Sosio Ekonomi Rumah Tangga

Umur suami dan istri tergolong paruh baya. Rata-rata umur suami 40.7 tahun dan umur istri 37.5 tahun. Keragaman umur istri sedikit lebih tinggi daripada umur suami yaitu simpangan baku umur suami sebesar 13.3 tahun dan simpangan baku umur istri sebesar 13.6 tahun.

Rata-rata pendapatan dan pengeluaran rumah tangga di daerah kumuh Manggarai tergolong tinggi (Tabel 1) yaitu di atas Rp700.000/kap/bln atau lebih dari US\$2/kapita/hari (2 kali lebih tinggi dibandingkan garis kemiskinan DKI Jakarta). Namun demikian sebagian besar pengeluaran (53%) dialokasikan untuk pangan yaitu sebesar sekitar Rp396.000/kap/bln yang mengindikasikan bahwa kondisi ekonomi rumah tangga belum kuat.

Tabel 1. Statistik pendapatan dan pengeluaran rumah tangga (Rp/kap/bln)

Statistik	Rataan ± Sd
Pendapatan (Rp/kap/bulan)	713 034.3 ± 496 321.7
Total Pengeluaran (Rp/kap/bulan)	783 665.6 ± 373 139.2
Alokasi pengeluaran (Rp/kap/bulan)	
- Pangan	396 270.3 ± 192 356.5
- Non pangan	387 395.2 ± 267 475.6
Rasio pengeluaran (%)	
- Pangan	53.3 ± 14.9
- Non pangan	46.7 ± 14.9

Pengeluaran pangan tertinggi adalah untuk lauk pauk (13.5%) diikuti pengeluaran untuk jajanan (9.7%), untuk beras (7.1%) dan terakhir untuk minyak goreng (1.7%). Pengeluaran non pangan terbesar adalah untuk transport, rekreasi,

sumbangan dan hutang (19.3%) diikuti pengeluaran untuk bahan bakar (9.1%), pendidikan (6.1%), rokok (5.8%) dan yang terakhir sandang (2.2%). Hal yang menarik adalah pengeluaran untuk rokok lebih tinggi daripada pengeluaran untuk kesehatan, pendidikan dan sandang.

Suami yang bekerja sebagai pedagang berjumlah sekitar 21%, sebagai buruh sekitar 17% dan sektor jasa sekitar 24%. Pekerjaan lainnya adalah sebagai karyawan, dan PNS/ABRI. Masih ada suami yang tidak bekerja, tapi relatif kecil yaitu hanya sekitar 4%. Sebagian besar istri adalah ibu rumah tangga (59.8%), dan ada pula yang bekerja sebagai pedagang (18.9%) atau bekerja sebagai karyawan (1%).

Sebagian besar rumah tangga mengontrak rumah atau tinggal dengan orang tuanya. Walaupun tinggal di daerah kumuh namun cukup banyak rumah tangga yang memiliki rumah (37%), rumahnya tergolong kecil yaitu hanya berukuran rata-rata sekitar 28 m<sup>2</sup>. Dari sisi ukuran rumah, ukuran rumah tersebut tidak memadai untuk ditempati oleh jumlah anggota yang pada umumnya 4 orang atau lebih, karena menurut standar kesehatan tiap orang memerlukan setidaknya 8 m<sup>2</sup>.

### **Pengetahuan Gizi**

Pengetahuan gizi menjadi prasyarat penting untuk perbaikan gizi anak-anak. Ibu adalah orang yang sangat berperan dalam penyediaan makan sehari-hari bagi seluruh anggota rumah tangga. Oleh sebab itu, menganalisis pengetahuan gizi ibu dapat bermanfaat untuk mengetahui pemahaman dasar tentang hal-hal yang terkait gizi yang dapat dijadikan acuan apabila intervensi penyuluhan gizi akan dilakukan.

Tabel 2. Sebaran skor pengetahuan gizi ibu

Skor pengetahuan gizi	n	%
Baik (>80)	53	53.0
Cukup (60-80)	28	28.0
Kurang (>60)	19	19.0
Rataan skor ± Sd		72.2 ± 19.5

Tabel 2 di atas ini menunjukkan bahwa rataan skor pengetahuan gizi ibu adalah 72.2 yang menunjukkan bahwa ibu-ibu di lokasi penelitian umumnya

mempunyai pengetahuan gizi dengan kategori cukup (skor 60-80). Lebih dari separo ibu-ibu (53.0%) yang menjadi responden penelitian ini memiliki pengetahuan gizi dengan kategori baik (skor >80). Akses pengetahuan gizi dapat diperoleh melalui beragam media seperti majalah, radio, televisi dan media lainnya. Di Kota Jakarta, dengan pelayanan kesehatan yang semakin baik, diduga akses untuk mendapatkan informasi kesehatan/gizi juga semakin leluasa.

Apabila pencapaian tes pengetahuan gizi dirinci lebih jauh, maka dapat diketahui bahwa aspek yang telah dipahami dengan baik (dijawab benar) oleh responden (ibu) adalah: (1) rabun mata disebabkan oleh kekurangan vitamin A (dijawab dengan benar oleh 87.0% ibu), (2) konsumsi sayuran dan buah penting agar buang air besar lancar (91.0%), (3) tahu banyak yang mengandung formalin (85.0%), dan (4) merokok berbahaya untuk kesehatan paru (86.0%).

### **Kebiasaan Makan Rumah Tangga**

Kebiasaan makan dapat dicerminkan oleh frekuensi konsumsi pangan yang dilakukan anggota rumah tangga. Semakin sering suatu jenis pangan dikonsumsi, maka hal ini menunjukkan tingginya kebiasaan konsumsi pangan tersebut. Terkadang suatu jenis makanan memang sering dikonsumsi karena merupakan pangan pokok atau makanan tersebut memang disukai oleh anggota rumah tangga.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beras dikonsumsi 17.8 kali/minggu. Ini berarti umumnya rumah tangga mengonsumsi beras (nasi) 2-3 kali sehari. Sebagai pangan pokok beras mempunyai citra superior dibandingkan pangan pokok lain seperti umbi-umbian.

Konsumsi pangan hewani seperti daging ayam, daging sapi, dan ikan masih rendah, yaitu antara 0-2 kali dalam seminggu. Akan tetapi konsumsi telur dan susu sudah cukup baik. Telur dikonsumsi 5-6 kali seminggu. Harga telur relatif lebih terjangkau dan mudah diperoleh serta dapat diolah atau dicampur dengan makanan lain. Konsumsi susu yang cukup tinggi yaitu sekitar 12 kali seminggu dipengaruhi oleh konsumsi susu balita di dalam rumah tangga. Secara umum, konsumsi susu penduduk Indonesia masih sangat rendah, dan paling rendah dibanding negara lain di Asia, yaitu sekitar 30 ml atau 2 sdm perorang perhari (Heriawan, 2012).

Pangan nabati yang populer dikonsumsi adalah tahu dan tempe dengan frekuensi antara 4-5 kali perminggu. Tahu dan tempe yang diproduksi dengan baik dan aman merupakan sumber protein yang baik, murah, dan bercitarasa enak. Konsumsi sayur dan buah di kawasan *slum area* di Jakarta ini masih terhitung rendah. Sayur dan buah hanya dikonsumsi 1-2 kali seminggu, padahal pedoman gizi seimbang menganjurkan untuk mengkonsumsi sayur dan buah hingga 5 porsi per hari. Konsumsi sayur dan buah sangat penting untuk memenuhi kebutuhan vitamin dan mineral, kebutuhan serat, serta zat-zat fitokimia lain yang bermanfaat untuk kesehatan tubuh.

### Ketahanan Pangan Rumah Tangga

Kecukupan gizi adalah rata-rata asupan gizi harian yang cukup untuk memenuhi kebutuhan gizi bagi semua orang sehat dalam kelompok umur, jenis kelamin dan fisiologis tertentu. Tabel 3 menunjukkan rata-rata kecukupan energi dan zat gizi per kapita per hari yang telah diolah berdasarkan Angka Kecukupan Gizi (AKG). Angka kecukupan gizi yang dihitung pada penelitian ini meliputi energi, protein, kalsium, besi, vitamin A dan vitamin C. Tubuh membutuhkan asupan energi setiap hari. Setidaknya satu per tiga dari asupan energi tubuh digunakan untuk melakukan aktivitas fisik, sementara dua per tiga sisanya digunakan untuk memelihara fungsi tubuh, homeostasis, dan sistem metabolisme (Bender 2008 dalam Patriasih *et al.* 2011).

Tabel 3. Angka kecukupan energi dan konsumsi gizi per kapita per hari

Zat gizi	AKG*	Konsumsi	% AKG
Energi (kkal)	2123.0	1589.0	75.3
Protein (g)	46.1	40.7	89.2
Kalsium (mg)	568.0	316.0	56.8
Besi (mg)	15.7	11.7	76.0
Vitamin A (RE)	543.0	835.0	154.9
Vitamin C (mg)	56.1	27.3	48.1

\*AKG= Angka Kecukupan Zat Gizi

Konsumsi pangan adalah jumlah makanan dan minuman yang dimakan atau diminum penduduk/seseorang per kapita per hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi energi responden perhari adalah 1589 kkal, protein 40.7 g, kalsium 316 mg, besi 11.7 mg dan vitamin C 27.3 mg. Rata-rata konsumsi

untuk setiap zat gizi seperti yang tercantum dalam Tabel 3 tersebut nilainya lebih rendah dibanding angka kecukupannya.

Tingkat kecukupan gizi (% AKG) adalah sejumlah zat gizi yang dikonsumsi oleh seseorang dalam suatu populasi dibandingkan dengan AKG dalam satuan persen. Tingkat kecukupan energi yang dicapai responden adalah 75.3%, protein 89.2%, kalsium 56.8%, besi 76%, vitamin A 154.9% dan vitamin C 48.1%.

Tingkat kecukupan energi dan protein digunakan untuk menggambarkan kecukupan pangan rumah tangga karena konsumsi energi berkaitan dengan kemampuan manusia untuk hidup aktif dan konsumsi protein dibutuhkan tubuh untuk memperbaiki sel-sel tubuh yang rusak dan untuk menjamin pertumbuhan tubuh secara normal. Berdasarkan acuan dari Departemen Kesehatan tahun 2006 (BKP, 2008), tingkat kecukupan energi dan protein <70% dikategorikan sebagai defisit energi dan protein tingkat berat, tingkat kecukupan antara 70%-<80% sebagai defisit tingkat sedang, dan tingkat kecukupan antara 80%-90% sebagai defisit ringan. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa secara umum rumah tangga di lokasi penelitian dikategorikan mengalami defisit energi dan protein tingkat berat karena tingkat kecukupan yang dicapai oleh sebagian besar responden <70%. Hanya sekitar 10% dan 26% rumah tangga tidak mengalami defisit energi dan protein.

Tingkat konsumsi (Sedioetama, 1996), lebih banyak ditentukan oleh kualitas dan kuantitas pangan yang dikonsumsi. Kualitas pangan mencerminkan adanya zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh yang terdapat dalam bahan pangan, sedangkan kuantitas pangan mencerminkan jumlah setiap gizi dalam suatu bahan pangan. Untuk mencapai keadaan gizi yang baik, maka unsur kualitas dan kuantitas harus dapat terpenuhi. Apabila tubuh kekurangan zat gizi, khususnya energi dan protein, pada tahap awal akan menyebabkan rasa lapar dan dalam jangka waktu tertentu berat badan akan menurun yang disertai dengan menurunnya produktifitas kerja. Kekurangan zat gizi yang berlanjut akan menyebabkan status gizi kurang dan gizi buruk. Apabila tidak ada perbaikan konsumsi energi dan protein yang mencukupi, pada akhirnya tubuh akan mudah terserang penyakit

infeksi yang selanjutnya dapat menyebabkan kematian (Hardinsyah & Martianto, 1992).

Ketahanan pangan adalah kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dan tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata dan terjangkau. Derajat ketahanan pangan rumah tangga secara sederhana dapat ditentukan dengan mengevaluasi asupan energi dan protein rumah tangga. Berdasarkan data angka kecukupan dan tingkat kecukupan energi dan protein yang diperoleh responden, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar responden berada dalam kondisi tidak tahan pangan yang dicerminkan dengan kondisi defisit energi dan protein dalam kategori berat. Kekurangan konsumsi zat gizi seperti energi dan protein dari standar minimum umumnya akan berpengaruh terhadap kondisi kesehatan, aktivitas dan produktifitas kerja yang jika dibiarkan dalam jangka panjang akan menurunkan kualitas sumberdaya manusia.

### **Status Kesehatan dan Gizi Rumah Tangga**

Kesehatan merupakan hal esensial yang dibutuhkan oleh manusia, dan menjadi hak warga atas pemerintah di mana pun warga tersebut berada serta bagaimanapun status sosial ekonominya. Sehat didefinisikan sebagai kondisi normal dimana seseorang bisa melakukan aktivitas hidupnya dengan lancar dan tanpa gangguan, sedangkan status kesehatan adalah keadaan kesehatan seseorang pada waktu tertentu. Dalam dua minggu terakhir hanya 11.6% yang sehat, sedangkan 88.4% sisanya sakit. Persentase sakit terbanyak dialami oleh anak yaitu 54.2% dan ibu 16.8%. Sakit yang diderita umumnya batuk dan flu (62.5%) serta demam panas dingin sekitar 15%. Jenis penyakit lainnya yang diderita antara lain sakit kepala, cacar, gatal-gatal dan lain-lain.

Penyakit kronis anggota rumah tangga yang cukup menonjol adalah penyakit kulit, asam urat dan hipertensi. Dari total anggota rumah tangga yang sakit, jumlah yang menderita sakit kulit sebanyak 27%, yang menderita asam urat sekitar 25% dan yang menderita hipertensi sekitar 21%. Hal yang menghawatirkan adalah dari jumlah yang sakit diketahui sebanyak 10.6% menderita TBC. Hal ini sangat berbahaya karena penyakit ini menular. Dengan

rumah yang sempit, penyakit ini mudah menular ke anggota rumah tangga lainnya kemudian ke lingkungan sekitarnya.

Status gizi dalam penelitian ini didasarkan pada parameter antropometri berupa pengukuran berat badan dan tinggi badan. Status gizi dianalisis menggunakan indeks berat badan menurut umur (BB/U), indeks tinggi badan menurut umur (TB/U), dan indeks berat badan menurut tinggi badan (BB/TB). Berdasarkan Tabel 4 sebagian besar balita menurut status gizi BB/U, TB/U dan BB/TB termasuk dalam kategori normal berturut-turut adalah 84.2%, 59.6%, dan 77.2%. Dari hasil pengukuran TB/U diketahui masih terjadi masalah gizi kurang yang cukup tinggi (40.4% anak pendek) dibandingkan hasil pengukuran menggunakan indeks BB/U (15.8% anak kurang berat) dan BB/TB (10.5% anak kurus). Berdasarkan pengukuran BB/TB terdapat 12.3% balita mengalami gizi lebih (*overweight*).

Tabel 4. Sebaran balita menurut status gizi

Kategori	BB/U		TB/U		BB/TB	
	n	%	n	%	n	%
Kurang ( $Z$ score < -2)	9	15.8	23	40.4	6	10.5
Normal (-2 < $Z$ score < +2)	48	84.2	34	59.6	44	77.2
Lebih ( $Z$ score > +2)	0	0.0	0	0.0	7	12.3
Rataan ± Sd	$-1.2 \pm 1.0$		$-1.6 \pm 1.8$		$-0.4 \pm 1.6$	

### Coping Mechanism

*Coping mechanism* dapat diartikan sebagai upaya yang dilakukan seseorang dalam mengatasi situasi/keadaan yang tidak menguntungkan. Dalam situasi/keadaan seperti ini seseorang dapat berupaya dengan mengandalkan kemampuan intelektual, kemampuan fisik/biologi maupun material. Strategi ini juga biasanya dilakukan untuk mendayagunakan alat tukar sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan dalam mendapatkan pangan untuk menjamin kelangsungan hidup diri orang tersebut dan anggota rumah tangganya (Sen, 1982).

Tekanan ekonomi yang dirasakan oleh 51% responden adalah merasa tidak dapat mencukupi kebutuhan/pengeluaran keluarga, selanjutnya sebanyak 41% responden merasa tidak puas dengan penghasilan keluarga. Responden (ibu) ada

yang merasa kurang puas dengan pekerjaan suami, terbebani dengan hutang atau cicilan pinjaman, dan merasa berat dengan biaya pendidikan anak.

Tingginya biaya hidup di Jakarta serta semakin banyaknya kebutuhan keluarga mengharuskan keluarga berupaya keras untuk melakukan berbagai macam *coping mechanism* untuk memenuhi kebutuhan keluarga dengan biaya yang ada (Tabel 5). Sebanyak 48% keluarga responden merasa istri atau suami perlu mencari pekerjaan sampingan atau istri ikut bekerja (39%) untuk menambah penghasilan keluarga. Sebanyak 41% keluarga responden meminta atau meminjam uang dari saudara atau keluarga sebagai *coping* untuk menutupi kebutuhan keluarga. *Coping mechanism* lain yang sering dilakukan oleh 38% keluarga responden adalah terpaksa berhutang untuk memenuhi kebutuhan material (perabotan rumah).

Tabel 5. Sebaran responden berdasarkan coping strategi untuk memenuhi kebutuhan keluarga

Koping strategi	n	%
Meminta atau meminjam uang dari orang tua atau saudara/kerabat	41	41.0
Terpaksa berhutang untuk memenuhi kebutuhan pokok keluarga (dari non saudara/kerabat)	38	38.0
Terpaksa berhutang untuk memenuhi kebutuhan material (perabotan rumah)	19	19.0
Isteri atau suami perlu mencari pekerjaan sampingan	48	48.0
Menjual/menggadaikan*) perhiasan emas	28	28.0
Menjual/menggadaikan*) perabotan non elektronik	5	5.0
Menjual/menggadaikan*) perabotan elektronik	11	11.0
Isteri ikut bekerja	39	39.0
Anak usia sekolah ikut bekerja	5	5.0

\*)Dimodifikasi dari sumber: Firdaus dan Sunarti (2009).

## KESIMPULAN

Rata-rata pendapatan dan pengeluaran rumah tangga di daerah kumuh Manggarai tergolong tinggi. Namun demikian, sebagian besar pengeluaran dialokasikan untuk pangan yang mengindikasikan bahwa kondisi ekonomi rumah tangga belum kuat. Suami yang bekerja sebagai pedagang, buruh, dan sektor jasa

belum dapat memenuhi kebutuhan rumah tangga. Sebagian besar rumah tangga mengontrak rumah atau tinggal dengan orang tuanya, dengan ukuran rumah rata-rata sekitar 28 m<sup>2</sup>.

Lebih dari separuh ibu-ibu yang menjadi responden penelitian ini memiliki pengetahuan gizi dengan kategori baik (skor >80). Pengetahuan gizi menjadi prasyarat penting untuk perbaikan gizi anak-anak. Di Kota Jakarta, dengan pelayanan kesehatan yang semakin baik, diduga akses untuk mendapatkan informasi kesehatan/gizi juga semakin baik.

Konsumsi pangan hewani seperti daging ayam, daging sapi, dan ikan masih rendah, akan tetapi konsumsi telur dan susu sudah cukup baik. Harga telur relatif lebih terjangkau dan ketersediannya di pasar/warung cukup tinggi. Frekuensi konsumsi susu cukup tinggi karena masih banyaknya anak balita di dalam rumah tangga.

Sebagian besar rumah tangga berada dalam kondisi tidak tahan pangan yang dicerminkan dengan kondisi defisit energi dan protein dalam kategori berat. Kekurangan konsumsi zat gizi seperti energi dan protein akan berpengaruh terhadap kondisi kesehatan, aktivitas dan produktifitas kerja.

Dalam dua minggu terakhir terdapat 88.4% rumah tangga yang anggota keluarganya sakit (terutama anak-anak dan ibu). Penyakit yang diderita umumnya batuk dan flu. Penyakit kronis anggota rumah tangga yang cukup menonjol adalah penyakit asam urat dan hipertensi. Kejadian penyakit TBC juga agak tinggi karena lingkungan yang buruk. Masalah gizi yang cukup menonjol pada anak balita adalah *stunting* (pendek), di samping masalah gizi lainnya seperti kurang berat dan kurus.

Tentang *coping mechanism* untuk memenuhi kebutuhan pangan, banyak rumah tangga yang meminjam uang dari saudara atau keluarga atau menggadaikan aset rumah tangga. Istri atau anak yang bekerja juga menjadi suatu *coping* untuk menambah penghasilan rumah tangga.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada DIKTI Kemendikbud dan LPPM IPB yang telah memfasilitasi penelitian ini, serta kepada Dekan FEMA IPB yang telah memberikan dukungan atas dilaksanakannya studi tentang *slum area* ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- BKP [Badan Ketahanan Pangan]. 2008. Direktori Pengembangan Konsumsi Pangan. Badan Ketahanan Pangan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Cochran WG. 1982. Sampling Technique. John Wiley and Son. New York.
- Gusmaini. 2010. Identifikasi Karakteristik Permukiman Kumuh (Studi Kasus Kecamatan Jatinegara, Jakarta Timur). [Skripsi] Program Studi Manajemen Sumberdaya Lahan Departemen Ilmu Tanah Dan Sumberdaya Lahan. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Hardinsyah & D. Martianto. 1992. Gizi Terapan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas-Pangan dan Gizi, IPB, Bogor.
- Heriawan R. 2012. Wamentan: Konsumsi Susu Indonesia Terendah se-Asia. ROL RepublikaOnline <http://www.republika.co.id> [Diakses: 13 November 2012].
- Patriasih R, Widiaty I, Dewi M, & Sukandar S. 2009. Studi Aspek Sosial Ekonomi dan Faktor Lingkungan yang Berpengaruh terhadap Kesehatan dan Status Gizi Anak Jalanan. Laporan Penelitian. Neys-Van Hoogstraten Foundation (NHF) dan Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Patriasih R, Patriasih R, Widiaty I, Dewi M, & Sukandar S. 2011. Socio-Economic and Cultural Aspects of Cirendeue People in West Java who Consumed Cassava as Staple Foods: Effect on Household Nutritional Status and Health. Departement of Home Economic Education Faculty of Technology and Vocational Education, Indonesia Education University and Neys-Van Hoogstraten Foundation.
- Purlika A. 2004. Studi Food Coping Mechanism pada Rumah Tangga Miskin di Daerah Perkotaan. [Skripsi] Jurusan Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Sediaoetama AD. 1996. Ilmu Gizi untuk Mahasiswa dan Profesi di Indonesia Jilid I. Nutrition: for Students and Professionals (I). Dian Rakyat. Jakarta.

- Sen A. 1982. Poverty and Famine an Essay on Entitlement and Deprivation. University Press. Oxford.
- Suparlan P. 1984. Kemiskinan di Perkotaan, Bacaan untuk Antropologi Perkotaan. Jakarta: Sinar Harapan.
- Tabor S, Soekirman, & Martianto D. 2000. Keterkaitan antara Krisis Ekonomi, Kemiskinan, Ketahanan Pangan, dan Keadaan Gizi. Prosiding Widya Karya Nasional Pangan Dan gIZI VII (hal. 41-71). Jakarta: LIPI.

**KEBIJAKAN SWASEMBADA SUSU DI INDONESIA  
DENGAN PENDEKATAN MODEL SISTEM DINAMIK**  
(Milk Self-Sufficiency Policy in Indonesia: Dynamic System Model Approach)

**Ratna Winandi Asmarantaka, Juniar Atmakusuma, Siti Jahroh, Harmini**  
Dep. Agribisnis, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB.

**ABSTRAK**

Pada saat ini impor susu Indonesia sekitar 70% dari kebutuhan nasional. Untuk meningkatkan swasembada susu, pemerintah menargetkan pengurangan impor susu menjadi 50% pada tahun 2020. Penelitian ini ingin mengkaji kemungkinan untuk mencapai target tersebut dengan pendekatan model sistem dinamik. Data awal diambil dari data tahun 2011 yang kemudian diolah dan dibangun sistem dinamiknya untuk memprediksi hingga tahun 2025. Apabila tidak ada kebijakan atau *existing condition* pada tahun 2011 berlanjut kondisinya (business as usual), maka dimasa mendatang (2011-2025) total kebutuhan dan produksi susu nasional akan cenderung semakin tinggi. Namun peningkatan kebutuhan lebih tinggi dari produksi, sehingga tahun 2020 target pemerintah masih belum tercapai. Skenario 1 merupakan intervensi kebijakan pemerintah dalam mencapai targetnya, namun demikian simulasi menunjukkan dengan Skenario 1 target baru tercapai tahun 2021. Untuk mencapai target tepat waktu maka dibangun Skenario 2 yang setelah disimulasikan target tercapai tahun 2020.

Kata kunci: Produksi dan konsumsi susu nasional, impor, dan kebijakan.

**ABSTRACT**

At the present, the imported milk amounts to around 70% of the national demand. In order to increase milk self-sufficiency, the government is planning to reduce imported milk to 50%. This study aims to assess the possibility of achieving that government's target through the dynamic system model. The initial condition in 2011 was used as the initial data to be processed and constructed as the dynamic system model in order to forecast the condition up to 2025. If there was no policy intervention or the existing condition in 2011 continued (business as usual), the prediction in the period of 2011 to 2025 for total national milk demand and production will tend to be higher. However, the increased demand is still higher than production, so in 2020 the government's target still cannot be achieved. Scenario 1 is the policy intervention implemented by the government in order to achieve the target. However, through the policy simulation Scenario 1 will reach the target in 2021. On the other hand, in order to achieve the target on time, Scenario 2 was constructed and through the simulation it can reach the target in 2020.

Keywords: National milk production and consumption, import, and policy.

**PENDAHULUAN**

Salah satu tujuan pembangunan nasional adalah meningkatkan kualitas sumberdaya manusia, dan berdasarkan *Human Development Indeks* (HDI) posisi kualitas sumberdaya manusia Indonesia cenderung menurun (peringkat ke 112 dari 147 negara). Hal tersebut ditentukan salah satunya oleh kualitas pangan yang

dikonsumsi masyarakat seperti susu, yang merupakan produk primer ternak sumber protein yang berkualitas sangat baik.

Pada tahun 2011 konsumsi susu per kapita masyarakat Indonesia sekitar 11,09 liter per kapita per tahun (Dirjen Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian, 2012 di dalam Republika, 29 Mei 2012). Namun tingkat konsumsi ini masih dibawah tingkat konsumsi susu per kapita per tahun di Bangladesh 31 liter, India 40 liter dan kambodia 12,97 liter.

Dari sisi produksi susu dalam negeri masih belum dapat memenuhi kebutuhan domestik, sehingga masih harus impor dalam jumlah besar dan cenderung terus meningkat. Produksi susu nasional baru bisa memenuhi sekitar 30% dari kebutuhan total Indonesia, sisanya sekitar 70% masih harus diimport (Ditjenak, 2010). Dalam perdagangan internasional produk susu, posisi Indonesia saat ini berada pada posisi sebagai *net-consumer* (konsumen). Selama ini Industri Pengolahan Susu (IPS) masih sangat tergantung dengan bahan baku dari impor yang mencapai sekitar 70% (Daryanto, 2012).

Potensi sumberdaya alam yang dimiliki Indonesia memungkinkan pengembangan agribisnis sapi perah yang dapat mendorong peningkatan produksi susu nasional. Selain itu, hal ini menjadi penting mengingat harapan pemerintah khususnya Kementerian Pertanian untuk mewujudkan swasembada susu nasional tahun 2020 melalui program pembangunan industri persusuan nasional.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) Mengidentifikasi kondisi aktual agribisnis sapi perah, (2) Mengidentifikasi kebijakan-kebijakan yang diarahkan untuk mencapai swasembada susu Indonesia, dan (3) Membangun model sistem dinamis ketersediaan susu nasional.

## METODE PENELITIAN

Model sistem dinamis ketersediaan susu nasional yang dikembangkan dalam penelitian ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara elemen-elemen di dalam sistem ketersediaan susu di Indonesia di masa mendatang. Proses

pemodelan dilakukan dengan cara memecah sistem secara keseluruhan menjadi dua sub sistem yakni sub sistem kebutuhan susu dan sub sistem penyediaan susu.

Analisis kebutuhan susu diidentifikasi melalui kebutuhan susu untuk konsumsi masyarakat dan untuk industri pengolahan. Untuk itu data yang digunakan adalah data agregat nasional dan perkembangannya yang meliputi: (1) konsumsi susu per kapita, (2) jumlah penduduk, (3) pertumbuhan penduduk, (4) kebutuhan susu untuk industri pengolahan dan (5) kebutuhan susu nasional.

Analisis penyediaan susu diidentifikasi melalui jumlah produksi susu yang berasal dari peternakan sapi perah maupun dari import. Untuk itu data yang digunakan adalah data agregat nasional dan perkembangannya yang meliputi: (1) populasi sapi perah menurut umur, (2) tingkat kematian sapi perah menurut umur, (3) produktifitas anak sapi perah dan susu segar menurut umur sapi laktasi, (4) tingkat pemotongan sapi perah produktif dan (5) jumlah dan laju import susu.

Data tersebut merupakan data sekunder yang berasal dari berbagai sumber diantaranya dari Direktorat Jendral Peternakan Kementerian Pertanian, Gabungan Koperasi Susu Indonesia (GKSI), Dewan Persusuan Nasional, BPS, instansi-instansi terkait dan berbagai referensi yang relevan dan mendukung.

Identifikasi sub sistem kebutuhan dan penyediaan susu di Indonesia dan kebijakan untuk mencapai swasembada susu nasional dilakukan melalui berbagai metode yaitu melalui studi pustaka dan wawancara selektif terhadap *stakeholder* pada agribisnis persusuan Indonesia.

Model sistem dinamis yang digunakan sebagai pendekatan dalam penelitian ini, pada awalnya dikembangkan oleh Forrester (1968). Model sistem dinamis merupakan suatu abstraksi dan simplifikasi dari suatu sistem yang kompleks, namun diupayakan mampu merepresentasikan sistem tersebut dengan baik. Ketepatan dalam pemilihan variabel yang dominan dan mengenali hubungan antar variabel di dalam sistem akan menentukan keberhasilan tujuan membangun model.

Simulasi kebijakan swasembada susu di Indonesia pada model sistem dinamik ketersediaan susu nasional dilakukan setelah model sistem dinamik

ketersediaan susu nasional diperoleh dengan validitas yang mencukupi. Tahapan pemodelan sistem ketersediaan susu nasional meliputi:

### **1) Identifikasi Agribisnis Persusuan Nasional**

Kebutuhan masing-masing pelaku (*stakeholders*) dalam sistem ketersediaan susu nasional berbeda-beda. Peternak sapi perah menginginkan pakan dan obat-obatan tersedia dengan harga yang stabil dan terjangkau, harga susu segar yang stabil dan cukup tinggi sehingga memberikan insentif bagi peternak untuk mengembangkan usahatanya. Koperasi susu berkepentingan membantu anggotanya (peternak sapi perah) dalam pengadaan pakan dan pemasaran hasilnya, teknologi penyimpanan susu yang baik sehingga kualitas susu dapat dijaga dalam kondisi baik yang pada akhirnya akan memberikan harga jual susu segar yang baik dan stabil. Industri pengolahan susu membutuhkan bahan baku (susu segar) dalam jumlah yang cukup dan kontinyu dengan harga beli yang relatif murah serta dapat meningkatkan pendapatan. Masyarakat berkepentingan dengan harga susu yang terjangkau dengan kualitas produk yang baik. Lembaga Keuangan, dengan kebutuhan untuk meningkatkan pendapatan dan resiko pengembalian pinjaman yang kecil. Pemerintah berkepentingan dengan peningkatan produksi susu nasional sehingga import susu dapat ditekan yang pada akhirnya pengurangan devisa untuk itu dapat ditekan, peningkatan pendapatan daerah, meningkatkan stabilitas harga pakan, obat-obatan dan susu.

Pada dasarnya semua pelaku menginginkan pendapatan yang meningkat, yang akan memberikan insentif untuk pengembangan peternakan sapi perah yang pada akhirnya memberikan arah positif untuk pencapaian swasembada susu nasional. Di samping kebutuhan yang bersifat sinergis tersebut tampak pula kebutuhan para pelaku yang sifatnya kontradiktif yaitu harga, dimana peternak dan koperasi menginginkan harga jual produknya tinggi sementara industri pengolahan menginginkan harga beli susu segar rendah, sedangkan pemerintah menginginkan kestabilan harga. Kebutuhan penentuan harga yang bertentangan antar pelaku usaha kemungkinan akan menimbulkan konflik dan pada akhirnya akan menghambat sistem dalam upaya penyediaan susu nasional. Harga kesepakatan yang bersifat *win win solution* umumnya menjadi alternatif yang dipilih. Pada konteks persusuan diharapkan peternak susu mendapatkan harga

yang lebih tinggi dari harga yang ditawarkan Industri Pengolahan Susu (IPS) namun kedua pihak masih mendapatkan keuntungan, dimana petani mendapatkan insentif yang lebih baik untuk mengembangkan peternakan sapi perahnya sementara IPS masih mendapatkan keuntungan yang baik dari usaha pengolahan susu segar menjadi produk turunannya.

Dengan mempertimbangkan ketersediaan dana, tenaga dan waktu penelitian maka pada penelitian ini dibatasi hanya akan memformulasikan sistem model dinamik yang digunakan untuk memprediksi ketersediaan susu nasional di masa mendatang. Pemecahan permasalahan harga diantara pelaku usaha melalui *win win solution* diasumsikan berjalan dengan baik sehingga harga yang terjadi tidak menghambat pengembangan peternakan sapi perah dalam rangka mencapai swasembada susu nasional.

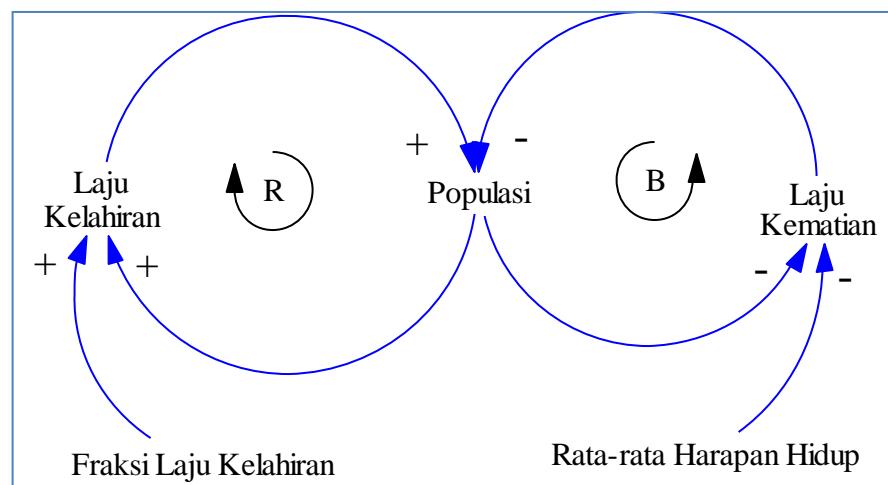
Kebijakan pemerintah dalam bidang persusuan akan menentukan arah perkembangan agribisnis persusuan nasional di masa mendatang. Kondisi internal dan eksternal usahatani sapi perah yang kondusif untuk pengembangan agribisnis ini pada akhirnya akan menentukan arah peningkatan produksi susu yang menjadi tujuan pemerintah untuk swasembada susu pada tahun 2020.

## 2) Identifikasi Sistem Ketersediaan Susu Nasional

Pemahaman mekanisme yang terjadi di dalam sistem merupakan tahap yang sangat penting. Pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan mengkonstruksi struktur hubungan sebab akibat di dalam sistem ketersediaan susu nasional ke dalam bentuk diagram lingkar sebab-akibat (*causal-loop diagram*). Struktur hubungan sebab akibat di dalam sistem ketersediaan susu nasional terdiri dari dua subsistem, yaitu subsistem kebutuhan susu nasional (masyarakat Indonesia) dan subsistem penyediaan susu nasional. Masing-masing subsistem dibangun oleh faktor-faktor yang khas dan berinteraksi secara dinamis menurut waktu dan kondisi.

Kemampuan pemahaman atas sistem yang diteлаah akan menentukan model dinamis yang akan dihasilkan. Diagram lingkar sebab akibat menggambarkan hubungan antar variabel yang terlibat di dalam sistem. Antar variabel dihubungkan dengan tanda panah, dimana variabel yang berada pada asal tanda

panah adalah variabel yang mempengaruhi (*independent*) dan variabel yang berada di akhir tanda panah adalah variabel yang dipengaruhi (*dependent*). Pada akhir tanda panah ditambahkan tanda positif (+) atau negatif (-) sesuai dengan arah hubungan kedua variabel tersebut. Tanda positif menunjukkan hubungan positif dan tanda negatif menunjukkan hubungan negatif. Pada Gambar 1 adalah ilustrasi *causal-loop diagram* pergerakan populasi penduduk.



Sumber: Sterman (2000)

Gambar 1. Diagram lingkar sebab akibat untuk memprediksi populasi.

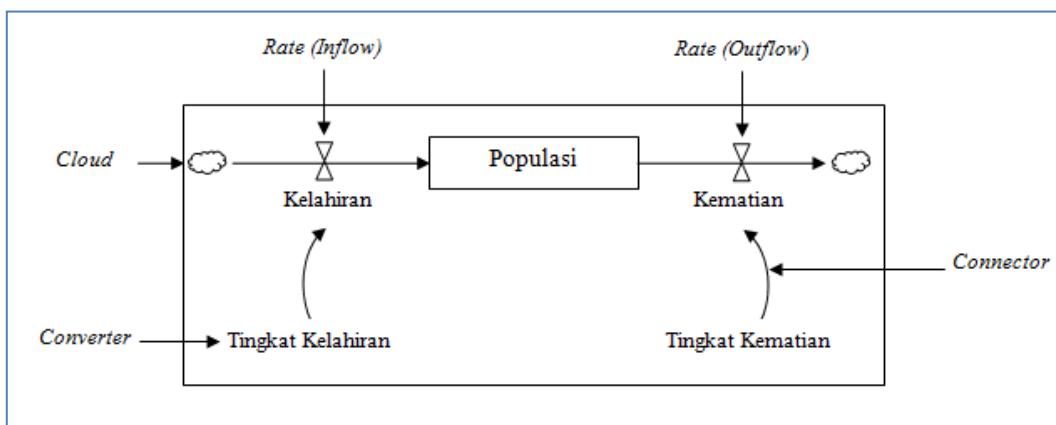
Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa makin tinggi rata-rata harapan hidup akan menyebabkan laju kematian semakin rendah, laju kematian semakin rendah maka akan menyebabkan populasi semakin tinggi. Di tengah-tengah *loop* tersebut ada huruf B (*Balancing*) di dalam lingkaran tanda panah berlawanan arah jarum jam, yang menunjukkan penurunan jumlah populasi. Peningkatan fraksi laju kelahiran akan mengakibatkan laju kelahiran semakin tinggi semakin, semakin tinggi laju kelahiran maka populasi juga semakin tinggi, semakin tinggi populasi maka laju kelahiran juga akan tinggi. Di dalam lingkaran ada huruf R (*Reinforcing*) dengan tanda panah searah jarum jam yang menunjukkan peningkatan populasi dari waktu ke waktu.

### 3) Pemodelan Sistem Ketersediaan Susu Nasional

Pemodelan sistem bertujuan untuk menyederhanakan sistem sehingga dapat merepresentasikan kondisi aktual sistem dengan baik. Model dinamis ketersediaan

susu nasional disusun berlandaskan atas diagram *causal loop* dengan menggunakan asumsi dasar model dinamis. Model dinyatakan dalam bentuk grafis (diagram alir) dan persamaan matematis. Diagram alir akan menunjukkan hubungan antar variabel di dalam sistem.

Untuk mengkonstruksi model ketersediaan susu nasional pada penelitian ini digunakan program komputer *VenSim* (Ventana System, 2007). Program *VenSim* dipilih karena pertimbangan telah mencukupi kebutuhan model yang akan dibangun. Simbol-simbol yang digunakan dalam diagram alir dengan program *VenSim* diilustrasikan pada Gambar 2.



Sumber: Sterman, 2000

Gambar 2. Bahasa grafis sistem model dinamik.

Simbol-simbol dalam program VenSimModel dinamis dalam bahasa grafis diilustrasikan melalui Gambar 2. yang dinyatakan dalam lima symbol, yaitu: (1) *Stock* (gambar kotak) menyatakan akumulasi dari suatu aliran di dalam sistem (contoh populasi penduduk); (2) *Rate* menyatakan tingkat penambahan (*inflow*) (contoh jumlah kelahiran) atau pengurangan (*outflow*) (contohnya jumlah kematian) dari *Stock* setiap periode yang menunjukkan aktivitas dari sistem; (3) *Converters* menyatakan input yang bisa dinyatakan dalam angka atau formula atau grafik (besarannya ditentukan oleh pembangun model); (4) *Connectors* (gambar tanda panah) menunjukkan aliran informasi (hubungan) di dalam sistem (sumber panah menunjukkan variabel yang mempengaruhi dan diujung tanda panah adalah variabel yang dipengaruhi); (5) *Cloud* menyatakan batasan sistem.

*Stock* adalah akumulasi dari suatu sistem aliran. Aliran bersih ke dalam *Stock* adalah tingkat perubahan pada *Stock*. Secara matematis besarnya *Stock* pada waktu ke  $t$  dinyatakan kedalam persamaan integral berikut ini.

.....(1)

dimana *Inflow(s)* adalah besarnya *Inflow* (penambahan *Stock*) dan *Outflow(s)* adalah pengurangan *Stock* selama periode  $s$  diantara waktu awal ( $t_0$ ) hingga saat ini ( $t$ ) (Sterman, 2000). Horison waktu sistem model dinamik pada penelitian ini ditentukan lima belas tahun.

Berdasarkan atas diagram alir model dinamis sistem ketersediaan susu nasional, kemudian diformulasikan hubungan atau persamaan kuantitatif antar variabel di dalam sistem. Penentuan nilai parameter di dalam persamaan matematis tersebut dibangun berdasarkan asumsi-asumsi yang ditentukan berdasarkan kajian teoritik dengan berlandaskan pada data sekunder yang sebagian besar bersumber dari Direktorat Jendral Peternakan-Kementerian Pertanian. Asumsi yang ditetapkan akan menentukan hasil proyeksi yang dihasilkan model, atau dengan kata lain asumsi yang berbeda akan memberikan hasil proyeksi ketersediaan susu nasional yang berbeda pula.

#### 4) Verifikasi dan Validasi Sistem Model Ketersediaan Susu Nasional

Model memiliki validitas tinggi ketika model tersebut dapat merepresentasikan kondisi aktual dengan baik. Validitas model dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu: (1) menggunakan indikator MAPE (*Mean Absolut Percentage Error*) yang diformulasikan sebagai:

$$\frac{\sum |Y_t - \hat{Y}_t|}{\sum Y_t} \times 100\%$$

dimana  $Y_t$  adalah nilai aktual ketersediaan susu nasional pada periode  $t$ ,  $\hat{Y}_t$  adalah perbedaan antara nilai aktual dengan hasil prediksi model atau kesalahan ramalan. Semakin kecil nilai MAPE, semakin tinggi validitas model yang diuji karena secara umum nilai aktual variabel yang dievaluasi ( $Y$ ) semakin dekat dengan nilai  $\hat{Y}$  yang diprediksi oleh model dinamis; (2) menggunakan *expert judgement*, dimana model yang diperoleh selanjutnya dipresentasikan kepada ahli

peternakan/persusuan Indonesia untuk mendapatkan penilaian. Penilaian meliputi logika sistem, parameter di dalam sistem persamaan matematis dan output model.

### 5) Simulasi Kebijakan Swasembada Susu Nasional

Setelah model sistem ketersediaan susu nasional diperoleh dengan validitas yang memadai, maka selanjutnya dapat dilakukan simulasi kebijakan swasembada susu pada model tersebut. Simulasi dilakukan dengan menggunakan berbagai skenario kebijakan swasembada susu, sehingga akan dapat diperoleh gambaran dampak kebijakan swasembada susu terhadap tingkah laku sistem yang dalam hal ini adalah pencapaian swasembada susu nasional di masa mendatang. Teknik simulasi bersifat luwes terhadap perubahan-perubahan, sehingga sesuai dengan keperluan sistem yang sebenarnya.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Agribisnis Sapi Perah Indonesia**

Pembangunan peternakan dilaksanakan melalui konsep agribisnis, dengan konsep industri peternakan sapi perah rakyat (*innayat*), yang dilakukan sejak pengadaan dan penyaluran sarana produksi (*sub system hulu*), budidaya (*sub system on farm*), pengolahan sampai pemasaran (*sub system hilir*) melalui pendekatan penanganan seluruh sub system agribisnis secara utuh.

Lembaga yang terlibat pada sub system hulu agribisnis sapi perah antara lain adalah Balai Pembibitan Sapi Perah, penyedia sapi perah/bibit, industri pakan dan industri obat-obatan. Usaha agribisnis hulu yang perlu dikembangkan adalah penyediaan calon-calon induk dan pejantan unggul, untuk keperluan IB maupun pejantan untuk kawin alam.

Pada *sub system on farm*, lebih dari 95% susu yang diproduksi dari sapi perah dengan jenis sapi perah *Fries Hollands* atau FH, yang dikembangkan sejak pemerintahan Belanda. Menyebar di daerah yang memiliki ketinggian 750-1.250 meter di atas permukaan laut dengan suhu udara 17-22°C. Penyebaran sapi perah terbanyak di Pulau Jawa, sedang di luar Jawa populasi sapi perah terbanyak di Sumatera Utara. Budidaya sapi perah dimulai dari perkembangan sapi perah betina (dara) yang akan memproduksi susu setelah dikawinkan, dapat

secara alamiah dengan sapi jantan atau dengan inseminasi buatan (IB). Agar berhasil, fenomena reproduksi harus diperhatikan.

Pada tahun 2010, Indonesia mengimpor produk susu sebanyak 302,158 ton dengan nilai 925 miliar US\$, volume ini meningkat 12% dibanding tahun 2009. Eropa (EU), *New Zealand* (NZ) dan Amerika (USA) merupakan negara asal impor Indonesia terbesar, dengan pangsa pasar (*market share*) masing-masing sebesar 32, 23 dan 21%. Sedangkan pangsa pasar dari Australia sebesar 13% pada tahun 2010, volume ini menurun dibanding tahun 2002 yang mencapai 30%.

Sejak lima tahun terakhir ekspor produk susu berfluktuasi dari 37.000 ton tahun 2007 sampai 61.500 ton dalam tahun 2008. Pada tahun 2010, Indonesia ekspor 48.229 ton produk susu dengan nilai 89 miliar US\$. Sekitar dua pertiga ekspor termasuk golongan susu lainnya, terutama susu kental manis. Sekitar 82% (7636 ton) produk susu dieksport ke Singapura dan Hongkong menggunakan susu segar produk *Greenfield*, Indonesia yang disuplai dari Australia. Tarif impor terhadap produk susu sebesar 5%, sedang untuk produk pengolahan seperti *yoghurt* dan beberapa susu konsentrat dan *krim* dikenakan tarif impor sebesar 10%.

### Sistem Ketersediaan Susu Nasional

Sistem ketersediaan susu nasional dibangun atas dua sub-sistem, yakni sub-sistem produksi susu nasional dan sub-sistem kebutuhan konsumsi susu nasional. Jumlah kebutuhan susu nasional yang tidak dapat dipenuhi oleh produksi susu nasional ditutup melalui import. Hasil konstruksi hubungan kausal sistem ketersediaan susu nasional tersebut kemudian digambarkan ke dalam bentuk diagram *causal loop* yang hasilnya tersaji pada Gambar 3.

Pada sub-sistem kebutuhan konsumsi susu nasional, total kebutuhan konsumsi susu nasional ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi susu per kapita masyarakat Indonesia. Semakin besar jumlah penduduk dan konsumsi susu per kapita maka total kebutuhan susu nasional akan semakin meningkat. Sementara itu jumlah penduduk Indonesia dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan penduduk (tingkat kematian dan tingkat kelahiran penduduk Indonesia). Semakin tinggi tingkat pertumbuhan penduduk maka di masa mendatang jumlah penduduk

Indonesia akan semakin besar. Peningkatan konsumsi susu per kapita dipengaruhi oleh tingkat keberhasilan pemerintah dalam peningkatan pendapatan, pendidikan, kesejahteraan masyarakat dan sosialisasi program yang bertujuan meningkatkan konsumsi susu segar nasional, misalkan melalui program susu untuk anak sekolah.

Pada sub-sistem produksi susu nasional, produksi susu dipengaruhi oleh populasi sapi perah, khususnya jumlah sapi betina umur 2-7 tahun dan produktifitasnya. Semakin besar jumlah sapi betina umur 2-7 tahun dan produktifitas susunya maka semakin besar total produksi susu nasional. Disamping itu sistem penanganan yang kurang baik pada susu hasil pemerasan, yang menyebabkan susu tercerer dan atau rusak, juga akan memperlemah kemampuan penyediaan susu nasional.

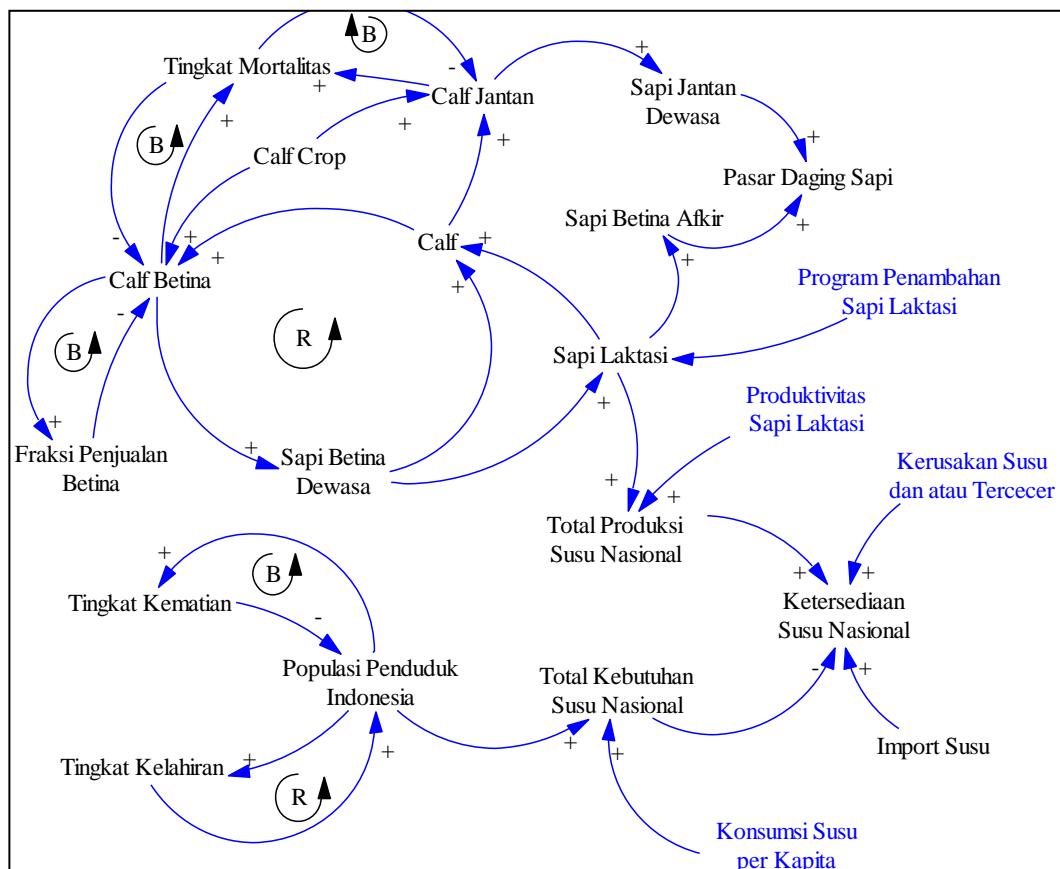
Sementara penambahan populasi sapi ditentukan oleh populasi sapi perah betina dewasa, *calf crop* dan tingkat mortalitas. Semakin tinggi jumlah sapi betina dewasa, *calf crop* dan semakin rendah mortalitas maka penambahan populasi sapi laktasi akan semakin besar. Pada umumnya pedet betina yang dihasilkan tidak dijual atau dipertahankan sebagai *replacement stock*, agar terjadi kesinambungan siklus produksi. Disamping itu program pemerintah untuk menambah sapi laktasi (indukan sapi perah) sebanyak 2.900 ekor pada tahun 2012 akan menambah populasi betina produktif.

Pada penelitian ini, permasalahan harga penjualan susu oleh petani tidak dimasukkan di dalam model, sebagai variabel penyebab produksi susu nasional. Harga jual susu oleh petani berkaitan erat dengan struktur pasar, kelembagaan, permintaan dan penawaran. Harga yang menguntungkan bagi petani sehingga petani bergairah untuk mengembangkan usahanya, merupakan system pemasaran yang efesien dan kebijakan program pemerintah.

Ketersediaan susu nasional merupakan perbedaan antara total produksi susu nasional dan total kebutuhan konsumsi susu nasional, dimana kekurangannya akan dipenuhi dari import. Swasembada susu dicanangkan dicapai pada tahun 2020, dimana target swasembada terjadi ketika total produksi susu nasional dapat memenuhi minimal 50% dari total kebutuhan susu nasional atau dengan kata lain

total import susu maksimal hanya 50% dari kebutuhan susu nasional (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2012b).

Hubungan kausal di antara variabel di dalam sistem ketersediaan susu nasional yang diuraikan secara naratif tersebut, akan tampak lebih jelas apabila dinyatakan dalam bentuk visual (diagram *causal-loop*).



Gambar 3. Diagram *Causal Loop* sistem ketersediaan susu nasional.

Hubungan kausal dalam bentuk diagram *causal loop* dinyatakan ke dalam lima simbol, yakni: (1) tanda panah menunjukkan arah hubungan kausal, asal tanda panah adalah variabel penyebab, sementara variabel pada ujung tanda panah adalah variabel respon atau variabel *effect*; (2) tanda positif (di ujung tanda panah) menunjukkan jika variabel penyebab meningkat maka variabel *effect* akan cenderung meningkat, (3) tanda negatif menunjukkan arah hubungan sebaliknya dari tanda positif, (4) notasi *R* (*Reinforcing*) menunjukkan adanya pertumbuhan

dan (5) notasi *B (balancing)* menunjukkan adanya penurunan dalam jangka panjang di dalam *loop* tersebut.

### **Pemodelan Sistem Ketersediaan Susu Nasional**

Model dinamis sistem ketersediaan susu nasional dibangun berdasarkan data *existing condition* tahun 2011 sebagai tahun awal simulasi, dengan pertimbangan data tersebut adalah data terakhir hasil pendataan sapi perah (PSPK tahun 2011). Simulasi dilakukan untuk 15 tahun mendatang atau tahun 2011 hingga tahun 2025. Swasembada susu dicapai ketika total produksi susu nasional mencapai minimal 50% dari total kebutuhan susu nasional atau jumlah impor susu maksimal hanya 50% dari total kebutuhan susu nasional.

### **Validasi Sistem Model Ketersediaan Susu Nasional**

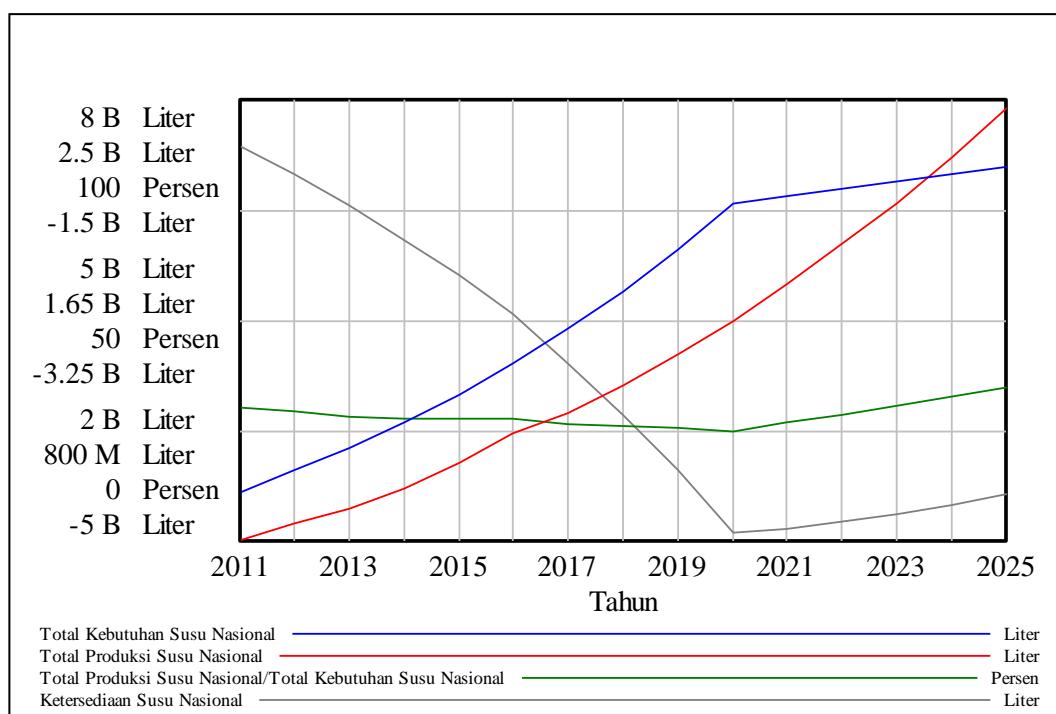
Validitas model ketersediaan susu nasional pada penelitian ini dilakukan menggunakan *expert judgement*, dimana model yang diperoleh selanjutnya dipresentasikan kepada ahli peternakan/persusuan Indonesia untuk mendapatkan penilaian. Penilaian meliputi logika sistem, parameter di dalam sistem persamaan matematis dan *output* model. Validitas melalui *expert judgement* diupayakan mencukupi, karena nara sumber yang dipilih adalah orang yang ahli di bidang sapi perah Indonesia karena kepakarannya dan karena pengalamannya praktisnya sebagai peternak sapi perah.

### **Simulasi Kebijakan Swasembada Susu Nasional**

Simulasi kebijakan dikategorikan atas tiga skenario, yakni: (1) Skenario *Existing Condition*, yakni simulasi pada model dinamis sistem ketersediaan susu, dimana *existing condition* agribisnis sapi perah pada tahun 2011 berlanjut kondisinya seperti apa adanya (*business as usual*). (2) Skenario Kebijakan-1, yakni simulasi dimana kebijakan pemerintah untuk meningkatkan produksi susu nasional dalam upaya mencapai swasembada susu pada tahun 2020 (minimal 50% kebutuhan susu nasional dapat dipenuhi oleh produksi dalam negeri), (3) Skenario Kebijakan-2, yakni simulasi ketika program yang dicanangkan pada scenario kebijakan-1 untuk swasembada susu tidak dapat dicapai.

### Skenario Existing Condition

Simulasi model dinamis ketersediaan susu nasional pada skenario ini dimasudkan untuk memprediksi kondisi pencapaian program swasembada susu, apabila *existing condition* agribisnis sapi perah pada tahun 2011 berlanjut kondisinya seperti apa adanya (*business as usual*). Hasil simulasi model dinamis ditentukan oleh parameter model. Pada *existing condition* agribisnis sapi perah pada tahun 2011, parameter model dinamis ketersediaan susu nasional ditentukan sebagai berikut: (1) rata-rata konsumsi susu masyarakat Indonesia; (2) rata pertumbuhan penduduk 1,49% per tahun; (3) Tanpa ada program penambahan populasi melalui impor sapi betina produktif (hanya berlandaskan populasi sapi perah tahun 2011 ); (4) *calfing rate* sebesar 70%; (5) *survival rate* sebesar 85%; (6) pengurangan sapi betina produktif sebesar 0%; (7) rata-rata produktifitas susu sebesar 10,82 liter per ekor per hari laktasi dengan masa laktasi 247 hari per ekor per tahun atau produktifitas susu diasumsikan sebesar 2.672,54 liter susu per ekor per tahun; (8) jumlah susu yang rusak dan atau tercecer karena penanganan yang kurang baik setelah proses pemerasan sebesar 1%.



Gambar 4. Prediksi ketersediaan susu nasional tahun 2011-2025 berdasarkan skenario *Existing Condition*.

Tabel 1. Prediksi ketersediaan susu nasional tahun 2011-2025 berdasarkan skenario *Existing Condition*

Tahun	Total Kebutuhan Susu Nasional (Liter)	Total Produksi Susu Nasional (Liter)	Persentase Produksi thd Kebutuhan Susu Nasional (%)	Ketersediaan Susu Nasional (%)
2011	2.675 B	805.11 M	30.1	-1.870 B
2012	2.957 B	865.05 M	29.26	-2.092 B
2013	3.267 B	924.99 M	28.32	-2.342 B
2014	3.613 B	1.003 B	27.77	-2.609 B
2015	3.992 B	1.100 B	27.55	-2.892 B
2016	4.412 B	1.214 B	27.51	-3.198 B
2017	4.879 B	1.292 B	26.47	-3.587 B
2018	5.393 B	1.398 B	25.92	-3.995 B
2019	5.959 B	1.519 B	25.5	-4.439 B
2020	6.588 B	1.646 B	24.99	-4.941 B
2021	6.686 B	1.787 B	26.73	-4.899 B
2022	6.785 B	1.940 B	28.6	-4.845 B
2023	6.887 B	2.103 B	30.54	-4.784 B
2024	6.989 B	2.274 B	32.53	-4.716 B
2025	7.093 B	2.467 B	34.77	-4.627 B

Keterangan: M = Juta; B = Milyar, Tanda Titik = Desimal, Tanda Koma = Ribuan

Prediksi ketersediaan susu nasional tahun 2011-2025 tersaji pada Tabel 1. Dari Gambar 4 dan Tabel 1. tampak bahwa apabila *existing condition* agribisnis sapi perah pada tahun 2011 berlanjut kondisinya (*business as usual*) maka di masa mendatang (tahun 2011-2025) total kebutuhan susu nasional, total produksi susu nasional akan cenderung semakin tinggi, namun peningkatan total kebutuhan susu nasional lebih tinggi dibandingkan dengan peningkatan total produksi susu nasional, sehingga persentase total produksi susu nasional terhadap total konsumsi susu nasional akan cenderung mengecil hingga 24,99 % pada tahun 2020, namun setelah tahun 2020 cenderung meningkat secara bertahap.

Sementara itu ketersediaan susu nasional menunjukkan nilai negatif yang artinya total kebutuhan susu nasional lebih tinggi dibandingkan total produksi susu nasional. Nilai defisit susu sapi nasional umumnya ditutup melalui impor susu yang umumnya dilaksanakan oleh industri pengolahan susu.

## Skenario Kebijakan-1

Dari Tabel 2 tampak bahwa apabila *existing condition* agribisnis sapi perah pada tahun 2011 berlanjut kondisinya, maka pada tahun 2011-2025 Indonesia diperkirakan akan defisit susu dengan nilai yang semakin besar dan capaian program swasembada susu yang semakin buruk (yang ditunjukkan oleh nilai persentase total produksi susu terhadap total kebutuhan susu yang semakin kecil).

Tabel 2. Prediksi ketersediaan susu nasional tahun 2011-2025 berdasarkan skenario kebijakan-1

Tahun	Total Kebutuhan Susu Nasional (Liter)	Total Produksi Susu Nasional (Liter)	Persentase Produksi thd Kebutuhan Susu Nasional (%)	Ketersediaan Susu Nasional (Liter)
2011	2.675 B	805.11 M	30.1	-1.870 B
2012	2.957 B	897.24 M	30.34	-2.060 B
2013	3.267 B	1.034 B	31.64	-2.233 B
2014	3.613 B	1.120 B	30.99	-2.493 B
2015	3.992 B	1.317 B	33.00	-2.675 B
2016	4.412 B	1.564 B	35.44	-2.848 B
2017	4.879 B	1.794 B	36.77	-3.085 B
2018	5.393 B	2.098 B	38.91	-3.295 B
2019	5.959 B	2.474 B	41.51	-3.485 B
2020	6.588 B	2.900 B	44.02	-3.688 B
2021	6.686 B	3.399 B	50.84	-3.287 B
2022	6.785 B	3.784 B	55.76	-3.002 B
2023	6.887 B	4.214 B	61.2	-2.672 B
2024	6.989 B	4.677 B	66.92	-2.312 B
2025	7.093 B	5.212 B	73.48	-1.881 B

Keterangan: M = Juta; B = Milyar, Tanda Titik = Desimal, Tanda Koma = Ribuan

Skenario kebijakan-1 ini dimaksudkan untuk mengakomodasi kebijakan pemerintah dalam upaya pencapaian swasembada susu yang telah dicanangkan pemerintah ke dalam model dinamis. Skenario kebijakan-1 disusun melalui perbaikan pada beberapa parameter model dinamis sistem ketersediaan susu nasional yang tercantum dalam skenario *existing condition*.

Perubahan parameter model dinamis pada skenario kebijakan-1 ini ditentukan berdasarkan atas sasaran strategis yang ingin dicapai melalui kebijakan budidaya ternak sapi perah (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2012). Apabila langkah-langkah operasional terlaksana dengan baik maka

pada tingkat peternak secara langsung akan mendapat insentif yang cukup untuk mengembangkan usaha peternakannya. Secara umum akan mempengaruhi peningkatan populasi sapi perah yang akhirnya meningkatkan produksi susu nasional. Skenario kebijakan-1 dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Target program penambahan populasi sapi perah betina dewasa pada tahun 2012 sebanyak 2.300 ekor
2. Peningkatan *Calfing Rate*. Pada model awal (skenario *existing condition*) *calfing rate* sebesar 70%. Bila program pemerintah berhasil maka diharapkan *calfing rate* dapat meningkat secara bertahap hingga mencapai 75% pada tahun 2016 dan seterusnya. Peningkatan *calfing rate* sebesar 5% dalam lima tahun pada level nasional masih memiliki potensi untuk dicapai (Budi Satoto, 2012, *Personal Comm.*)
3. Peningkatan Produktifitas Susu. Pada model awal (skenario *existing condition*) rata-rata produktifitas susu sebesar 10,82 liter per ekor betina produktif per hari laktasi dan dalam 1 tahun rata-rata ada 247 hari laktasi sehingga dalam satu tahun menghasilkan 2672,54 liter per ekor betina dewasa.
4. Program Peningkatan *Survival Rate*, Pada model awal (skenario *existing condition*) rata-rata *survival rate* sebesar 85%. Peningkatan *survival rate* melalui *breeding village* dan melalui berbagai macam inovasi teknologi, sehingga *survival rate* diharapkan semakin besar secara bertahap, sehingga pada tahun 2020 mencapai 90%. Peningkatan *survival rate* sebesar 5% dalam lima tahun pada level nasional masih memiliki potensi untuk dicapai (Budi Satoto, 2012, *Personal Comm.*)

## Skenario Kebijakan-2

Berdasarkan simulasi model dinamis ketersediaan susu nasional dengan parameter program kebijakan yang saat ini telah dicanangkan pemerintah (seperti yang tercantum di dalam kebijakan-1) ternyata swasembada susu tidak dapat dicapai tepat waktu, dimana pada tahun 2020 baru 44,02% dari total kebutuhan susu nasional dapat dipenuhi dari produksi dalam negeri atau dengan kata lain untuk memenuhi kebutuhan susu masyarakat Indonesia masih harus mengimpor susu sebesar 55,98%. Untuk itu maka diperlukan alternatif kebijakan pemerintah

dimana target programnya harus lebih tinggi dan lebih cepat pencapaiannya dibandingkan dengan target program pada kebijakan-1, dimana program yang dimaksud diskenariokan sebagai kebijakan2. Pada kebijakan-2 ini dilakukan beberapa peningkatan target program dan percepatan pelaksanaan program (Tabel 3). Adapun program yang masih realistik untuk ditingkatkan targetnya dan dipercepat pelaksanaannya adalah:

1. Program Penambahan Sapi Perah Betina Dewasa Melalui Impor
2. Program Peningkatan *Calfing Rate*
3. Program Peningkatan *Survival Rate*

Tabel 3. Prediksi ketersediaan susu nasional tahun 2011-2025 berdasarkan skenario kebijakan-2

Tahun	Total Kebutuhan Susu Nasional (Liter)	Total Produksi Susu Nasional (Liter)	Persentase Produksi thd Kebutuhan Susu Nasional (%)	Ketersediaan Susu Nasional (Liter)
2011	2.675 B	805.11 M	30.1	-1.870 B
2012	2.957 B	897.24 M	30.34	-2.060 B
2013	3.267 B	1.034 B	31.64	-2.233 B
2014	3.613 B	1.126 B	31.18	-2.487 B
2015	3.992 B	1.335 B	33.44	-2.657 B
2016	4.412 B	1.608 B	36.43	-2.805 B
2017	4.879 B	1.886 B	38.67	-2.992 B
2018	5.393 B	2.272 B	42.13	-3.121 B
2019	5.959 B	2.754 B	46.21	-3.205 B
2020	6.588 B	3.305 B	50.17	-3.282 B
2021	6.686 B	3.962 B	59.26	-2.724 B
2022	6.785 B	4.501 B	66.34	-2.284 B
2023	6.887 B	5.097 B	74.01	-1.790 B
2024	6.989 B	5.768 B	82.53	-1.221 B
2025	7.093 B	6.556 B	92.42	-537.36 M

Keterangan: M = Juta; B = Milyar, Tanda Titik = Desimal, Tanda Koma = Ribuan

## KESIMPULAN

1. Agribisnis sapi perah terbagi atas sub system hulu, *on farm* dan hilir
2. Sasaran strategis dicapai melalui kebijakan budidaya ternak sapi perah
3. Apabila *existing condition* agribisnis sapi perah tahun 2011 berlanjut (*business as usual*) maka program swasembada susu tidak dapat dicapai pada tahun

2020 (persentase total produksi susu nasional terhadap total konsumsi susu nasional 24,99%).

4. Apabila program pada skenario kebijakan-1 dilaksanakan tepat waktu, swasembada susu nasional dicapai tahun 2021 dengan persentase total produksi susu nasional terhadap total konsumsi susu nasional sebesar 50,84%.
5. Target kebijakan swasembada susu dicapai tepat waktu, tahun 2020 minimal 50% kebutuhan susu nasional dipenuhi dari produksi dalam negeri, jika *pelaksanaan program skenario kebijakan-2 tepat waktu.*

## DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jenderal peternakan, 2010. *Statistik Peternakan 2010*. Direktorat Jenderal Peternakan. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2012 *Action Plan Budidaya Peternakan Sapi Perah Rakyat Menuju Swasembada Susu Tahun 2020*. Disampaikan pada Workshop Pengembangan Sapi Perah Indonesia, Hotel Rich Yogyakarta, 22-23 Juni 2012.

Ensminger,M.E; J.E. Oldfield; W.W. Heinemann. 1990. *Feeds and Nutrition*. Second Edition. California: The Ensminger Publishing Company.

Forrester, Jay W. 1968. *Principles of Systems*, 2<sup>nd</sup> Ed. Waltham: Pegasus Communications.

Forrester, Jay W. 1998. *Designing the Future*, at Universidad de Sevilla, Sevilla Spain. December 15, 1998.

Harmini; Ratna W. Asmarantaka & Juniar Atmokusuma. 2011. Model Dinamis Sistem Ketersediaan Daging Nasional di dalam *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, Vol.12, No.1, Juni 2011. ISSN 1411-6081 (Terakreditasi SK DIKTI No.51/DIKTI/KEP/2010). Balai Penelitian dan Pengembangan Ekonomi Fakultas Ekonomi Universitas Muhammadiyah Surakarta.

**PRODUKSI BIBIT KELAPA KOPYOR TRUE TO TYPE DENGAN  
PERSILANGAN TERKONTROL DAN PENINGKATAN PRODUKSI  
BUAH KOPYOR DENGAN POLINATOR LEBAH MADU**

(Production of True to Type Kopyor Seedling by Control Pollination and Increasing Production of Kopyor Fruit with Honey Bee as Pollinator)

**Sudarsono<sup>1)</sup>, Hengky Novarianto<sup>2)</sup>, Sudradjat<sup>1)</sup>, Meldy L.A. Hosang<sup>2)</sup>,  
Diny Dinarti<sup>1)</sup>, Megayani Sri Rahayu<sup>1)</sup>, Ismail Maskromo<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB.

<sup>2)</sup>Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain (Balitka), Manado.

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produksi buah kopyor melalui perbaikan teknik budidaya, memanfaatkan lebah madu sebagai polinator, dan mendapatkan metode produksi benih *true to type* kelapa hibrida kopyor melalui persilangan terkontrol. Perbaikan teknologi budidaya kelapa kopyor dilakukan dengan pengaturan drainase lokasi pertanaman, pengaturan jarak tanam, pemupukan dan pengendalian hama kelapa. Integrasi budidaya lebah madu lokal (*Aphis serana*) diintroduksikan di lokasi pertanaman kelapa kopyor sebagai polinator. Persilangan terkontrol untuk menghasilkan benih *true to type* kelapa hibrida kopyor dilakukan pada tiga varietas kelapa Genjah Kopyor (heterosigot kopyor) asal Pati, Jawa Tengah, dengan serbuk sari kelapa kopyor hasil kultur embryo (homosigot kopyor). Pengamatan data dasar (baseline) untuk penelitian perbaikan teknik budidaya dan integrasi lebah madu meliputi rata-rata jumlah buah total dan rata-rata jumlah buah kopyor per tandan saat dimulai penelitian, selanjutnya diamati setelah 6 bulan dan 12 bulan kemudian. Untuk penelitian persilangan terkontrol diamati jumlah bunga betina dan jumlah buah jadi umur 1 sampai 3 bulan, jumlah buah normal dan buah kopyor saat panen umur 10–11 bulan kemudian. Hasil produksi buah total kelapa Genjah kopyor saat ini mengalami penurunan akibat fenomena ‘nglakani’ dan kondisi pertanaman yang terlalu dekat antar tanaman kelapa kopyor. Rata-rata buah pertandan sebanyak 1–7 butir dengan jumlah buah kopyor 1–3 butir. Melalui perbaikan teknik budidaya dan integrasi lebah madu sebagai polinator dapat meningkatkan jumlah buah total dan jumlah buah kopyor. Kemudian melalui persilangan terkontrol dihasilkan peningkatan jumlah buah kopyor per tandan dan dihasilkan buah normal yang dapat digunakan sebagai benih *true to type* yang pasti menghasilkan bibit kopyor heterosigot yang akan menghasilkan buah kopyor jika ditanam di lapangan.

Kata kunci: Penyerbukan terkontrol, produksi buah kopyor, bibit kopyor *true to type*, polinator yang efektif, lebah madu.

**ABSTRACT**

The objectives of this research are: (1) to increase Kopyor fruit production through improved cultivation techniques and integration of honeybees as pollinators, and (2) to produce true-to-type seeds to obtain 100% heterozygotes hybrid Kopyor coconut through controlled crosses. Improve cultivation techniques are conducted by improving drainage, adjusting plant spacing, fertilization and pest control. Improve polination is conducted by integrating honey bees as pollinators in coconut plantation. Controlled crosses to produce true to type hybrid coconut seeds was done using three Pati Dwarf Kopyor coconut (heterosigot kopyor coconut) using pollen of harvested from tissue culture derived kopyor palms (homosigot kopyor coconut). Results of first year experiment were baseline data for total and kopyor fruit production of selected palm used in the improved cultivation

studies and the honey bee as effective pollinators. The observed data include average of total fruits and the average of kopyor fruits per bunch at the start of the study, at 6 months and 12 months later. For controlled pollination studies, the number of female flowers and the number of fruit at 1 to 3 months, the number of harvested normal fruit and kopyor fruts after pollination were recorded. Results of observation indicated majority of kopyor palms existed in Pati were experiencing 'nglakani' and the fruit production was generally decreased. Average fruit per bunch ranged from 1–7 fruits while the number of kopyor fruits ranged from 1–3. Improved cultivation techniques applied were to solve some of that problem. Integration of honey bees as pollinators is expected to increase total number of normal and kopyor fruits. Controlled pollination is expected to increase the percentage of kopyor fruit production. Moreover, results of controlled pollination should produce true-to-type kopyor coconut seedlings.

Keywords: Controlled pollination, kopyor fruit production, kopyor true to type seedlings, effective pollinator, honey bee.

## PENDAHULUAN

Kelapa berbuah kopyor merupakan salah satu jenis kelapa unik, karena karakteristik daging buahnya yang lunak dan berbeda dengan kelapa normal pada umumnya. Jenis kelapa yang memiliki endosperm seperti ini, diduga merupakan hasil mutasi alamiah tipe liar Kelapa Dalam normal seperti pada kelapa Makapuno di Philipina yang dilaporkan Samonthe *et al.* (1989). Populasinya di alam sangat sedikit, hanya ditemui di beberapa daerah sentra kelapa saja. Harga buah kelapa kopyor di pasaran bisa mencapai 10 kali lipat dibanding buah kelapa biasa.

Kelapa kopyor berbeda fenotipenya dengan kelapa "makapuno", yang berasal dari Filipina. Abnormalitas endosperma pada kelapa "makapuno" menyebabkan jaringannya menjadi lunak seperti jeli dan jika terlalu tua sebagian dari endospermanya akan terlarut dalam air kelapa, sehingga air kelapanya menjadi kental seperti oli. Hasil penelitian diketahui bahwa abnormalitas endosperma kelapa Makapuno terjadi karena defisiensi aktivitas enzim  $\alpha$ -D-Galaktosidase dalam perkembangan endospermanya (Mujer *et al.* 1984 dan Samonthe *et al.* 1989). Karakteristik mutan pada kelapa Makapuno tersebut dilaporkan dapat diturunkan secara genetik dari tetua ke progeninya (Santos, 1999). Karakteristik umum abnormalitas endosperma pada kelapa kopyor adalah tekstur endosperma tidak padat namun lembut sampai remah seperti tekstur gabus, terlepas dari tempurungnya, membentuk serpihan-serpihan yang memenuhi seluruh lubang tempurung (Maskromo *et al.* 2007). Seperti halnya pada

makapuno, abnormalitas fenotipe endosperm kelapa kopyor diduga juga akibat dari defisiensi enzim penting tertentu selama dalam proses perkembangan endospermanya. Walaupun demikian identitas enzim yang menyebabkan abnormalitas endosperma kelapa kopyor, sampai saat ini masih belum diketahui. Karakteristik mutan pada kelapa kopyor juga dapat diturunkan secara genetik dari tetua ke progeninya (Sukendah, 2009).

Keberadaan dan potensi kelapa kopyor perlu terus dilestarikan dan dikembangkan lebih lanjut, agar sumberdaya genetik asli Indonesia tersebut dapat dimanfaatkan sepenuhnya untuk kesejahteraan rakyat Indonesia. Produksi buah kelapa kopyor dari beberapa sentra tanaman kelapa masih terbatas. Pasokan sebanyak 3.000-5.000 butir buah dari Pati, Jawa Tengah dan 300-500 butir per minggunya dari Kalianda, Lampung Selatan, belum mampu memenuhi permintaan pasar di Jakarta yang terus meningkat.

Di balik potensi kelapa eksotik ini, terdapat beberapa permasalahan terkait dengan pengembangannya di Indonesia, yaitu masih rendahnya hasil buah kelapa kopyor di tingkat petani, yang mungkin disebabkan oleh bahan tanaman berupa bibit yang digunakan, pola pengelolaan atau budidaya tanaman di lapangan, serta adanya ancaman hama penting kelapa yang mengancam produksi kelapa kopyor tersebut.

Pengembangan kelapa kopyor di tingkat petani umumnya menggunakan benih atau bibit alami dari tanaman kelapa kopyor heterozigot dengan tingkat kepastian berbuah kopyor yang relatif rendah. Benih untuk bibit alami diambil dari buah normal tanaman berbuah kopyor heterozigot tersebut. Secara genetik dari tanaman tersebut akan menghasilkan buah dengan peluang tiga macam genotipe, yaitu buah kelapa kopyor homozigot (kk) yang tidak dapat tumbuh secara normal, buah kelapa normal heterozigot (Kk) dan buah kelapa normal homozigot (KK). Permasalahannya adalah, teknologi untuk membedakan bibit kelapa Kopyor heterosigot (Kk) dengan Kelapa normal homosigot (KK), yang keduanya merupakan buah kelapa dengan endosperma normal, masih belum tersedia. Adanya ketidakpastian apakah bibit yang dijual akan menghasilkan buah kelapa Kopyor (bibit Kk) atau hanya menghasilkan buah kelapa Normal

(bibit KK) tersebut yang menyebabkan harga jual bibit kopyor seperti itu menjadi rendah.

Bibit kelapa kopyor heterosigot *true-to-type*, yang dalam hal ini pasti sebagai bibit heterosigot ‘Kk’ dan berpotensi menghasilkan buah kelapa Kopyor dengan persentase 20-50% per tandan, dapat dihasilkan melalui skim persilangan terkontrol antara induk betina heterosigot ‘Kk’ dengan induk jantan homosigot ‘kk’ (bibit kelapa kopyor hasil kultur *in vitro*). Skim persilangan antara dua induk kelapa kopyor tersebut akan menghasilkan 50% buah kelapa Kopyor (dengan sigotik embrio ‘kk’ dan endosperma ‘kkk’) dan 50% buah kelapa normal heterosigot (dengan sigotik embrio ‘Kk’ dan endosperma ‘Kkk’ atau ‘KKk’).

Masalah lainnya yang ditemukan di lapangan adalah produksi buah kelapa kopyor yang masih relatif rendah dibandingkan potensinya. Pola pengelolaan tanaman dan lahan yang belum optimal menyebabkan produksi buah pertandan rendah, yang secara otomatis berdampak pada rendahnya jumlah buah kopyor yang dihasilkan per tandan buah. Selain itu adanya fenomena ‘Nglakani’ yaitu terjadinya masa tidak menghasilkan buah pada periode tertentu, menyebabkan menurunnya produksi buah kelapa kopyor di lapangan.

Rendahnya produksi buah tanaman kelapa kopyor juga dapat disebabkan oleh rendahnya peluang terjadinya penyerbukan secara alami yang dibantu oleh angin dan serangga penyerbuk. Hasil pengamatan pada beberapa tanaman kelapa kopyor yang dekat dengan sarang lebah di lokasi pertanaman, menunjukkan adanya jumlah buah per tandan yang relatif banyak.

Melalui serangkaian penelitian ini diharapkan dapat diperoleh metode persilangan terkontrol yang dapat meningkatkan produktifitas buah kopyor dan mendapatkan benih kelapa kopyor *true to type*, pola manajemen budidaya kelapa kopyor dan budidaya lebah madu lokal yang akan meningkatkan produksi buah total dan buah kelapa kopyor.

## METODE PENELITIAN

### Persilangan Terkontrol untuk Meningkatkan Produksi Kopyor dan Produksi Bibit True to Type

Berdasarkan pola segregasi satu lokus untuk sifat buah kopyor, dapat diprediksi bahwa penerapan teknologi persilangan terkontrol akan dapat meningkatkan produksi buah kelapa kopyor dan produksi benih kelapa kopyor heterosigot Kk *true-to-type* per tandan yang dipanen petani. Dengan menerapkan persilangan terkontrol, diharapkan akan meningkatkan hasil buah normal (Kk) yang akan dijadikan sebagai bibit (menjadi 50%) dan meningkatkan hasil buah kopyor yang dipanen per tandan (menjadi 50%). Dalam skenario persilangan terkontrol menggunakan serbuk sari bergenotipe kk, tidak akan dihasilkan buah normal dengan genotipe KK dan yang didapatkan adalah buah normal bergenotipe *true-to-type* Kk yang akan menghasilkan bibit kopyor heterosigot *true-to-type* Kk. Setelah dibakukan, persilangan terkontrol juga diharapkan dapat meningkatkan keberhasilan pembentukan buah melalui keberhasilan penyerbukan yang lebih baik.

Skenario persilangan terkontrol dilakukan menggunakan satu pohon tetua jantan kelapa kopyor hasil kultur embrio, yang disilangkan dengan masing-masing 3 pohon tetua betina varietas kelapa Genjah Kuning kopyor dan varietas kelapa Genjah Hijau kopyor. Untuk masing-masing pohon betina, persilangan dilakukan pada 3 tandan bunga secara berurutan. Sebagai pembanding diamati 3 tandan masing-masing 5 pohon untuk setiap varietas yang dibiarkan menyerbuk sendiri (*open pollinated*).

Pada masing-masing tandan bunga dari pohon tetua betina terpilih, dilakukan emaskulasi dengan membuang bunga jantan dan pada tandan bunga dipasangi kerodong, untuk menghindari terjadinya penyerbukan dari tanaman kelapa lain di sekitar pohon tetua betina. Bunga jantan yang diperoleh dari tetua jantan, diolah untuk mendapatkan serbuk sari yang akan digunakan untuk penyerbukan terkontrol. Penyerbukan buatan dilakukan setelah bunga betina *reseptif*, yang ditandai dengan adanya nektar pada putik. Metode penyerbukan tang digunakan adalah dengan penyemprotan serbuk sari yang telah dicampur dengan serbuk talkum dengan perbandingan 1 : 10.

Pengamatan dilakukan terhadap jumlah buah jadi mulai umur 2 minggu sampai 3 bulan setelah persilangan. Pengamatan selanjutnya dilakukan setiap 3 bulan sekali sampai buah dipanen. Jumlah buah kopyor diamati pada umur 10 bulan, sedangkan buah normal pada umur 11 bulan. Persentase buah jadi dihitung dengan membandingkan jumlah buah jadi yang terbentuk dengan total jumlah bunga betina saat diemaskulasi (awal persilangan). Terbentuknya buah kopyor diamati pada saat buah kelapa berumur 10 bulan. Persentase buah kopyor dihitung dari jumlah buah kopyor dengan total buah per tandanya. Buah kopyor hasil persilangan akan diambil embryonya untuk dikulturkan di laboratorium. Buah normal hasil persilangan merupakan benih true to type yang akan ditanam oleh petani sebagai tanaman kelapa kopyor yang pasti berbuah kopyor.

### **Penyempurnaan Teknologi dan Manajemen Budidaya Kelapa Kopyor**

Untuk mengintroduksikan teknologi dan manajemen budidaya agar dapat diterapkan oleh KUB di Kalianda, Lampung Selatan dan KT di Pati – tahapan pertama kegiatan yang dilakukan adalah sosialisasi prosedur operasional baku (POB atau SOP) teknologi dan managemen budidaya kelapa yang akan diadopsi untuk kelapa kopyor. Selanjutnya, demplot penerapan pemupukan berkala, pemeliharaan kebun dan tanaman diset-up di kebun milik anggota KUB dan KT yang terlibat. Penelitian penyempurnaan teknologi dilakukan sejalan dengan kegiatan demplot yang dilakukan. Tahapan terakhir yang diharapkan adalah anggota KUB/KT yang terlibat akan mengadopsi teknologi dan manajemen budidaya yang disarankan untuk diterapkan di kebunnya masing-masing.

Penelitian penyempurnaan teknologi pemupukan kelapa kopyor dilakukan untuk mengetahui dampak positif yang diakibatkan oleh perlakuan pemupukan karena pada umumnya tanaman kelapa kopyor milik petani tidak dipupuk. Perlakuan pemupukan dilakukan dengan atau tanpa pemberian pupuk organik yang dikombinasikan dengan atau tanpa pemberian pupuk majemuk (N:P:K) terhadap peningkatan produktifitas kelapa kopyor di tingkat kelompok tani.

Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap, dengan empat perlakuan pemupukan (dengan atau tanpa pupuk organik yang dikombinasi dengan atau tanpa pupuk majemuk) dan dibuat dalam tiga ulangan. Dosis pupuk organik yang

diberikan sebanyak 40 kg/pohon sedangkan pupuk NPK yang diberikan didasarkan pada rekomendasi pemupukan secara umum pada tanaman kelapa yang dihasilkan oleh IPB dan Balit Palma Manado. Aplikasi pemupukan diberikan dua kali setahun pada awal (Oktober, 2012) dan akhir musim hujan (April, 2013).

Pengamatan dilakukan setelah enam bulan perlakuan untuk melihat perbaikan pertumbuhan vegetatif tanaman, kemudian setelah satu dan dua tahun setelah pemupukan untuk melihat dampak positif perlakuan pemupukan pada pembungaan dan produksi buah kelapa kopyor. Data hasil pengamatan dievaluasi untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dosis pemupukan pada tanaman kelapa kopyor.

### **Teknologi Budidaya Lebah Madu Berbasis Kelapa Kopyor Sebagai Polinator**

Penerapan teknologi budidaya lebah madu berbasis kelapa kopyor sebagai polinator dilakukan dengan: (a) Budidaya lebah madu di lokasi pertanaman kelapa kopyor dan (b) Pemanfaatan lebah madu sebagai polinator dalam penyerbukan kelapa Kopyor. Dengan menerapkan budidaya lebah madu sebagai polinator diharapkan akan meningkatkan persentase keberhasilan pembentukan buah pertandan melalui proses penyerbukan yang efektif. Dampak dari hal ini adalah meningkatnya hasil buah total, hasil buah normal yang dapat dijadikan sebagai bibit, dan hasil buah kopyor per tahun yang akan dipanen oleh petani.

Kegiatan penelitian untuk penyempurnaan teknologi yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui peranan lebah madu pada proses persilangan alami tanaman kelapa berbuah kopyor. Tanaman kelapa kopyor yang digunakan adalah tanaman kelapa kopyor heterozigot tipe Genjah di Pati, Jawa tengah dan kelapa kopyor tipe Dalam di Kalianda, Lampung Selatan.

Di masing-masing lokasi penelitian, pada pertanaman kelapa kopyor seluas maksimum 0.5 ha diletakkan satu kotak sarang lebah madu (*Apis mellifera*). Tanaman kelapa kopyor yang digunakan sebagai sampel pengamatan adalah sebanyak 10 pohon yang tersebar di berbagai posisi relatif terhadap posisi kotak sarang lebahnya. Sebagai kontrol, 10 tanaman kelapa kopyor yang sama diamati produktifitasnya sebelum ditempatkan kotak sarang lebah di lokasi.

Pengamatan dilakukan terhadap jumlah bunga betina saat tandan bunga pecah. Pengamatan selanjutnya dilakukan terhadap buah jadi umur 1 bulan, 2 bulan, 3 bulan dan jumlah buah saat panen. Jumlah tandan bunga yang diamati sebanyak 12 tandan secara berurutan. Pengamatan jumlah buah kopyor dilakukan pada buah umur 10 bulan pada kelapa kopyor tipe Genjah dan 11 bulan pada kelapa kopyor tipe Dalam. Buah kopyor matang lebih dahulu, sehingga dipanen lebih awal dibanding buah kelapa normal pada satu tandan yang sama.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini direncanakan dilakukan selama tiga tahun kegiatan. Pada tahun pertama (2012) telah dilakukan kegiatan persiapan penelitian, penentuan lokasi, pemilihan pohon sampel, pemberian perlakuan dan pengamatan awal (base line) yang menjadi dasar untuk pengamatan selanjutnya. Hasil kegiatan tahun pertama untuk masing-masing sub kegiatan dapat disampaikan sebagai berikut:

### **Persilangan Terkontrol Untuk Meningkatkan Produksi Buah Kopyor dan Benih True to Type**

Persilangan terkontrol telah dilakukan pada dua varietas kelapa Genjah Kopyor menggunakan serbuk sari kelapa Dalam kopyor homozigot. Hasil pengamatan sementara disajikan pada Tabel 1.

Hasil pengamatan terhadap jumlah bunga betina dari masing-masing tanaman tetua betina kelapa Genjah Kopyor Hijau dan Genjah kopyor Kuning heterozigot yang digunakan dalam persilangan, diperoleh rata-rata antara 9-23 butir bunga betina, bervariasi antar genotipe dan antar tanaman. Setiap genotipe memiliki potensi menghasilkan bunga betina yang berbeda. Hasil pengamatan fenologi bunga Kelapa Genjah Hijau Kopyor yang tumbuh di Pati, lebih banyak jumlah bunga betinanya dibanding dua varietas lainnya yaitu Kelapa Genjah Coklat Kopyor dan Kelapa Genjah Kuning Kopyor (Maskromo *et al.* 2011). Jumlah bunga betina tersebut masih pada kisaran yang normal kelapa Genjah. Kemampuan menghasilkan bunga betina pada setiap pohon kelapa merupakan potensi genetik masing-masing individu tanaman. Jumlah bunga betina yang banyak setiap tandan merupakan potensi terbentuknya buah setelah

terjadi proses penyerbukan dan pembuahan. Selain itu aspek lingkungan seperti ketersediaan air saat pembentukan tandan bunga kelapa, juga sangat mempengaruhi jumlah bunga betina yang terbentuk. Menurut Perera *et al.* (2010), inisiasi bunga kelapa dimulai sekitar 24-26 bulan sebelum tandan bunga dewasa atau tandan bunga pecah. Dengan demikian pengaruh curah hujan pada periode tersebut akan mempengaruhi jumlah bunga betina yang terbentuk pada tanaman kelapa.

Tabel 1. Jumlah bunga betina dan jumlah dan persentase buah jadi hasil persilangan terkontrol kelapa Genjah Kopyor Kuning dan Genjah Kopyor Hijau dengan serbuk sari kelapa dalam kopyor hasil kultur embryo (Homozigot)

Kombinasi Persilangan	Tandan Ke-	Jumlah B. Betina (Buah)	Buah jadi 2 Minggu (Buah)	(%)	Buah Jadi 1 Bulan	(%)
GKK-1 x DKH	1	11	11	100	6	54.54
	2	9	9	100	5	55.55
	3	10	10	100	4	40.00
GKK-2 x DKH	1	10	10	100	6	60.00
	2	9	9	100	5	55.55
	3	16	16	100	8	50.00
GKK-3 x DKH	1	20	15	75.00	0	0
	2	23	23	100	14	60.86
	3	20	20	100	15	75.00
GKH-1 x DKH	1	14	10	71.74	0	0
	2	14	14	100	9	64.28
	3	14	14	100	9	64.28
GKH-2 x DKH	1	10	10	100	1	10.00
	2	11	11	100	6	54.54
	3	14	14	100	10	71.42
GKH-3 x DKH	1	21	20	95.23	7	33.33
	2	15	15	100	5	33.33
	3	17	15	88.23	10	58.82

Keterangan:

GKK = Genjah Kuning Kopyor; GKH = Genjah Hijau Kopyor; DKH = Dalam kopyor Homozigot

Hasil persilangan antara kelapa Genjah Kopyor Hijau dan Kuning asal Pati, Jawa Tengah dengan Kelapa Dalam Kopyor Homozigot hasil kultur embrio menghasilkan jumlah buah jadi dengan persentase yang cukup tinggi pada umur dua minggu setelah persilangan terkontrol dilakukan. Jadi dalam hal ini hanya sedikit jumlah bunga betina yang gugur atau sebagian besar berhasil mengalami

penyerbukan. Menurut Daryanto dan Satifah (1987) bunga betina yang berhasil mengalami penyerbukan akan tetap melekat pada tangkai bunga dalam keadaan segar, selanjutnya akan terjadi proses pembuahan apabila tidak ada hambatan genetis seperti sterilitas dan inkompatibilitas.

Pada pengamatan umur satu bulan setelah penyerbukan, terjadi penurunan rata-rata jumlah dan persentase buah jadi yang sangat besar yaitu sekitar 25-100% dari total rata-rata jumlah bunga betina yang dilakukan penyerbukan terkontrol. Keguguran bakal buah dapat disebabkan oleh gagalnya pembentukan embryo yang terjadi, karena adanya hambatan genetis berupa *gametopotic incompatibility* yaitu perkembangan tabung sari menuju kantong embryo sehingga embryo tidak normal. Pengamatan lanjutan akan dilakukan pada buah hasil persilangan umur 2 bulan, 3 bulan dan saat panen umur 11 bulan.

### **Demplot dan Penyempurnaan Teknologi dan Manajemen Budidaya Kelapa Kopyor**

Dalam tahun pertama pelaksanaan kegiatan Hi-link kelapa kopyor (tahun 2012), pembuatan demonstrasi plot (Demplot) teknologi dan managemen budidaya kelapa kopyor telah dilakukan di Kabupaten Pati (3 lokasi) dan Kabupaten Lampung Selatan (2 lokasi). Tiga lokasi Demplot yang berada di Kabupaten Pati dan dua lokasi di Kabupaten Lampung Selatan sekaligus digunakan sebagai lokasi penelitian penyempurnaan teknologi dan managemen budidaya kelapa kopyor. Informasi lokasi demplot peningkatan produktifitas disajikan dalam Tabel 2.

Pada salah satu lokasi penelitian (Desa Sambiroto, Kecamatan Tayu, Kabupaten Pati), demplot penggunaan saluran drainase dan penebangan tegakan kelapa normal yang ada di antara tegakan kelapa kopyor heterosigot sebagai pendekatan pengelolaan kebun telah dilakukan untuk meningkatkan produksi buah total dan produksi buah kopyor pada pertanaman kelapa kopyor heterosigot.

Dalam kegiatan pembuatan Demplot Teknologi dan Manajemen Budidaya Kelapa Kopyor, kegiatan Hi-Link kelapa kopyor 2012 hanya menyediakan POB teknologi dan manajemen budidaya kelapa kopyor serta menyediakan sarana pupuk organik (kompos) dan pupuk majemuk (NPK), sedangkan pihak petani menyediakan lahan dan pertanaman kelapa kopyor serta tenaga kerja dan

prasaranan lainnya yang terkait dengan pembuatan demplot. Pihak Dinas Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Pati dan Dinas Perkebunan Kabupaten Lampung Selatan membantu secara teknis melalui tenaga lapangan yang membawahi lokasi tempat kegiatan demplot.

Tabel 2. Lokasi demonstrasi plot (demplot) dan penelitian penyempurnaan teknologi untuk peningkatan produktifitas kelapa kopyor

Lokasi	Pemilik	Kegiatan	Target kegiatan
<b>Kabupaten Pati, Jawa Tengah</b>			
Lokasi 1	H. Masykuri (anggota kelompok tani/ KT)	1. Demplot pemupukan 2. Penelitian pengembangan teknologi budidaya	1. Demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi pemupukan 2. Demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi polinotor lebah madu 3. Demplot pengelolaan tanaman dan kebun
Lokasi 2	H. Maghfuri, SAI. (ketua KT Sarono Makmur)	1. Demplot pemupukan 2. Penelitian pengembangan teknologi budidaya	1. Demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi pemupukan 2. Demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi polinotor lebah madu
Lokasi 3	Ibu Otik (anggota KT Sarono Makmur)	1. Demplot pemupukan 2. Penelitian pengembangan teknologi budidaya	1. Demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi pemupukan 2. Demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi polinotor lebah madu
<b>Kabupaten Lampung Selatan, Lampung</b>			
Lokasi 1	Desa Agom Jaya, Kec. Kalianda	1. Demplot pemupukan 2. Penelitian pengembangan teknologi budidaya	Demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi pemupukan
Lokasi 2	Desa Palem Bapang, , Kec. Kalianda	1. Demplot pemupukan 2. Penelitian pengembangan teknologi budidaya	Demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi pemupukan

Selain implementasi pemberian pupuk sesuai perlakuan yang diujikan, dalam tahun pertama penelitian (tahun 2012) juga telah dilakukan pengumpulan data awal produksi buah kelapa tahun berjalan dan penghitungan potensi produksi sebelum perlakuan teknologi dan manajemen budidaya dilakukan.

Tabel 3. Ringkasan kondisi pertanaman kelapa kopyor heterosigot yang digunakan untuk demplot dan penelitian penyempurnaan teknologi pemupukan menggunakan pupuk kandang dan pupuk majemuk (NPK). Data dasar diperoleh dari 12 tandan buah yang telah terbentuk sebelum dilakukan pemupukan di kebun kelapa kopyor Lokasi 1, Kabupaten Pati, Jawa Tengah

Perlakuan	Rataan Jumlah Tandan		Rataan jumlah	
	Kosong	Isi	Bunga Betina	Buah Jadi
PK+TNPK	3.0	6.6	8.6	6.2
PK+NPK	3.5	8.5	8.7	5.7
TPK+TNPK	2.8	9.3	8.5	5.6
TPK+NPK	4.3	7.7	8.7	6.2
Total	13.6	32.0	34.6	23.7

Keterangan:

TPK+TNPK= tanpa pupuk kandang dan tanpa NPK, TPK+NPK= tanpa pupuk kandang dan dengan NPK, PK+TNPK= dengan pupuk kandang dan tanpa NPK, PK+NPK= dengan pupuk kandang dan dengan NPK

Dampak positif setelah penerapan teknologi dan manajemen budidaya yang dilakukan pada tahun 2012 terhadap produksi buah kelapa total dan produksi buah kopyor baru akan dapat diukur pada tahun 2013 (tahun kedua). Pengumpulan data dampak penerapan teknologi dan manajemen budidaya kelapa kopyor akan dimonitor selama satu tahun setelah perlakuan.

### **Teknologi Budidaya Lebah Madu Berbasis Kelapa Kopyor Sebagai Polinator**

Dalam tahun pertama pelaksanaan kegiatan (tahun 2012), telah dilakukan sosialisasi tentang pemanfaatan lebah madu sebagai polinator yang efektif untuk pertanaman kelapa kopyor melalui diskusi langsung dengan anggota KUB/KT yang terlibat, baik di lokasi Kabupaten Lampung Selatan dan Kabupaten Pati. Kegiatan sosialisasi kepada anggota KUB/KT target telah dilakukan dalam dua kali kegiatan, yaitu: (1) Pada saat pemilihan lokasi demplot dan penentuan kebun pertanaman kelapa kopyor yang digunakan, dan (2) Pada saat penyampaian prosedur operasional baku (POB) tentang pemanfaatan lebah madu sebagai polinator pertanaman kelapa kopyor untuk peningkatan produksi buah kelapa.

Pada tahun pertama ini juga telah dilakukan pembuatan demplot pemanfaatan lebah madu sebagai polinator pertanaman kelapa kopyor untuk peningkatan produksi buah kelapa di Kabupaten Pati (5 lokasi) dan Kabupaten

Lampung Selatan (1 lokasi). Lima lokasi Demplot yang berada di Kabupaten Pati dan satu lokasi di Kabupaten Lampung Selatan sekaligus digunakan sebagai lokasi penelitian penyempurnaan teknologi pemanfaatan lebah madu sebagai polinator pertanaman kelapa kopyor untuk peningkatan produksi buah kelapa.

Dalam kegiatan pembuatan Demplot Teknologi pemanfaatan lebah madu sebagai polinator pertanaman kelapa kopyor untuk peningkatan produksi buah kelapa, kegiatan Hi-Link kelapa kopyor 2012 hanya menyediakan koloni lebah yang dapat digunakan sebagai polinator. POB teknologi dan manajemen budidaya lebah diakses dari petani lebah atau Perhutani setempat. Pihak petani menyediakan lahan dan pertanaman kelapa kopyor serta tenaga kerja dan prasarana lainnya yang terkait dengan pembuatan demplot. Pihak Dinas Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Pati dan Dinas Perkebunan Kabupaten Lampung Selatan membantu secara teknis melalui tenaga lapangan yang membawahi lokasi tempat kegiatan demplot.

Pada tahun pertama pelaksanaan juga telah dilakukan pengumpulan data awal produksi buah tahun berjalan dan penghitungan potensi produksi sebelum diintroduksikan pemanfaatan lebah madu sebagai polinator. Dampak pemanfaatan lebah madu sebagai polinator pertanaman kelapa kopyor untuk peningkatan produksi buah kelapa yang mulai dilakukan pada tahun 2012 baru akan dapat diukur pada tahun 2013 (tahun kedua). Pengumpulan data dampak pemanfaatan lebah madu sebagai polinator pertanaman kelapa kopyor untuk peningkatan produksi buah kelapa akan dimonitor selama satu tahun setelah perlakuan. Efektivitas pemanfaatan lebah madu sebagai polinator akan diukur dengan menghitung bunga yang berhasil menjadi buah jadi mulai umur 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan serta menghitung jumlah buah total dan jumlah buah kopyor pada saat buah dipanen.

Data jumlah bunga betina saat tandan pecah sampai umur buah jadi 3 bulan dan jumlah buah saat panen dihitung rataannya untuk mempelajari pola keberhasilan penyerbukan dan pembuahan tanaman setelah perlakuan dengan keberhasilan penyerbukan sebelum perlakuan. Selain itu juga dianalisis jumlah

buah kopyor yang dihasilkan sebelum perlakuan penempatan sarang lebah madu diberikan dan sesudahnya. Data tersebut baru akan terkumpul pada tahun 2013.

Tabel 4. Ringkasan kondisi pertanaman kelapa kopyor heterosigot yang digunakan untuk demplot dan penelitian penyerpurnaan teknologi pemanfaatan lebah madu sebagai polinator pertanaman kelapa kopyor untuk peningkatan produksi buah kelapa. Data dasar diperoleh dari 12 tandan buah yang telah terbentuk sebelum dilakukan introduksi koloni lebah madu di kebun kelapa kopyor Lokasi 3 (kebun milik H. Masykuri), Kabupaten Pati, Jawa Tengah

Perlakuan	Rataan Jumlah Tandan		Rataan jumlah	
	Kosong	Isi	Bunga Betina	Buah. Jadi
Ring 1	4.0	8.0	5.4	3.8
Ring 2	7.7	4.3	1.5	1.5
Ring 3	3.8	8.2	6.0	4.5
Total	15.5	20.5	12.9	9.8

Keterangan:

Ring 1-posisi pohon kelapa kopyor terdekat (kurang dari 5-10 m); Ring 2-posisi pohon kelapa kopyor di lingkaran kedua (antara 10-20 m); dan Ring 3-posisi pohon kelapa kopyor di lingkaran ketiga (lebih jauh dari 20 m) dari koloni lebah madu.

## KESIMPULAN

1. Jumlah bunga betina bervariasi antar genotipe kelapa Genjah Kopyor berbeda.
2. Jumlah buah jadi umur 2 minggu cukup tinggi dan menurun pada umur 1 bulan setelah persilangan terkontrol.
3. Perlakuan pemupukan diharapkan dapat mengatasi masalah fenomena ‘Nglakani’ dan meningkatkan produksi buah total dan kopyor per tandan.
4. Perbaikan teknik budidaya diharapkan dapat meningkatkan produksi buah kopyor.
5. Integrasi budidaya lebah madu diharapkan dapat meningkatkan jumlah buah jadi yang terbentuk secara alami, sehingga dapat meningkatkan persentase buah kopyor per tandan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Ditjen Dikti, Depdiknas yang telah menyediakan dana penelitian melalui Kegiatan Hi-Link-tahun 2012.

## DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto. S. Satifah. 1987. Biologi Bunga dan Penyerbukan Silang Buatan. PT. Gramedia. Jakarta.
- Mujer MV, Ramirez DA and Mendoza EMT. 1984. Coconut  $\alpha$ -D-Galactosidase isoenzim: Isolation purification and characterization. *Phytochemistry*. 23 (6) 1251–1254.
- Maskromo I dan H. Novarianto. 2007. Potensi genetik kelapa kopyor Genjah. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Vol. 29 No. 1.
- Maskromo, I. H. Novarianto dan Sudarsono. 2011 Fenologi pembungaan tiga varietas kelapa Genjah kopyor Pati. Prosiding Seminar Nasional PERHORTI 2011. Lembang, 23–24 November 2011. Halaman 1001–1009.
- Perera, P.I.P., V. Hocher , L.K. Weerakoon, D.M.D. Yakandawala,S.C. Fernando, J.-L. Verdeil 2010. Early inflorescence and floral Development in *Cocos nucifera* L.(Arecaceae: Arecoideae). South African Journal of Botany 76. 482–492.
- Samonte LJ, Mendoza EMT, Ilag LL, De La Cruz ND and Ramirez DA. 1989. Galactomannan degrading enzym in maturing normal and makapuno and germinating normal coconut endosperm. *Phytochemistry*. 28 (9) 2269-2273.
- Santos GA. 1999. Potensial use of clonal propagation in coconut improvement program. In Oropeza C, Verdiel JL, Ashburner GR, Cardena R, Samantha JM. Editors. Current advances in coconut biotechnology. Curret Plant Science and biotechnology in Agriculture Kluwer Academic Publisher London. Hlm 419 – 430.
- Sukendah 2009. Teknologi pembiakan kultur in vitro dan analisis molekuler pada tanaman kelapa kopyor (Disertasi) Bogor. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.

**PENGEMBANGAN DODOL TALAS PRODUKSI DESA LINGKAR  
KAMPUS IPB SEBAGAI PRODUK DAN OLEH-OLEH KHAS BOGOR**  
(Development of Taro Dodol of Lingkar Kampus Villages as Bogor Souvenir and  
Typical Product)

**Sutrisno Koswara, Nuri Andarwulan**

Pusat Pengembangan ILTEK Pertanian dan Pangan Asia Tenggara (Seafast Center)  
Lembaga penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, IPB dan Dep. Ilmu  
Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**ABSTRAK**

Kegiatan penelitian strategis aplikatif ini telah mempetakan profil atau karakteristik UKM dodol Lingkar Kampus dan Penjajagan kerjasama dengan UKM yang memproduksi dodol di 14 desa Lingkar Kampus IPB dengan skala komersial minimum. Yang terpilih adalah UKM Jaya rasa desa Cikarawang, Bogor. Pengurusan dan pendampingan Sertifikat Ijin Edar Produksi (PIRT) dodol bagi UKM Jaya Rasa telah dilakukan dan menghasilkan Sertifikat PIRT untuk produk dodol dengan Nomor P-IRT No. 206320101808 atas nama Bapak Anjay Bustomi. Dari kegiatan ini telah pula berhasil dikembangkan produk olahan dodol talas, dodol tape talas dan produk turunannya berupa coklat isi dodol talas (chocodolas). Produk-produk tersebut telah dilengkapi dengan kemasan yang representative untuk dijual sebagai produk khas dan oleh-oleh Bogor, antara lain dengan dilengkapi gambar/foto tempat parawisata di Bogor. Produk Chocodolas telah pula dilakukan pendaftaran merek dagang dan pendaftaran paten untuk dodol tape talas. Justifikasi dan uji coba produksi dodol talas produksi di Lokasi UKM Dodol telah dilakukan dengan produksi sekitar 10 kg per minggu. Pemasaran dodol talas, dodol tape talas dan chocodolas telah dilakukan dengan cara menitipkan di outlet-outlet toko, kantin dan sekolah sekitar 40 outlet. Untuk menunjang penjualan dan image produk telah pula dikembang toko online untuk penjualan produk.

Kata kunci: Dodol talas, dodol tape talas, chocodolas, sertifikat PIRT.

**ABSTRACT**

Mapping profiles of SMEs dodol in IPB Lingkar Kampus and assessments cooperation with SMEs that produce dodol in 14 villages with minimum commercial scale has been conducted. The selected SME was Jaya Rasa in Cikarawang, Bogor. Supporting and mentoring of PIRT Certificate of Jaya Rasa SME have been conducted and gained certificate of Home Production (PIRT) for dodol with No. No. P-IRT. 206320101808 in the name of SME owner Mr. Anjay Bustomi. This activity has also successfully developed products processed of taro dodol, fermented taro dodol and its derivatives in the form of chocodolas (Chocolate with dodol talas). These products have been equipped with a representative packaging to be sold as typical products and souvenir of Bogor, including pictures of specific and well known place or location in Bogor. Trademark registration for chocodolas and simple patent registration for fermented taro dodol has been conducted. Justification and trial production of taro dodol on SME location has been done with a production of about 10 kg per week. Marketing of taro dodol, fermented taro dodol and chocodolas has been done by deposit in outlets of stores and school canteens in about 40 outlets. To support the sales and image of the product has also developed an online store for selling the products.

Keywords: Taro dodol, fermented taro dodol, chocodolas, PIRT certificate.

## PENDAHULUAN

Talas (*Colocasia esculenta*) merupakan umbi-umbian lokal Indonesia yang masih belum digunakan dengan maksimal untuk diolah sebagai produk. Umbi talas memiliki keunggulan yang meliputi rendah lemak, bebas gluten, serta mudah dicerna. Kemudahannya untuk dicerna ini dikarenakan pati yang dimiliki oleh talas memiliki ukuran yang kecil. Selain itu, kandungan patinya juga cukup tinggi, yaitu 70-80 gram / 100 gram berat talas kering.

Salah satu produk olahan talas yang telah dikembangkan di Bogor, khususnya desa-desa lingkar kampus IPB adalah dodol talas. Salah satu UKM yang telah lama menggeluti usaha pembuatan dodol talas adalah UKM Sawargi di Desa Situgede, Bogor. Talas yang digunakan adalah talas bogor jenis bentul yang produksinya sangat melimpah di Bogor, sehingga dari sudut nama dan ketersediaan bahan baku potensial untuk diangkat sebagai makanan khas Bogor. UKM Sawargi tersebut memiliki permasalahan dengan daya awet dari produknya yang tidak cukup lama, yaitu hanya sekitar 1 minggu (7-10) saja, sehingga menghambat usaha pemasaran atau komersialisasinya. Kerusakan utamanya adalah tumbuhnya kapang bila telah mencapai waktu 1 minggu tersebut. Selain itu, bahan baku talas yang digunakan juga masih menggunakan talas bentul segar, sehingga produksi dodol talas masih belum terstandarisasi.

Dari hasil penelitian skala laboratorium yang telah dilakukan (Irsyad dan Koswara, 2011) umur simpan tersebut telah dapat ditingkatkan menjadi 32 hari. Peningkatan umur simpan ini masih perlu dijustifikasi pada skala UKM dalam bentuk produksi komersial rutin. Disamping itu permasalahan yang masih perlu diatasi adalah standarisasi proses, perbaikan disain kemasan yang memadai untuk tampil sebagai produk khas dan oleh-oleh Bogor, pembuatan izin edar dan pemasaran. Penelitian ini dirancang untuk memecahkan masalah-masalah tersebut sehingga dapat dihasilkan dodol talas produksi desa Situgede dan desa-desa lain di lingkar kampus Bogor sebagai produk khas daerah yang dapat dijadikan oleh-oleh khas Bogor.

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dan kebutuhan industri rumah tangga pangan dodol di Desa Cikarawang dan Situ Gede. Produk yang

dimiliki IRT ini masih belum memiliki nomor P-IRT, ruang produksi yang belum sesuai dengan CPPB (Cara Produksi Pangan yang Baik), label dan kemasan yang masih belum sesuai dengan tata cara pelabelan. Secara keseluruhan kegiatan ini merupakan pencapaian untuk menerapkan standardisasi formula, aspek legal, penyesuaian dengan CPPB agar menjadi produk industri rumah tangga yang lebih berkualitas dan memiliki jangkauan pasar yang luas.

## METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan meliputi bahan-bahan untuk pembuatan dodol talas, antara lain Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain talas bentul, gula, gula merah, santan, garam, mentega, tepung ketan putih. Bahan lain adalah kemasan yang akan didisain dan dicetak dalam bentuk kemasan komersial (karton dan plastik). Sedangkan peralatan yang digunakan adalah peralatan unit produksi dodol talas di UKM.

Kegiatan ini terutama dilaksanakan di tempat UKM Sawargi dan UKM Jaya Rasa, Cikarawang dan produsen dodol lainnya yang akan diseleksi dari 14 desa lingkar kampus. Disamping itu digunakan pula pilot plant dan laboratorium Seafast Center sebagai tempat pelatihan penyebarluasan paket teknologi dodol talas standard dan pengujian produk.

Kegiatan riset ini dilaksanakan dengan membaginya menjadi beberapa sub atau tahap kegiatan sebagai berikut:

- a. Pemetaan profil atau karakteristik UKM dodol Lingkar Kampus dan Penjajagan kerjasama dengan UKM yang memproduksi dodol di 14 desa Lingkar Kampus IPB dengan skala komersial minimum.
- b. Pengurusan dan pendampingan Sertifikat Ijin Edar Produksi (PIRT) dodol bagi UKM yang memenuhi kriteria produksi komersial dan bisa diajak kerjasama.
- c. Pengembangan produk olahan dodol talas, dodol tape talas dan produk turunannya yang potensial
- d. Desain kemasan produk dan pengembangan produk dodol talas yang layak dijadikan produk khas dan oleh-oleh Bogor.
- e. Pendaftaran merek dagang produk olahan dodol talas dan nama industrinya.

- f. Pendaftaran paten Produk Olahan Dodol Talas (dodol tape Talas).
- g. Justifikasi dan uji coba produksi di dodol talas di Laboratorium dan pilot plant
- h. Disain produksi dodol talas (bahan baku, formula dan cara pengolahan) dan Uji coba produksi di Lokasi UKM Dodol.
- i. Pengemasan dan Pemasaran dodol talas dan hasil olahan atau produk turunan dodol talas di wilayah Bogor.
- j. Pengembangan toko online yang menjual dodol talas dan produk turunannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Mempelajari Karakteristik Industri Rumah Tangga Pangan Dodol di Desa Cikarawang, dan Situ Gede, Bogor**

Dari kegiatan ini telah dilakukan survai dan pemetaan UKM yang memproduksi dodol atau bisa memproduksi dodol talas di 14 desa Lingkar Kampus IPB. Hasilnya ditemukan 1 UKM yang memproduksi dodol talas yaitu Kelompok Usaha SAWARGI di Desa Situgede, Kota Bogor dan 1 UKM yang dapat memproduksi Dodol Talas yaitu UKM Dodol Jaya Rasa di Desa Cikarawang Kabupaten Bogor. Dari pertimbangan kapasitas produksi dan rutinitas produksi dipilih UKM Jaya Rasa desa Cikarawang Bogor sebagai UKM produsen dodol talas, dodol tape talas dan hasil olahannya (produk turunan dodol talas) yang akan dikembangkan menjadi produk dan oleh-oleh khas Bogor. UKM Sawargi tidak memproduksi dodol talas secara rutin (hanya berdasarkan pesanan) dengan kapasitas kecil (5 kg per hari) sedangkan UKM Jaya Rasa telah memproduksi dodol secara rutin setiap hari dengan produksi minimal 60 bungkus per hari berat 0.5 kg atau 30 kg per hari. Dalam satu bulan UKM Jaya Rasa dapat memproduksi dodol sebanyak 340 kg.

### **Sertifikasi Produk Dodol dalam Skala Industri Rumah Tangga Pangan (BPOM 2003)**

Kegiatan ini telah berhasil memfasilitasi ijin edar produk dodol untuk UKM Jaya Rasa Cikarawang Bogor. Ijin edar serupa Sertifikat Produksi Industri Rumah Tangga untuk UKM Jaya Rasa Desa Cikarawang Bogor yang dikeluarkan oleh Dinas Kesehatan kabupaten bogor telah diperoleh. Sertifikat PIRT tersebut telah diserahkan oleh Rektor IPB, Prof. Dr. Herry Suhardiyanto, MSc pada acara Jumat

Keliling 2012 di Desa Cikarawang Bogor tanggal 4 Mei 2012. Produk yang mendapatkan SPP-IRT adalah Dodol dengan Nomor P-IRT No. 206320101808 atas nama Bapak Anjay Bustomi. Bapak Anjay telah didampingi oleh tim peneliti SEAFAST Center untuk mendapatkan SPP-IRT tersebut. Dengan dikeluarkannya SPP-IRT tersebut diharapkan pelaku UKM mampu memperluas pemasaran produk tersebut karena telah mendapatkan jaminan keamanan pangan dari pemerintah (dinas kesehatan).



Gambar 1. Penyerahan sertifikat PIRT dari Dinas Kesehatan Kab. Bogor untuk UKM Dodol Jaya Rasa Cikarawang oleh Rektor IPB Prof. Herry Suhardiyanto pada acara Jumat Keliling 4 Mei 2012.

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan sertifikat izin edar produk tersebut meliputi: pengajuan Permohonan SPP-IRT, Penyuluhan Keamanan Pangan, Pendampingan dan Pelaksanaan Proses Sertifikasi.

### **Perbaikan Proses Produksi dan Pengembangan Produk**

UKM Jaya Rasa di desa Cikarawang dipilih untuk mengembangkan produk dodol talas karena memiliki fasilitas produksi yang memadai serta dapat memproduksi dodol secara rutin setiap hari sebanyak 30 kg. Fasilitas utama dalam UKM ini adalah tungku pengaduk lengkap dengan ketelnya sebanyak 3 buah, terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tungku pemasak dodol dan proses pemasakan dodol talas di UKM Dodol Jaya Rasa Desa Cikarawang, Bogor.

Perbaikan proses yang dilakukan pada UKM Jaya Rasa dalam memproduksi dodol talas adalah penggunaan nampan untuk menempatkan dodol setelah dimasak, yang sebelumnya tidak dilakukan. Nampan tersebut kemudian ditutup plastik sehingga menjadi lebih higienis. Proses sebelum dan sesudah penggunaan nampan dapat dilihat pada Gambar 3.

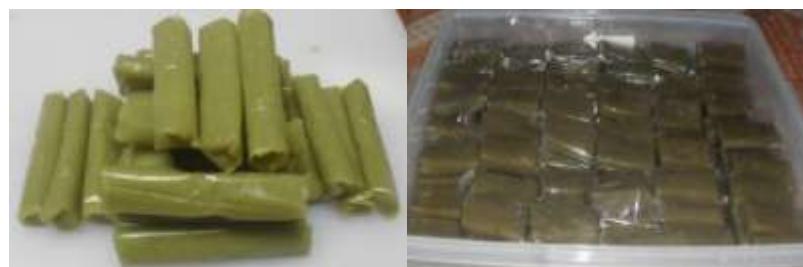


Gambar 3 .Perbaikan proses dengan penggunaan nampan tertutup sehingga lebih higienis.

Sedangkan dalam pengembangan produk telah berhasil dikembangkan produk dodol talas dan turunannya sebagai berikut:

#### a. Pengembangan Formula Dodol Tape Talas

Produk dodol talas yang dihasilkan dari desa Situgede dan kemudian dikembangkan di Cikarawang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Dodol talas produksi Desa Situgede (kiri) dan Desa Cikarawang (kanan).

Untuk meningkatkan umur simpan, telah berhasil pula dikembangkan dodol tape talas. Proses pembuatannya sama dengan dodol talas, hanya talas lebih dahulu difermentasi menjadi tape talas, kemudian baru diolah menjadi dodol. Produk ini memiliki cita rasa khas (asam manis) dan mempunyai daya simpan yang lebih lama, atau sekitar 2 bulan pada suhu ruang. Proses fermentasi juga dapat mengurangi kandungan asam oksalat yang menyebabkan rasa gatal pada talas.

Tape talas dibuat dengan prosedur sama seperti pembuatan tape singkong pada umumnya. Tahap-tahap pembuatannya meliputi pengupasan, pengirisian, pengukusan, penambahan ragi, dan fermentasi. Produk dodol tape talas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Produk Dodol Tape Talas hasil pengembangan.

Produk dodol tape talas merupakan produk yang mirip dengan Suwar-suwar yaitu produk sejenis dodol yang terbuat dari tape singkong dan gula. Suwar-suwar merupakan produk dan ikon khas kota Jember. Diharapkan dodol tape talas juga akan menjadi jenis produk khas Bogor.

Pembuatan dodol tape talas dilakukan dengan memasak santan dan gula secara bersamaan sampai kental setelah itu ditambahkan tape talas sampai terbentuk tekstur yang diinginkan dan mengeluarkan minyak. Karakteristik yang membuat dodol tape talas ini awet adalah nilai pH-nya yang rendah yaitu 4.01 dan Aw 0.81.

### b. Pengembangan Kemasan dan Produk Turunan Dodol Talas

Dodol talas yang dihasilkan dikemas dalam kemasan yang dapat menunjukkan ciri khas Bogor. Konsep kemasan yang dikembangkan meniru kemasan dodol yang telah ada di pasar tetapi dilengkapi dengan ikon khas Bogor.

Konsep yang dikembangkan adalah menyertakan tempat-tempat atau obyek wisata khas Bogor ke dalam kemasan, seperti Kebun Raya Bogor, Gunung Salak, Istana Bogor dan Tugu Kujang yang diseduaikan dengan rasa atau varian dodol talas yang diproduksi. Konsep kemasan dengan edisi parawisata dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Konsep Kemasan Dodol Talas dan dodol Tape Talas edisi Parawisata (Gunung Salak dan Tugu Kujang).

Dalam penggunaannya, dodol talas dikemas dalam kemasan karton 200 gram yang tersedia dalam 3 varian yaitu original, rasa duren dan wijen. Kemasan didisain dengan seri pariwisata Bogor yang menampilkan obyek-obyek parawisata atau obyek-obyek khas di Bogor.

Untuk keperluan uji produksi dan pemasaran telah dilakukan pencetakan kemasan baik untuk kemasan utama maupun kemasan ekonomis, serta kemasan untuk produk turunan dodol talas. Jumlah kemasan masing-masing adalah sebagai berikut:

- Kemasan dodol talas edisi parawisata (1.000 pcs)
- Kemasan dodol talas 500 g (LPPM-IPB, 1.000 pcs), merupakan kemasan sticker untuk dodol talas  $\frac{1}{4}$  kg yang merupakan bantuan LPPM IPB dimana UKM Jaya Rasa telah tergabung dalam Kelompok Usaha bersama Lingkar Kampus yang dikelola LPPM IPB.
- Kemasan Chocodolas (3.000 pcs)

Beberapa tahun ini telah berkembang produk coklat yang diisi dengan dodol Garut yang dipasaran dikenal dengan berbagai nama seperti Chocodot, Chocdot

dan lain-lain. Produk inovatif tersebut ternyata mempunyai pasaran sendiri dan berkembang dengan pesat sehingga banyak melahirkan UKM di daerah Garut dan sekitarnya. Berdasarkan hal tersebut, maka untuk dodol talas dan tape dodol talas telah dikembangkan pula produk turunan dodol talas berupa dodol talas yang dilapisi coklat yang diberi nama *Chocodolas (Chocolate with Dodol Talas)*. Chocodolas tersedia dalam dua varian yaitu (a) bentuk bar (Gambar 7 (a)) dan (b) bentuk fraline (Gambar 7 (b)).



Gambar 7. Produk Coklat dengan dodol talas (Chocodolas) bentuk bar (a) dan fraline (b).

Proses pembuatan chocodolas sangat sederhana dan tidak memerlukan peralatan yang rumit. Prospek pasarnya sangat baik dengan potensi keuntungan sampai 50% dari modal. Melihat potensi ini maka telah dibuat chocodolas bar dengan harga jual Rp5.000 per batang dan chocodolas fralin dengan harga jual Rp1.000 per buah. Dari uji pemasaran ternyata produk ini jauh lebih cepat laku dibandingkan dengan dodol talas dan dodol tape talas. Hal ini kemungkinan karena adanya bahan coklat yang lebih dikenal masyarakat dan produk ini per kemasan lebih murah dibanding dengan dodol talas (Rp12.000 per kemasan). Kapasitas produksi chocodolas bar yang telah dapat dikembangkan adalah 100 bar atau batang per hari. Dengan demikian diharapkan produksi chocodolas dapat meningkatkan permintaan pasar dan jumlah produksi dodol talas.

### Pendaftaran Merek dan Paten

Dari aspek HAKI, telah dilakukan Pendaftaran Merek dan Paten Sederhana di Direktorat Jenderal Hak Kekayaan Intelektual, Departemen Hukum dan Hak Asasi Manusia. Karena prospek pasarnya sangat baik maka merek telah yang

didaftarkan adalah produk turunan dodol talas yaitu Chocodolas (Chocolate with Dodol Talas) dengan nomor permohonan atau pendaftaran merek D002012026325. Etiket merek dagang yang didaftarkan dapat dilihat pada Gambar 8. Sedangkan untuk pendaftaran paten sudah dilakukan pendaftaran paten sederhana untuk dodol tape talas.



Gambar 8. Etiket merek Chocodolas (Chocolate with Dodol Talas) yang telah diregistrasi di Departemen Hukum dan HAM.

### **Uji Coba Produksi dan Pemasaran**

Setelah melalui penyesuaian hasil penelitian sebelumnya dan melakukan uji coba produksi skala *pilot plant* dan skala UKM di tempat pembuatan dodol di UKM Jaya Rasa maka telah berhasil ditetapkan satu formula dodol talas untuk diproduksi secara komersial. Formula tersebut terdiri atas penggunaan talas kukus, tepung ketan, gula pasir, gula merah, margarine, garam dan vanili untuk membuat dodol talas original. Sedangkan untuk rasa durian ditambahkan perisa durian dan untuk dodol talas tabor wijen ditambahkan wijen sangray. Pada tahap awal dengan formula yang telah disepakati tersebut, kemudian diproduksi dodol talas sebanyak 10 kg per hari untuk dikemas dan diproduksi menjadi produk turunan dodol talas yaitu Chocodolas.

Dodol talas dan Chocodolas yang diproduksi dikemas dalam kemasan yang memadai (printer berwarna, baik karton maupun *art paper*) dan dijual dengan cara titip jual di kantin-kantin yang ada di lingkungan kampus IPB maupun bazaar yang di adakan oleh UKM lingkar kampus di bawah koordinasi LPPM IPB. Sampai saat ini sudah 5 kantin yang menjual produk dodol talas chocodolas.

Hasil uji coba pemasaran dan penerimaan konsumen menunjukkan bahwa produk yang paling prospektif untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai produk dan oleh-oleh khas Bogor adalah *Chocodolas (Chocolate with Dodol Talas)* dengan rata-rata penjualan 10-15 bungkus per hari per outlet baik bentuk bar maupun fraline. Untuk memperluas pasar dan mewujudkan dodol talas sebagai produk khas Bogor maka dodol talas tersebut perlu dikembangkan dalam bentuk produk turunan atau dipadu dengan coklat yang dinamakan Chocodolas. Usaha tersebut dilakukan dengan melakukan pencetakan kemasan Chocodolas bar sebanyak 3000 eksemplar dan pembelian kemasan fralin sebanyak 1.000 buah.

Selanjutnya telah dilakukan atau ditetapkan bentuk penjualan Chocodolas bar dan fraline masing-masing dalam wadah yang representative untuk penjualan. Pemasaran dilakukan dengan cara menaruh produk di toko-toko, terutama took kue dan kantin (kampus dan sekolah). Target pasar yang telah dijajagi adalah sekolah-sekolah di wilayah Bogor, toko oleh-oleh dan toko makanan ringan (snack) dengan sebanyak 40 outlet penjualan.

### **Pembuatan Toko Online**

Toko online diperlukan untuk mengembangkan image produk, disamping diharapkan adanya pembelian secara online dari seluruh wilayah Indonesia. Toko online yang telah dikembangkan diberinama <http://www.chocodolas.com>. Dalam website took online tersebut akan dijual berbagai jenis produk dodol talas dan turunannya, terutama chocodolas (coklat dodol talas).

Meskipun pemasarannya lambat produksi dan pemasaran dodol dalam kemasan dan target pasar sama dengan dodol picpic tetap dilakukan. Usaha untuk mengatasi kendala ini atau untuk mempercepat pemasaran dilakukan dengan membuat kemasan yang lebih sederhana dan harga lebih murah serta mengembangkan produk turunan dodol talas berupa dodol tape talas dan Coklat dengan dodol talas (Chocodolas) yang ternyata sangat diminati pasar.

### **KESIMPULAN**

Dari kegiatan penelitian strategis aplikatif ini telah dilakukan pemetaan profil atau karakteristik UKM dodol Lingkar Kampus dan Penjajagan kerjasama

dengan UKM yang memproduksi dodol di 14 desa Lingkar Kampus IPB dengan skala komersial minimum. Yang terpilih adalah UKM Jaya Rasa Desa Cikarawang, Bogor. Pengurusan dan pendampingan Sertifikat Ijin Edar Produksi (PIRT) dodol bagi UKM Jaya Rasa telah dilakukan dan menghasilkan Sertifikat PIRT untuk produk dodol dengan Nomor P-IRT No. 206320101808 atas nama Bapak Anjay Bustomi. Dari kegiatan ini telah pula berhasil dikembangkan produk olahan dodol talas, dodol tape talas dan produk turunannya berupa coklat isi dodol talas (chocodolas). Produk-produk tersebut telah dilengkapi dengan kemasan yang representative untuk dijual sebagai produk khas dan oleh-oleh Bogor, antara lain dengan dilengkapi gambar/foto tempat parawisata di Bogor (Tugu Kujang, Gunung Salak, Kebun Raya dan Istana Bogor). Produk Chocodolas telah pula dilakukan pendaftaran merek dagang di Departemen Hukum dan HAM RI. Justifikasi dan uji coba produksi dodol talas di Laboratorium dan pilot plant, serta disain produksi dodol talas (bahan baku, formula dan cara pengolahan) dan uji coba produksi di Lokasi UKM Dodol telah dilakukan dengan produksi sekitar 10 kg per minggu. Pemasaran dodol talas, dodol tape talas dan chocodolas telah dilakukan dengan cara menitipkan di outlet-outlet toko, kantin dan sekolah sekitar 40 outlet. Untuk menunjang penjualan dan image produk telah pula dikembang toko online untuk penjualan produk.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dir. Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, RI dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, IPB atas dana diberikan bagi terlaksananya penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bappeda Bogor. 2008. [www.bogorkab.go.id](http://www.bogorkab.go.id) [21 Januari 2011].
- Irsyad. 2011. Pengaruh Penggunaan Tepung Talas dalam Pembuatan Dodol Talas terhadap Umur Simpan Produk. Skripsi (dibawah bimbingan Koswara, S). Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas teknologi Pertanian, IPB.

Koswara, S dan Andarwulan, N. 2010. Peningkatan Mutu dan keamanan Pangan UKM Pangan di 14 Desa Lingkar Kampus. Laporan Akhir Penelitian. LPPM IPB. Bogor.

LPPM IPB. 2009. Survei Awal Kegiatan Bhakti Sosial IPB Desa-desa Lingkar Kampus.

**KOLABORASI BARRIER JAGUNG DAN KITOSAN UNTUK  
PENGENDALIAN *Bean common mosaic virus* DAN SERANGGA  
VEKTORNYA *Aphis craccivora* Koch DI LAPANG**

(Collaboration of Maize Barrier and Chitosan to Control *Bean common mosaic virus* and Its Vector *Aphis craccivora* Koch on Yard long bean in the Field)

**Tri Asmira Damayanti, Sugeng Santoso**  
Dep. Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB.

**ABSTRAK**

*Bean common mosaic virus* (BCMV) adalah virus yang merugikan pada kacang panjang saat ini. Penelitian bertujuan menguji keefektifan tanaman *barrier* jagung dan kitosan dalam menekan BCMV dan vektornya di lapang. Ada 4 perlakuan yang diuji yaitu kontrol (A), Perlakuan *barrier* jagung dan kitosan (B), Perlakuan *barrier* jagung (C) dan Perlakuan kitosan (D). Jagung ditanam 4 minggu sebelum kacang panjang dan kitosan diaplikasikan dengan perlakuan benih sebelum tanam dan penyemprotan daun 1 hari sebelum dan 2 minggu. Sekali sesudah penularan virus. Penularan virus dilakukan dengan melepas *viruliferous* kutudaun bersayap ke pertanaman. Perlakuan B, C dan D menunjukkan mampu menekan insidensi dan keparahan penyakit sampai 4 minggu setelah inokulasi virus (4 MSI) jika dibandingkan kontrol. Namun, pada 6-8 MSI semua perlakuan tidak mampu menekan virus. Perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap populasi kutudaun. Deteksi serologi dan asam nukleat menunjukkan bahwa selain BCMV, terdeteksi virus-virus lain yang menginfeksi alami di lapang bersama BCMV yaitu CMV, *Geminivirus*, dan *Palerovirus*, sedangkan *Luteovirus* menginfeksi terpisah. Infeksi ganda beberapa virus melalui kutudaun dan kutu kebul dengan sifat penularan yang berbeda menyebabkan gejala yang sangat parah, sehingga perlakuan tidak mampu menekan infeksi virus lainnya. Penelitian ini menemukan *Palerovirus* baru yang terdeteksi menginfeksi kacang panjang.

Kata kunci: BCMV, *Barrier crop*, kitosan, kacang panjang.

**ABSTRACT**

*Bean common mosaic virus* (BCMV) is a devastating virus on yard long bean at present. The aim of the research is to test the effectiveness of maize as barrier crop and chitosan to suppress BCMV and its vector in the field. The 4 treatments which consist as (A) control, (B) maize as barrier and chitosan, (C) barrier only and (D) chitosan only. Maize cultivated 4 weeks prior yard long bean. Chitosan applied as seed treatment and leaf spraying at one day before viral transmission and every 2 weeks after. BCMV transmitted via releasing viruliferous aphids in the field. Up to 4 weeks post inoculation (WPI), treatment B, C and D able to reduce the disease incidence and severity in compared with control. However, at 6-8 WPI all treatments unable to suppress the virus(es). All treatments did not have any effect on aphid population. Serological and molecular detection showed that CMV, *Geminivirus*, and *Palerovirus* detected together with BCMV, while *Luteovirus* was not. Multiple infection of several viruses facilitated by aphid and whitefly which have different transmission modes causing severe symptoms with the result that the control treatments unable to suppress the infection. The present of *Palerovirus* on yard long bean is the first evidence.

Keywords: BCMV, barrier crop, chitosan, yard long bean.

## PENDAHULUAN

Kacang panjang (*Vigna sinensis* var. *sesquipedalis*) adalah salah satu tanaman sayuran yang dikenal luas sebagai salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia.

Sekitar tahun 2008, terjadi *outbreak* penyakit mosaik kuning di pertanaman kacang panjang di Jawa. Insidensi penyakit ini di lapang mencapai 80-100% (Damayanti *et al.* 2009; Damayanti *et al.* 2010). Penyakit ini sudah menyebar luas di lapang, sehingga banyak petani di Bogor sementara ini menghentikan menanam kacang panjang.

Berdasarkan hasil identifikasi dan karakterisasi sifat bioekologi dan molekuler virus mosaik kuning yang ditemukan di Bogor ini disebabkan oleh *Bean common mosaic virus* strain *black eye* dan *Cucumber mosaic virus* yang menginfeksi secara ganda atau tunggal (Damayanti *et al.* 2009). Infeksi ganda keduanya pada kacang baru pertama kali ditemukan terjadi di Indonesia, namun sebelumnya penyakit yang sama telah dilaporkan terjadi di Georgia (Gillaspie *et al.* 1998) dan menghancurkan plasma nutrimental kacang panjang di Taiwan (Chang *et al.* 2002). Infeksi tunggal virus tersebut juga menimbulkan gejala kuning, namun intensitas gejala lebih parah jika terjadi infeksi ganda keduanya.

Penularan dan penyebaran kedua virus difasilitasi oleh adanya serangga vektor kutudaun di lapang dan terbawa benih. Sehingga pengendalian virus sulit dilakukan sampai saat ini. Oleh karena itu berbagai komponen upaya pengendalian perlu dikaji sebagai upaya mitigasi penyakit di lapang.

Kitosan merupakan polisakarida yang diperoleh dari kulit terluar dari krustacea seperti kepiting dan udang (Sandford & Hutchings, 1987; Sandford, 1989). Kitosan mempunyai muatan positif dengan banyak polimer yang secara fisiologis dan biologis unik dan digunakan dalam berbagai bidang industri seperti tata rias (*lotion* dan krim wajah), makanan (pengawet, antioksidan, antimikroba), bioteknologi, farmakologi dan obat-obatan serta pertanian (fungisida, elisitor) (Ren *et al.* 2001). Kitosan memiliki kemampuan memicu berbagai jenis respon ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen, seperti akumulasi fitoaleksin, *pathogenesis related protein* (PR), proteinase inhibitor, sintesa lignin dan

pembentukan kalus (Hadrami *et al.* 2010). Sedangkan pemanfaatan tanaman *barrier* dilaporkan mampu melindungi tanaman dari infeksi virus tular kutudaun secara non-persisten seperti CMV, PVY dan ChiVMV pada cabai serta virus-virus lainnya (Cerruti & Fereres, 2006).

Pengujian di rumah kaca secara independen menunjukkan bahwa jagung sebagai *barrier* dan kitosan yang disemprotkan pada daun dan atau perlakuan benih efektif menekan insidensi dan keparahan penyakit mosaik (BCMV) (Suryadi *et al.* 2008; Haryanto, 2010). Aplikasi kitosan pada daun mempengaruhi kemampuan kutudaun (*Aphis craccivora*) didalam menularkan BCMV di rumah kaca. Kitosan menunjukkan bersifat *antifeedant* dan menghambat perkembangan populasi kutudaun (Megasari, 2012; data belum dipublikasikan). Namun, keefektifan di lapang belum diketahui, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menguji keefektifan penggunaan tanaman *barrier* jagung dan kitosan dalam menekan infeksi BCMV di lapang.

## METODE PENELITIAN

### Lahan dan Tanaman

Lahan dipilih yang biasa ditanami kacang panjang di Situgede, Darmaga Bogor berukuran 1000 m<sup>2</sup> yang dibagi dalam beberapa petak untuk petak perlakuan dan petak kontrol. Masing-masing perlakuan terdiri dari 7 petak ulangan.

Tanaman jagung ditanam 4 minggu lebih awal dari tanaman kacang panjang. Jagung ditanam mengitari petak tanaman perlakuan yang diatur secara acak.

### Sumber Inokulum

Sumber inokulum virus diperoleh dari lapang dan diisolasi pada tanaman *Chenopodium amaranticolor* sampai mendapatkan BCMV saja. Konfirmasi BCMV strain *black eye* (BIC) dilakukan melalui sequencing. Inokulum BCMV BIC diperbanyak pada tanaman kacang panjang kultivar Parade.

## Perbanyak Serangga Vektor

*Aphis craccivora* Koch diambil dari lapang dan dibebasviruskan pada tanaman talas selama semalam. Kemudian, keturunan kutudaun yang lahir dipindahkan ke tanaman kacang panjang sehat dan dipelihara didalam kurungan kasa sampai siap dipergunakan.

## Perlakuan

Berdasarkan hasil pengujian di rumah kaca, *barrier crop/tanaman penghalang* terbaik menekan infeksi BCMV adalah jagung. Tanaman jagung ditanam terlebih dahulu 4 minggu sebelum penanaman kacang panjang. Perlakuan terdiri dari 4, yaitu perlakuan:

A = kontrol tanpa perlakuan

B = Perlakuan *barrier crop* dan kitosan

C = Perlakuan *barrier crop* tanpa kitosan

D = Perlakuan kitosan, tanpa *barrier crop*

Tiap perlakuan terdiri dari 7 petak ulangan, dan tiap petak terdiri dari sekitar 100 tanaman.

Sebelum ditanam, benih kacang panjang direndam dalam suspensi kitosan 1% selama 3 jam. Kemudian, benih ditanam pada lahan perlakuan. Untuk kontrol, benih hanya direndam dengan air. Penyemprotan kitosan dilakukan sehari sebelum inokulasi virus pada seluruh tanaman perlakuan dan diulang dengan interval 2 minggu sampai tanaman berumur 8 minggu.

Kutudaun dewasa dipindahkan ke tanaman terinfeksi BCMV untuk makan akuisisi dan dibiarkan berkembangbiak sampai muncul populasi kutudaun bersayap (sekitar 2 minggu). Inokulasi virus dilakukan semi-alami dengan menempatkan beberapa pot tanaman sakit dimana pada tanaman tersebut kutudaun dibiarkan hidup pada tanaman sakit sebelumnya sampai menghasilkan populasi kutudaun bersayap. Sehingga, infeksi virus terjadi secara alami melalui kutudaun bersayap yang mengandung virus.

## Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati adalah insidensi dan keparahan penyakit tiap 2 minggu setelah perlakuan, akumulasi virus/titer virus, populasi kutudaun setiap 2 minggu pada tanaman kontrol dan perlakuan.

**Kejadian Penyakit.** Kejadian penyakit yang dihitung dengan menggunakan rumus:

—

dimana: KP = Kejadian Penyakit

n = Jumlah tanaman yang menunjukkan gejala daun kecil

N = Jumlah tanaman yang diamati

**Keparahan Penyakit.** Keparahan penyakit ditentukan dengan menggunakan skala yang digunakan oleh Kurnianingsih (2010) sebagai berikut:

0 = Tanaman tidak menunjukkan gejala

1 = Gejala mosaik ringan disertai pemucatan tulang daun

2 = Gejala mosaik sedang

3 = Gejala mosaik berat

4 = Gejala mosaik berat dengan malformasi daun yang parah, kerdil, atau mati.

Persentase keparahan penyakit dihitung menggunakan rumus;

---

dimana:  $n_i = \Sigma$  tanaman dengan skor i

$v_i =$  skor i

$N = \Sigma$  tanaman uji

$V =$  skor keparahan tertinggi

**Deteksi Serologi dengan ELISA.** Deteksi BCMV dan virus lain yang menginfeksi alami dilakukan pada sampel yang diambil pada 4 MSI. Deteksi serologi menggunakan antiserum untuk mengetahui infeksi virus alami yang terjadi setelah perlakuan. Adapun antiserum yang digunakan adalah BCMV (Agdia) dan CMV (DSMZ). Deteksi serologi menggunakan manual sesuai dengan manual/ketentuan yang dibuat oleh produsen antiserum.

## Deteksi Asam Nukleat Dengan PCR

**Ekstraksi Asam nukleat.** Deteksi virus-virus lainnya yang diduga menginfeksi secara alami dilakukan dengan deteksi asam nukleat karena tidak tersedianya antiserum komersial. RNA total diekstraksi menggunakan Xprept *Plant total RNA mini kit* (JMC, Korea), sedangkan total DNA diekstraksi secara manual menggunakan metode ekstraksi Dellaporta (Dellaporta *et al.* 1983).

**Konstruksi cDNA.** cDNA dibuat menggunakan enzim reverse transkriptase (Revertaid, Thermo Fermentas) sesuai dengan protokol yang disediakan produsen enzim.

**Amplifikasi DNA.** DNA diamplifikasi dengan PCR menggunakan beberapa pasang primer yaitu primer universal *Geminivirus* (Rojas *et al.* 1993), *Palerovirus* (Correa *et al.* 2005), *Luteovirus* (Zhi-qiang *et al.* 2000), CMV subgrup IB (Aramburu *et al.* 2007), BCMV-BLC (Damayanti, belum dipublikasikan) dan *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CaBMV).

**Visualisasi DNA.** DNA hasil amplifikasi PCR diseparasi dengan mengelektroforesis DNA pada 1% gel agarose Tris-Borate EDTA (TBE) yang mengandung ethidium bromide (0.5 ug/ml) selama 30 menit pada 100 Volt. Sebagai penanda ukuran DNA digunakan 1 kbp plus DNA ladder (Invitrogen). Visualisasi DNA dilakukan dibawah UV iluminator dan didokumentasi dengan kamera digital.

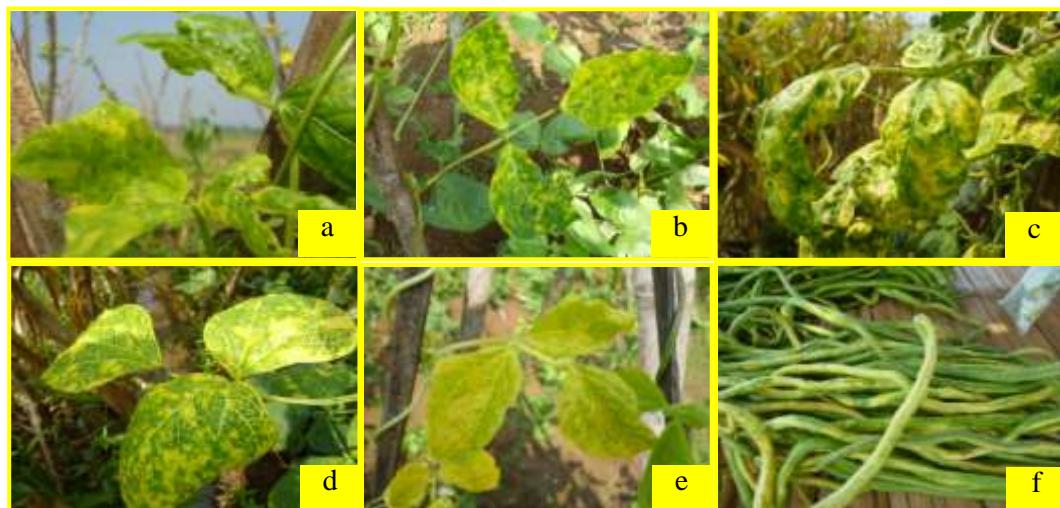
## Analisis Data

Percobaan dirancang dengan rancangan acak kelompok, terdiri dari 4 perlakuan dan tiap perlakuan terdiri dari 7 petak ulangan. Perlakuan yang diuji yaitu kontrol (A), perlakuan *barrier crop* & kitosan (B), *barrier crop* tanpa kitosan (C) dan kitosan tanpa *barrier crop* (D). Semua data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA, dan dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Gejala.** Gejala infeksi BCMV melalui kutudaun bersayap berupa mosaik ringan. Namun gejala lanjut menunjukkan perubahan dan variasi menjadi mosaik

kuning parah, kuning, daun menggulung ke arah dalam, tulang daun menguning (*vein yellowing*) dan polong yang dihasilkan menunjukkan gejala mosaik dan kelainan bentuk (malformasi) (Gambar 1). Variasi gejala yang tinggi ini diduga karena terjadinya infeksi ganda beberapa virus yang terjadi secara alami.



Gambar 1. Variasi gejala yang ditemukan di lapang berupa (a) mosaik kuning, (b) *cupping*, (c) menggulung ke bawah, (d) *vein-yellowing*, (e) kuning dan (f) mosaik pada polong.

**Insidensi Penyakit.** Berdasarkan pengamatan, pada 2-8 MSI menunjukkan bahwa insidensi semakin meningkat dan mencapai maksimum pada 8 MSI. Pada 2 MSI, insidensi masih rendah dan tidak berbeda nyata antar perlakuan. Pada 4 MSI, insidensi tanaman perlakuan B, C, dan D lebih rendah dibandingkan kontrol tanpa perlakuan (A), terutama perlakuan D. Namun, pada 6 dan 8 MSI, insidensi penyakit sangat tinggi hampir mencapai 100% (Tabel 1).

**Keparahan Penyakit.** Pada 2 MSI, keparahan penyakit relatif rendah, namun semakin meningkat pada 4 MSI. Pada 4 MSI, semua perlakuan menunjukkan keparahan penyakit yang nyata lebih rendah jika dibandingkan kontrol. Pada 6 dan 8 MSI, keparahan penyakit sama dengan insidensi (Tabel 1, data tidak ditampilkan); dimana gejala sudah sangat parah dan gejala khas infeksi BCMV sulit ditemukan. Penghambatan penyakit karena perlakuan hanya terlihat sampai 4 MSI; dimana semua tanaman perlakuan menunjukkan keparahan penyakit yang lebih rendah dibandingkan kontrol dengan penghambatan berkisar

41,6-53,1%. Pada 6 dan 8 MSI insidensi dan keparahan penyakit sangat tinggi (Tabel 2, data tidak ditampilkan). Tingginya insidensi dan keparahan penyakit dan gejala yang bervariasi lebih parah dan berbeda dari gejala BCMV menunjukkan kemungkinan terjadinya infeksi ganda virus secara alami.

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap insidensi penyakit (%)

Perlakuan	Insidensi Penyakit (%) Pada -			
	2 MSI	4 MSI	6 MSI	8 MSI
A	9,29 ± 10,18a*	70,44 ± 12,74a	98,06 ± 1,59a	99,67 ± 0,56a
B	10,71 ± 10,97a	50,25 ± 24,35ab	98,13 ± 1,67a	99,20 ± 1,04a
C	2,86 ± 4,88a	59,99 ± 14,95ab	98,44 ± 2,56a	99,20 ± 1,04a
D	5,24 ± 10,16a	44,68 ± 19,02b	97,83 ± 1,75a	94,32 ± 15,0a

\* Huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf  $\alpha=5\%$

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap keparahan penyakit (%)

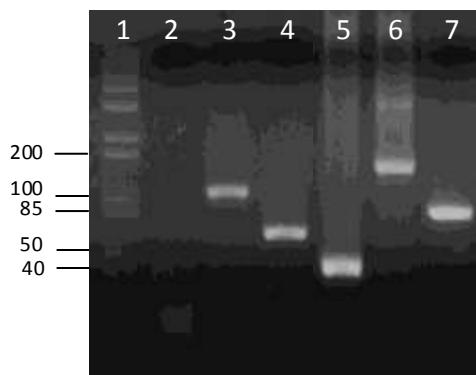
Perlakuan	Keparahan Penyakit (%) Pada -		% Penghambatan	
	2 MSI	4 MSI	2 MSI	4 MSI
A	2,86 ± 4,88a	52,11 ± 15,36a	0,0	0,0
B	2,86 ± 7,56a	25,49 ± 16,43b	0,0	51,1
C	0,00 ± 0,00a	30,43 ± 10,31b	100,0	41,6
D	2,86 ± 7,56a	24,45 ± 14,07b	0,0	53,1

\* Huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf  $\alpha=5\%$

**Deteksi Virus.** Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap akumulasi BCMV dan virus-virus yang menginfeksi secara alami di lapang secara bersama, dilakukan melalui deteksi serologi dan atau molekuler. Berdasarkan hasil deteksi serologi, BCMV terdeteksi pada semua tanaman perlakuan (sampel komposit). Selain itu terdeteksi juga secara serologi *Cucumber mosaic virus* (CMV) pada beberapa petak perlakuan (A dan C ada 4 petak, dan D ada 2 petak). Hasil kuantitatif akumulasi BCMV tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan (data tidak ditampilkan).

Berdasarkan gejala yang muncul dan dugaan adanya infeksi beberapa virus yang berasosiasi dengan gejala yang parah di lapang, maka dilakukan deteksi secara molekuler karena ketidaktersediaan antiserum. Hasil deteksi PCR/RT-PCR menunjukkan terdeteksi positif CMV (*Cucumovirus*), *Geminivirus*, dan *Palerovirus* pada tanaman bergejala selain terdeteksi BCMV. *Luteovirus*

menunjukkan gejala khas daun kecil dan stunting, berbeda dari gejala mosaik kuning (foto gejala tidak ditampilkan). Namun CaBMV tidak terdeteksi menginfeksi di pertanaman (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa mosaik kuning di lapang merupakan asosiasi BCMV dengan beberapa virus lainnya yang berinteraksi sinergis menyebabkan gejala yang sangat parah dan berbeda dari gejala infeksi BCMV.



Gambar 2. Elektroforesis DNA hasil PCR/RT-PCR. 1. DNA ladder 1 kb plus, 2. CaBMV, 3. *Palaeovirus* (1.058 bp), 4. *Luteovirus* (~530 bp), 5. CMV (383bp), 6. *Geminivirus* (1.600 bp), 7. BCMV-BIC (850 bp).

**Populasi Kutudaun.** Populasi kutudaun menunjukkan fluktuasi dan tidak berbeda nyata antar perlakuan. Pada 2 MSI, populasi kutudaun tanaman perlakuan cenderung lebih rendah dibandingkan kontrol, namun tidak berbeda nyata secara statistik. Pada 4 MSI hanya perlakuan B saja yang menunjukkan populasi kutudaun yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lain dan kontrol. Pada 6 MSI, populasi kutudaun secara drastis rendah baik pada tanaman perlakuan maupun kontrol, dan populasi meningkat kembali pada pengamatan 8 MSI walaupun rendah (Tabel 3). Hal ini kemungkinan karena tingginya populasi musuh alami kutudaun (*Coccinella* sp dan *Syrphidae*) yang mampu menekan populasi kutudaun. Faktor lain adalah pada 6 MSI adalah awal musim hujan, sehingga kemungkinan populasi kutudaun menurun drastis karena terbawa hujan.

Selain kutudaun, serangga hama yang banyak ditemukan adalah *Empoasca* sp, kutu kebul (*Bemisia tabaci*), dan *Liriomyza* sp. Sedangkan musuh alami yang banyak ditemukan adalah *Coccinella* sp (Coleoptera) dan Syrphidae (Diptera).

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap populasi Kutudaun

Perlakuan	Populasi <i>Aphis craccivora</i>			
	2MSI	4MSI	6MSI	8MSI
A	48,13 ± 68,05a	170,74 ± 155,18a	0,01 ± 0,04a	9,10 ± 19,24a
B	11,17 ± 18,50a	98,30 ± 121,38a	0,00 ± 0,00a	0,56 ± 1,35a
C	39,67 ± 66,09a	189,27 ± 312,83a	0,00 ± 0,00a	1,67 ± 2,87a
D	44,83 ± 57,89a	191,29 ± 146,27a	0,00 ± 0,00a	1,46 ± 2,57a

\* Huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf  $\alpha = 5\%$

### Pembahasan Umum

Salah satu pengaruh perlakuan kitosan pada tanaman adalah menyebabkan pertumbuhan tanaman lebih baik dan meningkatkan ketahanan sistemik tanaman terhadap infeksi patogen, termasuk virus. Sedangkan tanaman *barrier* (diantaranya jagung) dilaporkan mampu melindungi tanaman dari infeksi virus tular kutudaun secara non-persisten seperti CMV, ChiVMV, dan PVY pada cabai (Husen & Samad, 1993; Anandam & Doraiswamy, 2002; Fereres 2000; Cerruti & Fereres 2006), dan BCMV pada *French bean* (Dhanju *et al.* 1995). Peran tanaman *barrier* diantaranya mengurangi penyebaran virus dengan memblokir pendaratan kutudaun bersayap, berperan sebagai *sink* yang menyebabkan kutudaun kehilangan virus sebelum datang ke tanaman utama dan sebagai tanaman protektor yang menghalangi kutudaun (*barrier* mekanis).

Hasil yang diharapkan dari kolaborasi penggunaan kitosan dan tanaman *barrier* adalah dengan meningkatnya pertumbuhan dan vigor tanaman yang lebih baik maka ketahanan sistemik tanaman terhadap infeksi BCMV akan meningkat dan jika dikombinasikan dengan tanaman *barrier*, maka akan menghalangi kutudaun masuk ke pertanaman, sehingga dapat menekan infeksi dan penyebaran BCMV di pertanaman.

Secara umum kolaborasi *barrier* jagung dan kitosan (perlakuan B) maupun perlakuan tunggal salah satu komponen (perlakuan C dan D) menunjukkan mampu menekan insidensi dan keparahan penyakit mosaik pada 2 dan 4 MSI. Namun, lebih dari 4 MSI semua perlakuan tidak mampu menekan insidensi maupun keparahan penyakit. Penekanan insidensi, dan keparahan penyakit mosaik oleh perlakuan kitosan atau *barrier* jagung di lapang tidak sebaik dan seefektif

hasil penelitian di rumah kaca yang telah dilakukan sebelumnya (Suryadi *et al.* 2008; Haryanto 2010). Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan merupakan faktor penting di dalam menentukan keberhasilan kolaborasi 2 komponen ini. Pada saat penelitian dilakukan (Juni-September 2012) adalah musim kemarau panjang dan hampir tidak ada hujan. Kondisi ini mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara umum menjadi lebih lambat dan tumbuh tidak optimal. Sehingga, efek kitosan dalam meningkatkan pertumbuhan dan vigor tanaman serta induksi ketahanan sistemik tanaman tidak sebaik di rumah kaca.

Dalam penelitian ini menunjukkan karena faktor lingkungan (kemarau panjang), populasi kutudaun setelah infestasi ke lapang cepat berkembang, sehingga dalam waktu 4 minggu setelah pelepasan secara pesat meningkatkan insidensi dan keparahan penyakit. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman *barrier* jagung hanya mampu menghalangi datangnya kutudaun yang mengandung virus ke pertanaman kacang panjang diawal perlakuan, lalu kemudian kutudaun yang berhasil masuk ke pertanaman dan berkembangbiak dengan cepat menjadi vektor yang menularkan BCMV di dalam pertanaman. Jagung menunjukkan tidak berhasil mencegah kolonisasi langsung kutudaun di kacang panjang. Pertumbuhan jagung yang tidak seragam karena kemarau panjang menyebabkan celah dan ketinggian tanaman tidak merata disekitar tanaman perlakuan. Hal ini menyebabkan kutudaun bersayap dapat dengan mudah terbang masuk ke pertanaman kacang panjang.

Kondisi kemarau panjang, selain menyebabkan populasi kutudaun yang tinggi juga meningkatkan populasi hama lainnya seperti *Empoasca* sp, dan kutu kebul dari sekitar pertanaman. Hal ini berdampak pada terjadinya infeksi alami virus yang dibawa kutu kebul (*Geminivirus*), dan kutudaun (*cucumovirus*, *Luteovirus*, *Palerovirus*) bersama-sama dengan BCMV (Gambar 2). *Palerovirus* pada kacang panjang belum pernah dilaporkan ada di Indonesia dan jadi temuan virus baru pada kacang panjang.

Infeksi ganda beberapa virus pada suatu tanaman, menyebabkan gejala yang lebih parah dibandingkan dengan infeksi tunggal, sehingga semua perlakuan tidak berhasil menekan perkembangan penyakit virus. Tanaman *barrier*

dilaporkan efektif melindungi tanaman dari infeksi virus yang ditularkan kutudaun secara non persisten (*stylet borne*), sedangkan *Luteovirus* dan *Palerovirus* ditularkan kutudaun secara persisten sirkulatif dan *Geminivirus* ditularkan oleh kutu kebul secara persisten. Sehingga, perlakuan tanaman *barrier* jagung kemungkinan tidak efektif menghalangi infeksi virus-virus yang ditularkan serangga secara persisten (virus terbawa dalam sistem peredaran darah serangga). Oleh karena itu penekanan insidensi dan keparahan BCMV oleh perlakuan dapat ditekan sampai 4 MSI, dan setelah itu karena infeksi alami virus-virus lainnya (persisten) terjadi menyebabkan infeksi ganda yang memperparah gejala secara keseluruhan, sehingga efek perlakuan tidak mampu mengendalikan seperti yang diharapkan.

## KESIMPULAN

Penyakit mosaik pada kacang panjang merupakan asosiasi dari beberapa jenis virus yang berbeda sifat dan karakter penularannya melalui serangga. Sehingga, aplikasi tanaman *barrier* jagung dan kitosan saja tidak mampu menekan infeksi ganda ini. Perbedaan efektifitas *barrier* jagung dan kitosan dalam menekan BCMV di rumah kaca dan lapang disebabkan oleh perbedaan faktor lingkungan alami dan biotik (serangga vektor lain yang membawa virus) yang sulit dikendalikan.

Berdasarkan hasil penelitian diatas, perlu kajian upaya pengendalian infeksi virus ganda pada kacang panjang dengan memadukan beberapa komponen kultur teknis, biologi dan kimia. Penggunaan tanaman jagung dalam bentuk *barrier* ganda di pinggiran tanaman yang dipadukan orok-orok diantara pertanaman dan mulsa reflektif (untuk *Geminivirus*), kitosan untuk meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan sistemik terhadap infeksi virus serta insektisida (untuk serangga vektor yang menularkan virus secara persisten) perlu dikaji keefektifannya dalam mengendalikan virus-virus yang berasosiasi dengan penyakit mosaik kuning kacang panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anandam RJ, Doraiswamy S. 2002. Role of barrier crops in reducing the incidence of mosaic disease in chili. *J Plant Dis Prot* 109: 109–112.
- Aramburu J, Galipienso L, Lopez C. 2007. Reappearance *Cucumber mosaic virus* isolates belonging to subgroup IB in tomato plants in North-Eastern Spain. *J Phytopath* 155: 513–518.
- Cerruti H, Fereres. 2006. Protecting crop from non-persistently aphid-transmitted viruses: a review on the use of a barrier plants as management tools. *Virus Res* 120; 1–16.
- Chang CA, Chen CC, Yang TT, Tsan TM. 2002. Research development, extention and prospects of applying virus-free seed for control of virus disease of asparagus bean in Taiwan. *Plant Prot Bull* 11: 107–111.
- Correa RL, Silva TF, Simoes-Araujo JL, Barroso PAV, Vidal MS, Vaslin MFS. 2005. Molecular characterization of a virus from the family *Luteoviridae* associated with cotton blue disease. *Arch Virol* 150: 1357–1367.
- Dellaporta SL, Wood J, Hicks JB (1983) A plant DNA minipreparation: version II. *Plant Mol Biol Rep* 1:19–21.
- Dhanju KS, Chowfla SC, Handa AK. 1995. Effect of barrier crops and spacing on the incidence of mosaic disease and yield of French bean. *Legume Res* 18: 113–116.
- Fereres S. 2000. Barrier crops as a cultural control measure of a non-persistently aphid-borne viruses. *Virus Res* 71: 221–231.
- Gillaspie AG, Hajimorad MR, Ghabrial SA. 1998. Characterization of severe strain of *cucumber mosaic cucumovirus* seed borne in cowpea. *Plant Dis* 82: 419–422.
- Hadrami AE, Adam LR, Hadrami IE, Daayf F. 2010. Chitosan in Plant Protection. *Marine drugs* 8: 968–987.
- Haryanto. 2010. Pemanfaatan kitosan untuk menekan infeksi virus mosaic pada tanaman kacang panjang (*Vigna unguiculata* subsp.*sesquipedalis*). [Skripsi], Fakultas Pertanian, IPB.
- Husen MY, Samad NA. 1993. Intercropping chili with maize or brinjal to suppress population of *Aphis gossypii* Glov. and transmission of Chili viruses. *Int J Pest Manage* 39: 216–222.
- Kurnianingsih L. 2010. Potensi lima ekstrak tumbuhan dalam menekan infeksi virus mosaik pada tanaman kacang panjang (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) [Skripsi]. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

- Ren H, Endo H, Hayashi T. 2001. Antioxidative and antimutagenic activities and polyphenol content of pesticide-free and organically cultivated green vegetable using water-soluble chitosan as a soil modifier and leaf surface spray. *J. Food Agric Science* 81: 1426–1432.
- Sandford P.A. 1989. *Chitin and Chitosan*. Ed by Skjak-braek, G Athonsen, T. And Sandford, P. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Sandford, P.A, Hutchings, G.P. 1987. Industrial polysaccharides. Di dalam: Yalpani M, Editor. *Chitosan A natural cationic biopolymer: Industrial applications*. Amsterdam: Elsevier. Hlm 363–376.
- Suryadi D, Nursyamsih, Nila RP, Supadmi, Alghienka D. 2008. *Barrier crop untuk mengendalikan penyakit mosaik pada tanaman kacang panjang (Vigna sinensis)*. Laporan PKM-P. Departemen Proteksi Tanaman IPB.
- Zhi-Qiang DU, Guang-he Z, Zhang Hong MA, Li L, Xi-Feng W, Sheng-Jung C. 2000. Application of RT-PCR-RFLP in *Barley Yellow Dwarf Virus*. *Chinese J Virol*. 16: 83–85.

**BISKUIT BIOSUPLEMEN PAKAN UNTUK MENINGKATKAN  
PRODUKTIFITAS KAMBING PERAH**  
(Biscuit of Biosupplement for Productivity Increasing of Dairy Goat)

**Yuli Retnani, Idat Galih Permana, Lidy Hera wati, Nur R. Komalasari**

Dep. Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB

**ABSTRAK**

Biskuit biosuplemen pakan merupakan pakan suplemen sebagai pemacu produksi susu. Proses pembuatan biskuit biosuplemen pakan dengan bantuan proses panas dan tekanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas fisik dan nutrisi, kecernaan, palatabilitas, produktifitas serta kualitas susu kambing perah. Tahap pertama, telah dilakukan pembuatan biskuit biosuplemen pakan. Biskuit biosuplemen pakan terdiri dari lima perlakuan yaitu R1 = Biskuit biosuplemen *indigofera sp*; R2 = Biskuit biosuplemen daun katuk; R3 = Biskuit biosuplemen daun pepaya; R4 = Biskuit biosuplemen daun katuk +*indigofera sp*; R5 = Biskuit biosuplemen daun papaya +*indigofera sp*. Palatabilitas biskuit biosuplemen daun papaya +*indigofera sp* (R5) lebih disukai ternak kambing perah (95,63 gram/ekor) jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kandungan nutrisi R5(biskuit biosuplemen daun pepaya +*indigofera sp*) memiliki kandungan protein yang cukup tinggi yaitu mencapai 33,86%, aktivitas air yang rendah (0,79) dan kerapatan yang tinggi (0,78%), nilai kecernaan bahan kering 83,40% dan bahan organik 79%. Tahap kedua telah dilakukan pengujian produktifitas ternak kambing perah dengan biskuit daun pepaya dan *indigofera sp* (R5) yang merupakan hasil terbaik pada tahap pertama. Metode pemberian biskuit daun papaya dan *indigofera sp* yaitu T1 = Tanpa penambahan biskuit biosuplemen ,T2 = Penambahan 5% biskuit biosuplemen, T3 = Penambahan 10% biskuit biosuplemen, T4=Penambahan 15% biskuit biosuplemen. Pemberian biskuit biosuplemen berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap produksi susu. Semakin tinggi level pemberian biskuit biosuplemen, semakin tinggi juga produksi susu kambing perah. T4 memiliki rataan produksi susu lebih tinggi (932 ml/hari/ekor) dibandingkan dengan perlakuan lainnya, selain itu pemberian biskuit biosuplemen berpengaruh terhadap kualitas susu. T4 memiliki kualitas susu lebih baik yang diukur dari kadar lemak (10,62%), protein (7,63%) dan kandungan laktosa (4,85).

Kata kunci: Biskuit, biosuplemen, uji kualitas, produktifitas, kambing perah.

**ABSTRACT**

The objective of this study was to apply the physical characteristic, and palatability of biscuit biosupplement for dairy goat. This research was conducted at Laboratory of Feed Industry, Faculty of Animal Science, Bogor Agricultural University, Indonesia and the palatability test was conducted on the dairy goat farm at Leuwiliang, Bogor on March-July 2012. Twenty heads of dairy goat were randomly assigned to five dietary treatments (four heads of goat / treatment). Experimental design used Completely Randomized Design. The treatments were biscuit biosupplement composition i.e. R1 = biscuit biosupplement of *Indigofera sp*; R2 = biscuit biosupplement of katuk leaf; R3 = biscuit biosupplement of papaya leaf; R4=biscuit biosupplement of *Indigofera sp* and katuk leaf; R5=biscuit biosupplement of *Indigofera sp* and papaya leaf. Palatability biscuits biosuplemen of papaya and *indigofera* spleaf (R5) more palatable for dairy goat (95,63 gram/ head) compared with the other treatments. Nutrient content of R5 (biscuit biosupplement of papaya and *indigofera* spleaf) had crude protein content highest (33.86%), water activity lowest (0.79), density highest (0.78%), digestibility of dry matter

83.40% and digestibility of organic matter 79%. The second research had been done to evaluate on productivity dairy goat by feeding biscuit biosuplemen of papaya and *indigofera sp* leaf(R5). The treatments were level of biscuit biosuplemen of papaya and *indigofera sp* leaf i.e T1 =0%, T2 =5%, T3 =10%, T4=15%. The result indicated that treatments had significant effect ( $P<0,05$ ) on milk production of dairy goat. T4 has a higher average milk production (932 ml/day/head) compared with other treatments. The feeding level of biscuit biosuplemen had affect on milk quality. T4 had the best quality of the milk fat content (10.62%), protein content (7.63%) and lactose content (4.85).

Keywords: Biscuit, biosupplement, physical characteristic, productivity, dairy goat.

## PENDAHULUAN

Kambing perah merupakan jenis kambing yang dapat memproduksi susu dengan jumlah melebihi kebutuhan anaknya dan kambing perah yang biasa yang dipelihara adalah kambing Peranakan Etawah (PE) dan Saanen. Jenis kambing ini sangat cocok dikembangkan di daerah tropis. Populasi kambing paling tinggi adalah provinsi Jawa tengah jika dibandingkan provinsi-provinsi lain yaitu sebesar 3.033.952 ekor pada tahun 2006 (Heriyadi, 2008). Namun jumlah susu yang diproduksi setiap tahun selalu belum memenuhi jumlah permintaan susu nasional. Kemampuan produksi susu dalam negeri yang masih rendah tersebut menghendaki perlunya optimalisasi potensi ternak-ternak perah seperti sapi perah. Salah satu ternak perah yang cukup potensial dan prospektif untuk dikembangkan di Indonesia adalah kambing perah.

Upaya peningkatan produktifitas kambing perah sering terhambat oleh rendahnya mutu pakan yang diberikan oleh peternak, sehingga produksi susu masih kurang dari 2 liter/ekor/hari. Penggunaan hijauan pakan untuk ternak kambing memerlukan strategi tersendiri agar produktifitasnya terus meningkat (Ibrahim, 2003). Penggunaan rumput dan sebagian hijauan tropis sebagai sumber pakan utama ternak kambing tidak dapat memenuhi kebutuhan nutrisi untuk produktifitas mengingat kandungan protein rumput tropis relatif rendah berkisar antara 4-9%, sedangkan kebutuhan protein ransum kambing perah mencapai 18%. Keterbatasan pakan baik dalam kualitas maupun kuantitas merupakan permasalahan klasik dalam pengembangan peternakan ruminansia di negara berkembang, termasuk Indonesia. Pengadaan hijauan dibatasi oleh kepemilikan lahan, musim dan belum berkembangnya teknologi pengawetan hijauan pakan

serta penggunaan konsentrat yang dibatasi oleh harga yang relatif mahal (Rachmawan dan Mansyur, 2009).

Pakan ruminansia umumnya terdiri dari hijauan (*roughage*) sebagai sumber serat dan suplemen berupa konsentrat maupun leguminosa. Sumber hijauan untuk pakan ruminansia biasanya adalah rumput, baik yang sengaja ditanam seperti rumput gajah dan setaria maupun rumput lapangan, serta limbah pertanian seperti jerami dan pucuk tebu (Tangendjaja, 2009).

Teknologi pakan memiliki peranan penting dalam industri peternakan. Biskuit merupakan produk kering yang mempunyai daya awet yang relatif tinggi sehingga dapat disimpan dalam waktu yang lama dan mudah dibawa dalam perjalanan karena volume dan beratnya proses pengeringan (Whiteley, 1971). Biskuit biosuplemen pakan ini dibuat dari bahan serat terutama hijauan sebagai pengganti hijauan segar agar ruminansia dapat memanfaatkan serat ketika kualitas dan kuantitas hijauan menurun.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas sifat fisik biskuit biosuplemen pakan yang dibuat pada berbagai komponen hijauan yang berbeda, palatabilitas, uji produktifitas dan uji kualitas susu pada ternak kambing perah.

## METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari jangka sorong, timbangan kapasitas 1 kg, 2,25 kg dan 5 kg, timbangan digital, mesin *chopper*, *Hammer mill*, Aw meter, gelas piala, saringan plastik, oven 105°C, eksikator, cawan, karung plastik, dan mesin biskuit.

Bahan pakan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu hijauan daun *indigofera sp*, daun katuk dan daun papaya, molases, serta konsentrat.

## Ternak dan Kandang

Penelitian ini menggunakan kambing peranakan etawah (PE) betina sebanyak 20 ekor untuk uji palatabilitas dan 12 ekor untuk uji produktifitas. Kandang terbuat dari kayu yang dilengkapi tempat makan dan tempat minum.

## Pembuatan Biskuit

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan biskuit biosuplemen pakan adalah sebagai berikut:

1. Daun *indigofera sp*, daun katuk dan daun pepaya dipotong terlebih dahulu dengan mesin *chopper* dengan ukuran 5 cm, kemudian dijemur pada sinar matahari sampai mencapai kadar air kurang dari 14%.
2. Hijauan tersebut kemudian digiling kasar menggunakan *hammermill*, lalu hijauan tersebut dicampur dengan molasses dan bahan baku konsentrat kemudian diaduk sampai homogen secara manual.
3. Setelah bahan-bahan tersebut dicampur sampai homogen kemudian digiling halus.
4. Bahan-bahan dimasukkan ke dalam cetakan biskuit dipres serta dipanaskan dengan elemen panas selama 10 menit suhu 105°C.
5. Setelah biskuit terbentuk, ketebalan biskuit menipis hingga 1 cm akibat adanya pengepressan lalu dikondisikan sampai dingin dengan cara menyimpannya di udara terbuka (suhu kamar).

## Rancangan Percobaan Tahap Pertama

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan, dimana peubahnya adalah:

- R1: biskuit biosuplemen pakan *Indigofera sp*  
R2: biskuit biosuplemen pakan daun katuk  
R3: biskuit biosuplemen pakan daun papaya  
R4: biskuit biosuplemen pakan daun katuk dan *Indigofera sp*  
R5: biskuit biosuplemen pakan daun papaya dan *Indigofera sp*

Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah kadar air, aktivitas air, daya serap air, kerapatan, kecernaan pakan, dan palatabilitas. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan ANOVA dan Uji Duncan (Steel dan Torrie, 1991).

## **Palatabilitas**

Uji palatabilitas dilakukan berdasarkan modifikasi dari metode Kaitho *et al.* (1997) dengan melakukan adaptasi selama 5 hari dan pengukuran uji palatabilitas selama 2 hari. Pemberian biskuit dilakukan mulai pukul 06.00-12.00 sebanyak 100 gram. Hasil tingkat kesukaan ternak dapat diketahui dengan pengurangan antara pemberian biskuit dengan sisa biskuit. Pengujian palatabilitas ini modifikasi dari penelitian sebelumnya yang mengacu pada penelitian Kaitho pada tahun 1997.

## **Rancangan Percobaan Tahap Kedua**

Formula biskuit biosuplemen pakan yang menghasilkan uji fisik, nutrisi, dan palatabilitas yang terbaik akan diujicobakan pada ternak kambing perah laktasi selama 1 bulan percobaan. Rancangan yang akan digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan pakan dan 3 kelompok yang terdiri dari:

- T1: Tanpa penambahan biskuit biosuplemen
- T2: Penambahan 5% biskuit biosuplemen pakan
- T3: Penambahan 10% biskuit biosuplemen pakan
- T4: Penambahan 15% biskuit biosuplemen pakan

Peubah yang diamati adalah uji produktifitas dan kualitas susu kambing perah.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Keadaan Umum Biskuit Biosuplemen Pakan**

Bentuk fisik biosuplemen pakan dalam penelitian ini memperlihatkan bentuk biskuit yang padat. Bentuk ini sangat menguntungkan karena mempermudah dalam transportasi, penyimpanan, penanganan pemberian ke ternak sehingga dapat meningkatkan tingkat konsumsi. Tekstur biskuit yang dihasilkan pada tiap perlakuan rata-rata memiliki tekstur yang kasar hal tersebut disebabkan karena biskuit biosuplemen pakan ini terdiri dari bahan baku campuran antara daun papaya, daun indigofera yang digiling kemudian dicampur dengan konsentrat.

Tabel 1. Karakteristik biskuit biosuplemen pakan

Perlakuan	Warna	Aroma	Kepadatan	Ukuran partikel/Tekstur
R1	Coklat kehijauan	Harum	Sangat remah	4,23/ Kasar
R2	Coklat kehijauan	Harum	Sangat remah	4,80/Kasar
R3	Coklat kehijauan	Harum	Sangat remah	4,33/ Kasar
R4	Coklat kehijauan	Harum	Sangat remah	4,16/ Kasar
R5	Coklat kehijauan	Harum	Sangat remah	4,33/ Kasar

R1 = Biskuit Biosuplemen *indigofera sp*, R2 = Biskuit Biosuplemen Daun Katuk, R3 = Biskuit Biosuplemen Daun pepaya, R4 = Biskuit Biosuplemen daun katuk + *indigofera sp*, R5 = Biskuit Biosuplemen daun pepaya + *indigofera sp*

### Uji Kualitas Nutrisi Biskuit Biosuplemen Pakan

Uji sifat kimia dalam penelitian adalah untuk mengetahui perubahan zat makanan yang terjadi akibat proses pemberian tekanan dan pemanasan pada proses pembuatan biskuit biosuplemen pakan. Perubahan zat makanan dalam pembuatan biskuit biosuplemen pakan sangat mungkin terjadi. Kandungan nutrisi biskuit pakan limbah tanaman jagung untuk domba dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan nutrisi biskuit biosuplemen pakan (% BK)

Perlakuan	Abu	PK	SK	LK	Beta-N
R1	6,93	32,24	16,99	3,89	28,25
R2	10,03	33,10	20,41	5,44	24,88
R3	9,85	31,61	14,74	4,66	29,71
R4	7,32	34,20	19,63	3,68	29,21
R5	7,90	33,86	18,85	3,48	28,30

Biskuit biosuplemen pakan daun papaya dan *indigofera sp* (R5) mengandung PK yang paling tinggi. Menurut Sudono (1999) protein sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan, reproduksi dan produksi susu.

### Sifat Fisik Biskuit Biosuplemen Pakan

Karakteristik atau sifat bahan pakan ternak sangat berpengaruh dalam proses pengolahan bahan pakan. Sifat fisik merupakan bagian dari karakteristik mutu yang berhubungan dengan nilai kepuasan konsumen terhadap bahan. Faktor yang mempengaruhi sifat fisik bahan antara lain: kadar air, aktivitas air, kerapatan dan daya serap air.

## Kadar Air

Kadar air bahan merupakan pengukuran jumlah air total yang terkandung dalam bahan pakan, tanpa memperlihatkan kondisi atau derajat keterikatan air (Syarief dan Halid, 1993). Biskuit biosuplemen pakan pada penelitian ini masih sesuai dengan standar kadar air yang ditetapkan oleh SNI (1991) yaitu minimal 14%. Kadar air hasil penelitian berkisar antara 7,83-11,55% (Tabel 3). Menurut Trisyulianti *et al.* (2003), aktivitas mikroorganisme dapat ditekan pada kadar air 12%-14%, sehingga bahan pakan tidak mudah berjamur dan membusuk. Hasil analisis ragam nilai kadar air pada penelitian ini menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $P<0,05$ ).

Tabel 3. Hasil uji sifat fisik biskuit biosuplemen pakan

Perlakuan	Kadar Air (%)	Aktivitas air	Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	Daya Serap (%)
R1	7,83±0,71 <sup>b</sup>	0,89±0,01	0,66±0,06 <sup>b</sup>	60,73±1,86 <sup>c</sup>
R2	10,40±2,08 <sup>a</sup>	0,85±0,06	0,64±0,03 <sup>b</sup>	67,85±4,83 <sup>ab</sup>
R3	11,55±0,47 <sup>a</sup>	0,90±0,01	0,72±0,03 <sup>ab</sup>	68,93±2,23 <sup>a</sup>
R4	8,24±1,03 <sup>b</sup>	0,89±0,02	0,65 ±0,06 <sup>b</sup>	60,45±2,66 <sup>c</sup>
R5	8,62±0,50 <sup>b</sup>	0,78±0,14	0,78±0,05 <sup>a</sup>	63,80±0,98 <sup>b,c</sup>

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P<0,05$ ).

## Aktivitas Air

Air merupakan faktor penting sebagai media peternakan, enzim dan senyawa-senyawa kimia yang diperlukan untuk memelihara kehidupan. Aktivitas air adalah jumlah air bebas yang digunakan mikroorganisme untuk pertumbuhannya (Syarief dan Halid, 1993). Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aktivitas air setiap perlakuan tidak berbeda nyata ( $P>0,05$ ). Aktivitas air biskuit biosuplemen pakan setiap perlakuan berkisar antara 0,78-0,90. Tinggi rendahnya aktivitas air pada biskuit dapat dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung dalam bahan baku ataupun suhu lingkungan sekitar.

## Kerapatan

Kerapatan adalah suatu ukuran kekompakan ukuran partikel dalam lembaran dan sangat tergantung pada kerapatan bahan baku yang digunakan dan besarnya tekanan kempa yang diberikan selama proses pembuatan lembaran (Retnani *et al.*

2009). Rataan kerapatan biskuit biosuplemen pakan pada penelitian ini berkisar antara 0,64-0,78 ( $\text{g/cm}^3$ ). Hal tersebut disebabkan oleh bahan baku penyusun biskuit biosuplemen yang digunakan memiliki kerapatan yang berbeda-beda. Biskuit biosuplemen pakan yang mempunyai kerapatan tinggi akan memberikan tekstur yang padat dan keras sehingga mudah dalam penanganan baik penyimpanan maupun goncangan pada saat transportasi dan diperkirakan akan lebih tahan lama dalam penyimpanan (Trisyulianti *et al.* 2003). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa setiap perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda pada nilai kerapatan biskuit biosuplemen pakan ( $P<0,05$ ).

### **Daya Serap Air**

Daya serap air merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan untuk menyerap air di sekelilingnya untuk berikatan dengan partikel bahan (Jayusmar *et al.* 2002). Rataan daya serap air pada penelitian berkisar 60,45-68,93%. Hasil analisis ragam daya serap air pada penelitian ini menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $P<0,05$ ).

### **Uji Kecernaan Biskuit Biosuplemen Pakan**

Kecernaan atau ketersediaan nutrient dalam bahan pakan untuk diserap oleh saluran pencernaan banyak tergantung pada status dan produktifitas atau fungsi fisiologi ternak (Parakkasi, 1991). Menurut Syah (1984), bahwa kandungan NDF yang rendah dalam ransum akan menyebabkan laju pengosongan saluran pencernaan menjadi lebih lambat sehingga konsumsi bahan kering maupun bahan organik ransum menjadi rendah.

### **Kecernaan Bahan Kering**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap kecernaan bahan kering. Biskuit biosuplemen daun papaya (R3) memiliki kecernaan bahan kering yang lebih tinggi 84,35 (Tabel 4) dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Daun papaya mengandung protein kasar (PK) sekitar 20,89% sehingga bisa menjadi bahan pakan sumber protein, enzim papain yang terkandung dalam daun pepaya berfungsi hampir sama dengan enzim protease (enzim pemecah protein) dalam saluran pencernaan (Sarjuni, 2006). Kandungan asam amino dalam papain cukup lengkap (Hermawan, 2007).

Tabel 4. Hasil uji kecernaan biskuit biosuplemen pakan

Biskuit	KCBK (%)	KCBO (%)	NH3	VFA
R1	79,50±0,61 <sup>c</sup>	78,75±0,62 <sup>b</sup>	7,67±1,67 <sup>b</sup>	193,26±57,22 <sup>a</sup>
R2	82,05±0,30 <sup>b</sup>	81,34±0,68 <sup>a</sup>	7,21±0,82 <sup>b</sup>	171,05±59,25
R3	84,35±1,40 <sup>a</sup>	82,96±1,58 <sup>a</sup>	11,54±1,68 <sup>a</sup>	38,69±26,90 <sup>b</sup>
R4	81,73±1,09 <sup>b</sup>	80,83±0,76 <sup>ab</sup>	8,16±4,85 <sup>a</sup>	156,26±97,44 <sup>a</sup>
R5	80,34±1,41 <sup>bc</sup>	79,00±1,53 <sup>b</sup>	11,65±1,73 <sup>a</sup>	156,47±36,01 <sup>a</sup>

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P<0,05$ ).

### Kecernaan Bahan Organik

Kecernaan *in vitro* dipengaruhi oleh pencampuran pakan, cairan rumen dan inokulan, pH kondisi fermentasi, pengaturan suhu fermentasi, lamanya waktu inkubasi, ukuran particle sampel dan larutan penyangganya. Kecernaan bahan organik merupakan faktor penting yang menentukan nilai pakan (Van der Meer dan Van Es, 1987).

Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata ( $P<0,05$ ) terhadap kecernaan bahan organik. Tabel 4 menunjukkan bahwa biskuit biosuplemen daun pepaya (R3) memiliki kecernaan bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan biskuit biosuplemen lainnya. Rataan kecernaan bahan organik biskuit biosuplemen berkisar antara 79-82,96%. Sedangkan kecernaan bahan organik biskuit biosuplemen daun pepaya adalah 82,96%, kecernaan bahan organik biskuit biosuplemen ini lebih tinggi dibandingkan dengan kecernaan bahan organik daun papaya tanpa adanya pengolahan yaitu sekitar 73,38% (Wartini, 2002). Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya proses pengolahan pakan dapat meningkatkan kecernaan bahan organik.

### NH<sub>3</sub>

Dalam setiap proses fermentasi asam amino dalam rumen akan selalu terbentuk ammonia (NH<sub>3</sub>). Amonia tersebut merupakan sumber nitrogen yang utama dan sangat penting untuk disintesis protein mikroorganisme rumen (Wartini, 2002). Konsentrasi ammonia bervariasi tergantung jenis makanan (Hungate, 1963).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap  $\text{NH}_3$ . Pada proses fermentasi dan degradasi di dalam rumen, biskuit biosuplemen kombinasi antara daun papaya dan *indigofera* memiliki nilai rataan konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang tinggi yaitu 11,65 (Tabel 4). Tingginya konsentrasi  $\text{NH}_3$  pada biskuit biosuplemen (R5) maka protein by pass yang sampai ke organ pasca rumen akan rendah dan kemungkinan protein yang tersedia untuk ternak itu sendiri juga rendah. Pada biskuit biosuplemen R5 menghasilkan konsentrasi ammonia tertinggi kemungkinan besar karena kandungan protein dari daun pepaya dan *indigofera sp* yang tinggi. Selain itu daun pepaya terdapat enzim papain yang akan membantu dalam memecah protein. Konsentrasi ammonia paling rendah adalah biskuit biosuplemen daun katuk (R2). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya zat antinutrisi tannin yang terdapat dalam daun katuk sehingga keberadaannya akan menghambat kerja enzim protease di dalam rumen.

### **Produksi Asam Lemak Atsiri (VFA)**

Karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi ternak ruminansia. Kurang lebih 60-75% ransum yang dimakan ternak ruminansia terdiri dari karbohidrat (Sutardi, 1978). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap VFA. Biskuit biosuplemen pakan *indigofera sp* memiliki nilai VFA yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya, yaitu 193,26 (Tabel 4). VFA merupakan produk akhir dari fermentasi bahan organik yang dimanfaatkan sebagai sumber energi utama bagi ruminansia dan perkembangan mikroba rumen (Sutardi, 1980).

### **Palatabilitas**

Palatabilitas adalah rasa dari bahan-bahan pakan atau pakan itu sendiri sehingga mempengaruhi tingginya tingkat konsumsi pakan. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap palatabilitas. Ternak kambing mempunyai sifat pemilih terhadap pakan dibandingkan dengan ternak lain, misalnya domba atau sapi.

Biskuit biosuplemen daun *indigofera* dan daun papaya (R5) lebih disukai oleh ternak kambing perah. Rasa pahit dalam daun pepaya dapat meningkatkan nafsu makan sedangkan bau khas dari *indigofera* juga disukai kambing perah.

Daun katuk mempunyai tekstur lebih kasar dibandingkan dengan perlakuan yang lain (Tabel 1) dan kandungan SK paling tinggi sehingga palatabilitas daun katuk lebih rendah dibandingkan perlakuan yang lain.

Tabel 5. Palatabilitas biskuit biosuplemen pakan

Perlakuan	Periode Uji Palatabilitas	
	Bahan Segar	Bahan Kering
	-----g/ekor/-----	
R1	85,24±8,83 <sup>c</sup>	76,38±7,92 <sup>c</sup>
R2	25,27±6,61 <sup>a</sup>	23,81±6,08 <sup>a</sup>
R3	44,05±3,96 <sup>a</sup>	40,25±3,54 <sup>a</sup>
R4	31,32±5,33 <sup>b</sup>	29,56±4,77 <sup>b</sup>
R5	102,91±8,12 <sup>d</sup>	95,63±7,36 <sup>d</sup>

### Produksi Susu

Berdasarkan uji palatabilitas didapat hasil bahwa biskuit biosuplemen pakan daun pepaya dan *indigofera sp* paling disukai kambing perah. Sehingga biskuit tersebut diujicobakan terhadap kambing perah untuk mengetahui produksi dan kualitas susu. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap produksi susu.

Tabel 6. Pemberian biskuit biosuplemen daun papaya dan *indigofera* terhadap produksi susu

Perlakuan	Rataan	
	-----ml/ekor/hari-----	
T1	513 ± 112,70 <sup>c</sup>	
T2	693± 103,65 <sup>b</sup>	
T3	731±112,41 <sup>b</sup>	
T4	932±161,55 <sup>a</sup>	

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P<0,05$ ). T1 = Tanpa penambahan biskuit, T2 = Penambahan biskuit 5%, T3 = Penambahan biskuit 10% , T4 = Penambahan biskuit 15% .

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa rataan produksi susu kambing perah yang diberikan biskuit biosuplemen pakan 15% tinggi (932 ml/hari) dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Kambing peranakan etawa merupakan temak perah mempunyai produksi susu 0,45-2,2 liter/ekor/hari dengan panjang masa laktasi 92-256 hari. Sedangkan menurut Syarieff dan Sumoprasitwo (1984) produksi susu kambing peranakan etawa umumnya berkisar antara 1-1,5 liter/hari

dan 0,5-1,5 liter/ekor/hari (Tahahar *et al.* 1996). Semakin tinggi level pemberian biskuit, rataan produksi susu tiap hari semakin meningkat.

### **Uji Kualitas Susu**

Komposisi kambing dapat bervariasi, hal ini karena perbedaan antar-bangsa maupun individu dalam satu jenis (Haris dan Hicter, 1973). Faktor-fator yang mempengaruhi komposisi adalah jenis ternak dan keturunannya, tingkat laktasi, umur ternak, infeksi atau peradangan pada ambing, nutrisi atau pakan, lingkungan dan prosedur pemerasan susu (Saleh, 2004).

#### **Lemak**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap lemak susu. Namun waktu berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap kadar lemak susu. Rataan kadar lemak pada penelitian ini adalah 6,33-10,62% (Tabel 7).

Tabel 7. Pengaruh perlakuan terhadap kadar lemak susu (%)

Perlakuan	Minggu	
	Awal	Akhir
T1	7,54±1,45	8,71±2,26
T2	8,76±3,22	8,88±4,70
T3	8,31±1,76	10,10±4,35
T4	7,12±2,05	10,62±4,77

Menurut Saleh (2004), susu yang baik apabila mengandung jumlah bakteri sedikit, tidak mengandung mikroba pathogen, bersih yaitu tidak mengandung debu atau kotoran lainnya, mempunyai cita rasa atau *flavour* yang baik. Kandungan lemak berkisar antara 3-8%.

#### **Protein**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata ( $P>0,05$ ) terhadap protein susu. Namun waktu berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap protein susu. Kisaran protein susu pada penelitian ini adalah 5,02-7,63%. Kambing perah yang diberi perlakuan biskuit biosuplemen *indigofera* dan daun pepaya 15% memiliki protein susu yang lebih tinggi (7,63%) pada minggu ke-4

dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya (Tabel 8). Menurut Saleh (2004), kandungan protein susu kambing perah berkisar 3-5%.

Tabel 8. Pengaruh perlakuan terhadap protein susu (%)

Perlakuan	Minggu	
	Awal	Akhir
T1	5,53±0,49 <sup>b</sup>	7,16±1,64 <sup>a</sup>
T2	5,02±0,47 <sup>b</sup>	6,55±1,50 <sup>a</sup>
T3	5,96±2,41 <sup>b</sup>	7,51±1,84 <sup>a</sup>
T4	5,44±0,14 <sup>b</sup>	7,63±1,81 <sup>a</sup>

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada kolom yang berbeda menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P<0,05$ ).

Kandungan protein susu bervariasi tergantung dari bangsa, produksi susu, tingkat laktasi, kualitas dan kuantitas pakan, kadar protein dalam ransum. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kadar protein susu kambing bervariasi dari 2,64%-5,06% (Jennes, 1980); 3,55-4,03% (Subhagiana, 1998) dan 4,5% (Andriani, 2003). Kandungan protein susu pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang lainnya.

### Laktosa

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata ( $P>0,05$ ) terhadap laktosa susu. Namun waktu berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap laktosa susu. Kandungan laktosa setiap perlakuan berbeda setiap minggunya. Kisaran laktosa pada penelitian ini adalah 2,98-4,85% (Tabel 9). Menurut Sumudhita (1989) kandungan laktosa susu kambing perah adalah (4,9%).

Tabel 9. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Laktosa Susu (%)

Perlakuan	Minggu	
	Awal	Akhir
T1	3,54±0,40 <sup>b</sup>	4,73±1,06 <sup>a</sup>
T2	2,98±0,70 <sup>b</sup>	4,20±0,66 <sup>a</sup>
T3	3,79±2,09 <sup>b</sup>	4,83±0,95 <sup>a</sup>
T4	3,52±0,17 <sup>b</sup>	4,85±0,89 <sup>a</sup>

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada kolom yang berbeda menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P<0,05$ ).

## KESIMPULAN

Biskuit biosuplemen pakan memiliki tekstur yang sangat remah dan aroma harum, memiliki kandungan kadar air 8,62%, protein kasar 33,86%, aktivitas air 0,79 dan kerapatan 0,78%, nilai kecernaan bahan kering 83,40% dan bahan organik 79%. Biskuit biosuplemen daun papaya dan *indigofera sp* memiliki nilai palatabilitas yang lebih tinggi. Biskuit biosuplemen daun papaya dan *indigofera sp* 15% dapat meningkatkan produksi susu, kadar lemak, protein, dan kandungan laktosa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriani. 2003. Optimalisasi produksi anak dan susu kambing Peranakan Etawah dengan superovulasi dan suplementasi Zn. Disertasi. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Haris dan R. L. Hitcher. 1972. Dairy Goat Production. Guide Dairy Information Sheet, London.
- Heriyadi, D. 2008. Domba dan Kambing di Indonesia: Potensi, Masalah dan Solusi. Staf Pengajar Fakultas Peternakan Unpad. Litbang HPDKI Jabar. Trobos 101. Februari 2008 Tahun VIII.
- Hermawan, D. 2007. Penggunaan Tepung Daun Pepaya (*Carica papaya*) dalam Ransum Ayam Arab terhadap Produktifitas dan Anticacing. Tesis. Fakultas Peternakan UNDIP. Semarang.
- Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbe. 2<sup>nd</sup> Edition. Academic Press. New York.
- Ibrahim, M.T. 2003. Strategi Penelitian Hijauan mendukung pengembangan ternak kambing di Indonesia. Wartazoa, Vol 13 No.1.
- Jayusmar, E. Trisyulianti & J. Jachja. 2002. Pengaruh suhu dan tekanan pengempaan terhadap sifat fisik wafer ransum dari limbah pertanian sumber serat dan leguminosa untuk ternak ruminansia. Media Peterakan 24 (3): 76-80.
- Jennes, R. 1980. Composition and characteristic of goat milk: Review 1968-1979. j. Dairy Science. 63: 1605-1630.
- Kaitho, R. J., N. N. Umunna, I.V. Nsahlai, S. Tamminga, J. Van Bruchem, & J. Hanson. 1997. Palatability of wilted and dried multipurpose tree species fed to sheep and goats. J. Anim. Sci. 65: 151-163.

- Rachmawan, O. & Mansyur. 2009. Pengaruh bungkil biji karet fermentasi dalam ransum terhadap komposisi kimia daging domba priangan jantan. Buletin Ilmu Peternakan dan Perikanan 13(1): 14-20.
- Parakkasi, A. 1999. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminansia. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. Matching Ruminat Production System with Available Resources in The Tropic. Penambull Book. Armidle.
- Saleh, E. 2004. Dasar pengolahan susu dan hasil ikutan ternak. [www.library.usu.ac.id](http://www.library.usu.ac.id). [2 November 2012].
- SNI. 1991. Papan Partikel Dasar SNI-2105-1991-A. Dewan Standarisasi Nasional Jakarta.
- Subhagiana. 1998. Keadaan konsentrasi Progesteron dan Estradiol selama kebuntingan, bobot lahir dan jumlah anak pada kambing PE pada tingkat produksi susu yang berbeda. Tesis. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Sumudhita, M.W. (1989). Air Susu dan Penanganannya. Program Studi Ilmu Produksi Ternak Perah. Fakultas Peternakan Universitas Udayana, Denpasar. Hal; 1-45.
- Sutardi, T. 1980. Landasan Nutrisi. Jilid I. Dep. IlmuMakanan Ternak. Fakultas Peternakan. IPB. Bogor.
- Syah, H. 1984. Pengaruh perbedaan kadar serat kasar ransum terhadap produksi daging kelinci persilangan. Skripsi. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Syarief, R & H. Halid. 1993. Teknologi Penyimpanan Pangan. Penerbit Arcan. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Syarief, M dan Sumoprastowo C. D. A. 1984. Ternak Perah. CV. Yasaguna, Jakarta.
- Tahahar, A., E. Juarin., A. Prianti, D. Prianto dan B. Wibowo. 1996. Usaha kambing perah rakyat sebagai salah satu pendapatan rumah tangga di Jawa Timur. Prosiding Ilmiah Hasil Penelitian Peternakan. BPPT Ciawi.
- Tangendjaja, B. 2009. Teknologi pakan dalam menunjang industri peternakan di Indonesia. Pengembangan Inovasi Peternakan 2(3): 192-207. <http://openpdf.com/ebook/uji-sifat-fisik-pakan-pdf-5.html>. [5 Oktober 2012].
- Trisyulianti, E., Suryahadi& V. N. Rakhma. 2003. Pengaruh penggunaan molases dan tepung gapelek sebagai bahan perekat terhadap sifat fisik wafer ransum komplit. Media Peternakan. 26 (2): 35-40.

Wartini, E. 2002. Kinetika Fermentasi Daun Katuk (*Sauvopus androgynus* L. Merr), Daun Pare (*Momordica charantia* L.) dan Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) di dalam Rumen. Skripsi. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Whiteley, P. R. 1971. Biscuit Manufacture. Applied Science Publisher, London.

Van der Meer, J. M. and A. J. H. Van Es. 1987. Optimal Degradation of Lignocellulosic Feeds by Ruminants and *in vitro* Digestibility Test. In Van der Meer, J. M., B. A. Rijkens and M. P. Ferranti (Eds): Degradation of Lignocellulosics in Ruminant and in Industrial Processes. Elsevier Applied Science. Netherlands.

# **BIDANG BIOLOGI DAN KESEHATAN**

**KONSUMSI PANGAN, BIOAVAILIBILITAS ZAT BESI DAN  
STATUS ANEMIA SISWI DI KABUPATEN BOGOR**  
(Food Consumption, Iron Bioavailability and Anemia Status of School Girls  
in Bogor District )

**Dodik Briawan<sup>1,2)</sup>, Yudhi Adrianto<sup>2)</sup>, Dian Hernawati<sup>1,3)</sup>,  
Elvira Syamsir<sup>1,3)</sup>, Muh Aries<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Seafast Center, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, IPB.

<sup>2)</sup>Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB.

<sup>3)</sup>Dep. Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan mengetahui hubungan konsumsi pangan, bioavailibilitas dan status anemia pada siswi remaja. Studi *cross sectional* dilakukan di SMK Pelita Ciampela Kabupaten Bogor. Data dikumpulkan dari 74 orang siswi remaja yang meliputi konsumsi pangan dengan *recall* 2x24 jam dan kadar hemoglobin. Estimasi bioavailabilitas besi dihitung dari konsumsi pangan menggunakan metode Du *et al.* (1999). Rata-rata konsumsi daging dan buah berturut-turut 68 g/hari dan 73 g/hari. Asupan protein, besi, dan vitamin C berturut-turut 38,3 g, 10,8 mg dan 25 mg; dengan tingkat kecukupan gizi berturut-turut 76,6%, 41,7% dan 33,4%, Estimasi bioavailabilitas zat besi 1,09 mg atau 10,04% dan termasuk dalam kategori sedang. Bioavailabilitas zat besi (mg) berhubungan nyata dengan konsumsi daging sapi dan ayam ( $r=0,381$ ) dan asupan vitamin C ( $r=0,340$ ) ( $p<0,05$ ). Prevalensi anemia siswi sebesar 10,8%, dan kadar hemoglobin berhubungan nyata dengan asupan vitamin C ( $r=0,002$ ) dan vitamin A ( $r=0,022$ ) ( $p<0,05$ ).

Kata kunci: Anemia, konsumsi pangan, bioavailabilitas besi, siswi remaja.

**ABSTRACT**

The research objective was to analyze the profile of food consumption, iron bioavailability and anemia status of school girls in High School. The cross sectional study was conducted at SMK Pelita in Bogor District. The baseline data was collected from 74 school girls including 2x24 hours food record and hemoglobin (Hb). Du *et al.* (1999) method was applied to estimate the iron bioavailability from food consumption. The meat and fruits consumption is 68 g/day and 73 g/day respectively. Most of the subjects (83.2%) consume less food compared to the Indonesian Dietary Guidelines. The mean protein, iron and vitamin C intakes are 38.3 g, 10.8 mg, and 25 mg respectively. Compared to the Indonesian's RDA these intakes are low i.e. 76.6%, 41.7%, and 33.4% respectively. The mean iron bioavailability is 1.09 mg or 10.04%, and it's categorized as moderate. Iron bioavailability (mg) is significantly associated with the meat and chicken consumption ( $r=0.381$ ) and vitamin C intake ( $r=0.340$ ) ( $p<0.05$ ). The anemia prevalence is 10.8%, and haemoglobin concentration is significantly related to the intake of vitamin C ( $r=0.002$ ) and vitamin A ( $r=0.022$ ) ( $p<0.05$ ).

Keywords: Anemia, food consumption, iron bioavailability, schoolgirls.

## PENDAHULUAN

Dalam siklus hidup manusia, salah satu kelompok yang berisiko tinggi terhadap kejadian anemia adalah remaja wanita. Jumlah populasi anak usia sekolah (usia 10–19 tahun) sekitar 40 juta dari 230 juta penduduk Indonesia, dan sebanyak 50% diantaranya adalah kelompok wanita yang berisiko tinggi terhadap anemia. Pada anak sekolah, penderita anemia akan menurunkan tingkat kesehatan, prestasi akademik, dan kemampuan fisik (Grantham and Cornelius, 2001). Penelitian Soewondo *et al.* (1989) yang dilakukan di Bandung dengan melibatkan remaja anemia dan non anemia menunjukkan bahwa anak remaja tidak anemia belajar dengan cepat dibandingkan anak remaja anemia ( $p<0,01$ ).

Di Indonesia prevalensi anemia remaja wanita masih cukup tinggi, yaitu antara 20–40%. Besarnya prevalensi tersebut menunjukkan perbaikan program pemerintah hasilnya kurang signifikan dalam menurunkan prevalensi anemia. Penanggulangan anemia di Indonesia mempunyai tiga strategi, yaitu suplementasi besi, pendidikan gizi, dan fortifikasi pangan. Penyebab anemia 50–80% di antaranya karena rendahnya kualitas konsumsi pangan masyarakat, termasuk diantaranya asupan zat besi (Depkes, 2003). Berdasarkan pola konsumsi pangan masyarakat seperti saat ini, asupan besi yang hanya berasal dari konsumsi pangan sehari-hari sulit untuk memenuhi kebutuhan zat besi yang tinggi pada remaja wanita. Konsumsi pangan pada 37,9% masyarakat masih di bawah 50,0% kecukupan zat besi, yang apabila tanpa didukung program lainnya, maka perbaikan kualitas konsumsi pangan masyarakat akan sulit dipenuhi (Depkes, 2005).

Program suplementasi yang dilakukan pemerintah adalah Pencegahan dan Penanggulangan Anemia Gizi Besi (PPAGB) dengan sasaran anak sekolah menengah (SMP dan SMA) (Depkes, 2005). Meskipun demikian, program PPAGB tidak selalu berhasil karena di beberapa kabupaten/kota prevalensi anemia tidak menurun. Di Kota Bekasi hanya menurunkan prevalensi anemia pada siswi SMP dan SMK sebesar 3,4%. Hal tersebut diantaranya karena penerimaan (*compliance*) suplemen yang rendah (Briawan, Adriani, dan Pusporini, 2009).

Salah satu penyebab anemia adalah rendahnya asupan zat besi terkait dengan nilai bioavailabilitas zat besi pada konsumsi pangan. Pada menu makanan yang porsi sumber hewannya besar maka bioavailabilitas zat besi menjadi tinggi. Sebaliknya menu makanan yang sebagian besar terdiri dari sumber nabati, bioavailabilitas zat besi menjadi rendah. Secara umum bioavailabilitas zat besi di Indonesia masih tergolong rendah karena menu makanannya masih mengandung tinggi zat penghambat seperti serealia dan kacang-kacangan. Dalam penetapan AKG zat besi di Indonesia diasumsikan bioavailibilitasnya sebesar 10% (Kartono dan Soekatri, 2004). Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi pangan, bioavailibilitas zat besi dan anemia pelajar siswi.

## METODE PENELITIAN

Naskah penelitian ini merupakan data *baseline* dari penelitian "Efikasi pangan lokal bergizi untuk perbaikan anemia dan peningkatan prestasi akademik". Lokasi penelitian ini dilakukan di SMK Pelita Ciampaea, Kabupaten Bogor. Pengumpulan data dilaksanakan pada bulan Mei–Juni 2012.

### Jumlah dan Cara Penarikan Contoh

Contoh adalah siswi kelas X jurusan butik dan X–XI keperawatan di SMK Pelita Ciampaea yang berjumlah 74 orang. Kedua jurusan ini dipilih secara *purposive* karena dibandingkan jurusan lainnya terdapat banyak siswa putri. Kriteria inklusi adalah remaja putri yang sudah menstruasi, bersedia berpartisipasi penelitian dan diwawancara sampai selesai dan tidak sedang menderita sakit.

### Jenis dan Cara Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan meliputi karakteristik siswi yaitu umur, usia pertama menstruasi, lama menstruasi, siklus menstruasi, dan uang saku. Selain itu juga dikumpulkan data karakteristik orangtua seperti pendapatan. Berat dan tinggi badan subjek diukur langsung dengan stadiometer dan timbangan badan. Data tersebut dikumpulkan melalui pengisian sendiri terhadap kuesioner yang telah disiapkan. Data konsumsi pangan dikumpulkan dengan cara penjelasan dan

diikuti pengisian kuesioner dengan *recall* 2x24 jam. Status anemia siswi diketahui dari pemeriksaan kadar hemoglobin (Hb) darah.

### Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dikumpulkan untuk diolah dan dianalisis secara statistik. Proses pengolahan data meliputi *editing*, *coding* dan *entry data*. Selengkapnya variabel dan kategori dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel dan Kategori Penilaian

No	Variabel	Kategori
1	Status gizi (IMT/U)	Sangat Kurus $z < -3$ , Kurus $-3 \leq z < -2$ , Normal $-2 \leq z \leq +1$ , Gemuk $+1 < z \leq +2$ , Obese $z > +2$
2	Status gizi (TB/U)	Sangat pendek $z \leq -3$ , Pendek $-3 \leq z \leq -2$ , Normal $z > -2$
3	Tingkat kecukupan energi dan protein	Defisit berat <70% AKG, Defisit sedang 70–79% AKG, Kurang <90% AKG, Cukup 90–119% AKG, Lebih $\geq 120\%$ AKG
4	Tingkat kecukupan vitamin dan mineral	Kurang <77% AKG, Cukup $\geq 77\%$ AKG
5	Status anemia	Anemia $< 12 \text{ g/dL}$ , Tidak Anemia $12–14 \text{ g/dL}$

Bioavailabilitas zat besi konsumsi pangan dalam penghitungannya ditentukan oleh besi heme dan non heme, zat pendorong dan penghambat penyerapan besi dari pangan. Estimasi yang digunakan untuk menghitung bioavailabilitas (tingkat ketersediaan biologis) zat besi adalah metode Du *et al.* (1999). Bioavailabilitas heme diasumsikan sebesar 23% dan faktor heme sebesar 40%. Bioavailabilitas non heme dengan menggunakan persamaan:  $1,7653 + 1,1252 \ln(\text{EFs}/\text{IFs})$ . Adapun EFs merupakan penjumlahan vitamin C (mg), jumlah konsumsi pangan sumber hewani (g), sayuran dan buah (g), dan koefisien 1. Sedangkan IFs merupakan penjumlahan serealia (g), kacang-kacangan (g), teh (g) dan koefisien 1.

Uji korelasi *Pearson* digunakan untuk melihat signifikansi hubungan bioavailabilitas zat besi dengan variabel independen seperti asupan zat besi, vitamin C dan protein, konsumsi pangan hewani; serta kadar Hb dengan asupan zat besi, bioavailabilitas besi, asupan protein, vitamin A dan vitamin C.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Subjek

Remaja merupakan masa peralihan antara masa anak dan masa dewasa. Umur siswi berkisar antara 14,7–18,5 tahun dan rata-rata  $16,6 \pm 0,7$  tahun. Pada remaja kebutuhan zat besi yang tinggi terjadi terutama saat periode *growth spurt*. Rata-rata kebutuhan zat besi untuk pertumbuhan pada remaja 0,55 mg/hari (Hallberg, 2001). WNPG (2004) menetapkan AKG zat besi sama baik pada kelompok usia remaja maupun dewasa (13–49 tahun) yaitu 26 mg/hari.

Umur pertama kali mengalami menstruasi berkisar antara 9–15 tahun, dengan rata-rata  $12,8 \pm 1,1$  tahun. Lama menstruasi berkisar antara 4–7 hari, dengan rata-rata  $4,0 \pm 1,1$  hari, dengan siklus menstruasi antara 14–90 hari dan rata-rata  $28,6 \pm 9,0$  hari. Tambahan kebutuhan besi untuk remaja wanita diantaranya diperlukan untuk menggantikan kehilangan zat besi selama menstruasi. Pada usia remaja, kehilangan darah menstruasi tidak berbeda dengan usia reproduktif lainnya. Rata-rata kehilangan darah selama menstruasi 84 mL, sehingga setiap hari membutuhkan tambahan zat besi 0,56 mg. Rata-rata kehilangan zat besi pada siklus menstruasi 28 hari sebesar 0,56 mg/hari (Hallberg 2001).

Uang saku subjek dibagi menjadi tiga kelompok yaitu kurang dari Rp 5.000 sebanyak satu orang (1,4%), Rp 5.000–10.000 sebanyak 33 orang (44,6%) dan >Rp 10.000 sebanyak 40 orang (54,1%). Uang saku berkisar Rp 3.000–Rp 33.000 dengan rata-rata Rp  $13.360 \pm 5502$ .

Rata-rata berat badan (BB) siswi adalah  $47,9 \pm 7,4$  kg, dan tinggi badan (TB)  $152,6 \pm 4,9$  cm. Sebaran status gizi subjek sebagian besar berada dalam kategori normal yaitu 61 siswi (82,0%). Terdapat satu siswi berstatus gizi kurang (1,4%) dan empat siswi gizi kurus (5,4%). Kisaran IMT antara  $12,4\text{--}30,9$   $\text{kg}/\text{m}^2$  dengan rata-rata  $20,5 \pm 3,2$   $\text{kg}/\text{m}^2$ . Ukuran antropometri lainnya adalah lingkar pinggang dan lingkar pinggul, yaitu berturut-turut sebesar  $70,7 \pm 12,2$  cm dan  $81,9 \pm 5,8$  cm. Rasio lingkar pinggang-pinggul siswi sebesar 0,86 masih dibawah kriteria metabolik sindrom  $<0,90$ .

## Konsumsi Pangan

Kebanyakan remaja yang mempunyai status gizi besi rendah disebabkan oleh kebiasaan konsumsi pangan yang tidak benar. Kelompok risiko remaja yang berisiko anemia adalah vegetarian, konsumsi pangan hewani yang rendah, atau terbiasa menghindari makan (*skip meal*) (Krummel & Kris-Etherton, 1996). Menurut Depkes (2003) remaja sering menderita anemia dikarenakan lebih banyak mengkonsumsi makanan nabati dibandingkan hewani, lebih sering melakukan diet karena ingin langsing, dan mengalami haid setiap bulan.

Konsumsi pangan merupakan jumlah dan jenis pangan yang dikonsumsi oleh subjek sesuai dengan kelompok pangan (Tabel 2). Semua sampel (100,0%) mengonsumsi nasi sebagai makanan pokok, namun rata-rata konsumsi nasi sangat rendah (123 g/hari). Jika dibandingkan dengan anjuran Pedoman Gizi Seimbang (PUGS) untuk kelompok remaja, konsumsi nasi per hari adalah 500 g/hari (5 porsi) (Depkes, 2005), maka rata-rata konsumsi sampel baru mencapai 25%.

Tabel 2. Rata-rata Konsumsi Pangan Siswi Per Hari

Jenis Pangan	Konsumsi pangan (g)	Energi (kkal)	Protein (g)	Fe (mg)	Vit A (RE)	Vit C (mg)
Serealia & Umbi-Umbian	122,6±74,4	394	6,7	1,1	0	0
Kacang & Biji-Bijian	45,8±42,0	43	4,3	3,8	10	0
Daging Sapi	39,4±34,8	48	5,4	0,8	12	0
Daging Ayam	38,5±21,3	41	4,5	0,5	10	0
Telur	50,0±29,2	45	6,2	0,7	90	0
Ikan, Kerang, Udang	20,1±68,8	39	3,1	0,6	11	0
Sayuran	43,3±34,3	15	0,1	0,9	258	0
Buah-Buahan	73,4±82,7	56	0,3	0,7	36	13
Susu	72,0±48,8	42	2,1	0,1	22	11
Min, Kemasan Industri (ml)	493,0±360,6	65	0	0	0	1
Mak, Kemasan Industri	38,8±24,7	43	0,8	0,4	0	0
Mie ayam	23,6±20,9	25	0,7	0,1	0	0
Pempek	15,6±6,5	22	0,8	0,1	0	0
Bakso	72,4±52,5	98	2,1	0,7	0	0
Batagor	16,5±16,1	21	0,5	0,1	0	0
Siomay	12,9±9,1	11	0,4	0,1	0	0
Jumlah		1.008	38,2	10,7	448	25

Konsumsi kacang-kacangan yang banyak adalah tahu dan tempe sebagai lauk pauk nabati yang paling populer di masyarakat. Konsumsi kacang-kacangan tersebut sebanyak 46 g/hari. Jumlah ini tidak besar karena tidak lebih dari satu potong tempe ukuran sedang. Dibandingkan anjuran PUGS konsumsi lauk nabati

sebesar 150 g/hari (3 porsi), maka rata-rata konsumsi buah tersebut baru mencapai 30% (Depkes, 2005).

Lauk daging yang paling banyak dikonsumsi adalah daging ayam dan daging sapi. Rata-rata konsumsi daging sebesar 78 g/hari. Selain konsumsi daging, konsumsi telur 50 g/hari, dan konsumsi ikan 58 g/hari. Total konsumsi pangan hewani tersebut sudah mendekati anjuran PUGS untuk konsumsi lauk hewani sebesar 150 g/hari (3 porsi) (Depkes, 2005). Masalah utama pemanfaatan zat besi oleh tubuh adalah rendahnya penyerapan di dalam usus. Penyerapan zat besi dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu absorpsi besi heme dan non-heme yang menunjukkan keberadaan dua jenis zat besi yang berbeda di dalam pangan. Sumber heme pada pangan manusia adalah daging, ikan, dan unggas, sedangkan sumber non-heme adalah sereal, kacang-kacangan, sayur dan buah (UNICEF/FAO/WHO, 2001).

Konsumsi sayuran siswi sangat rendah yaitu 43 g/hari dibandingkan anjuran PUGS sebesar 300 g/hari (3 porsi) (Depkes, 2005). Konsumsi sayuran yang paling banyak dikonsumsi adalah sop sayuran, sop wortel dan kentang, tumis kangkung, sayur bayam, tumis labu, urap sayuran, sayur sawi. Namun demikian, konsumsi buah-buahan siswi relatif lebih banyak dibandingkan konsumsi sayuran yaitu sebanyak 73 g/hari. Dibandingkan anjuran PUGS konsumsi buah sebesar 200 g/hari (4 porsi), maka rata-rata tersebut baru mencapai 25–35% (Depkes, 2005). Buah yang banyak dikonsumsi adalah pisang, pepaya, apel, dan jambu biji.

Konsumsi susu diukur dari susu siap minum, baik yang disiapkan sendiri (susu bubuk, SKM) maupun susu UHT. Rata-rata konsumsi sebesar 112 g/hari. Minum susu tidak menjadi keharusan untuk kelompok remaja Depkes (2005). Minuman kemasan yaitu dari 493 g/hari. Jenis dan merk minuman kemasan yang banyak dikonsumsi siswi SMK adalah teh sisri, green tea, fruit tea, teh gelas, teh botol, coca cola, dan fanta.

Konsumsi makanan *snack* dalam kemasan sebanyak 39 g/hari. Adapun jenis dan merk makanan kemasan yang banyak dikonsumsi adalah chitatos, geri chocolatos, keripik kentang, momogi, biskuat, ciki steak & ciki singkong balado, energen sereal, oreo, astor, potato, sosis. Makanan sepinggan yang banyak

dikonsumsi adalah mie ayam, pempek, bakso, batagor, dan siomay. Konsumsi makanan sepinggan sebesar 321 g/hari.

### Asupan zat gizi

Asupan zat gizi subjek merupakan hasil konversi konsumsi pangan yang terdiri dari energi, protein, zat besi, vitamin A, dan vitamin C. Rata-rata asupan energi dan zat gizi per hari adalah  $1008\pm446$  kkal, protein  $38,3\pm19,8$  g, zat besi  $10,8\pm6,3$  mg, vitamin C  $25\pm16$  mg dan vitamin A  $448\pm410$  RE. Rata-rata Tingkat Kecukupan Gizi (TKG) energi adalah defisit tingkat berat (45,8%), sedangkan TKG protein defisit tingkat sedang (76,6%) dan TKG vitamin A tergolong kategori cukup (89,7%). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kecukupan siswi remaja defisit untuk zat gizi makro maupun zat gizi mikro (Tabel 3). Studi sebelumnya pada mahasiswa IPB juga menunjukkan defisiensi asupan zat gizi mikro. Proporsi subjek yang mengalami defisit asupan vitamin dan zat besi cukup tinggi, yaitu untuk vitamin A dan C (40–70%) dan zat besi 85% (Briawan *et al.* 2007).

Tabel 3. Rata-rata Asupan Zat Gizi Subjek Per Hari

Zat gizi	Asupan	TKG (%)
Energi (kkal)	$1008\pm446$	$45,8\pm20,3$
Protein (g)	$38,3\pm19,8$	$76,6\pm39,5$
Zat Besi (mg)	$10,8\pm6,3$	$41,7\pm24,2$
Vitamin C (mg)	$25\pm26$	$33,4\pm14,7$
Vitamin A (RE)	$448\pm410$	$89,7\pm82,0$

Proporsi subjek dengan TKG energi dan protein kategori tingkat defisit berurut-turut sebesar 86,5% dan 51,4%. Hasil analisis data Riskesdas (2010) TKG energi remaja usia 16–18 tahun berkisar antara 69,5%–84,3%, dan sebanyak 54,5% remaja mengonsumsi energi dibawah kebutuhan minimal. Adapun TKG protein remaja berkisar antara 88,3%–129,6%, dan yang asupannya dibawah kebutuhan minimal sebanyak 35,6% (Depkes, 2011).

Berdasarkan konsumsi pangan tersebut di atas, asupan zat gizi makro (energi dan protein), maupun zat gizi mikro (vitamin dan zat besi) subjek masih rendah dibandingkan standar AKG. Terdapat 5 orang siswi (6,8%) yang pada saat ini sedang melakukan diet untuk menurunkan berat badan atau menghindari

kegemukan. Sebanyak 5 siswi yang melakukan diet tersebut ternyata yang IMT-nya kegemukan/obese hanya satu orang, sedangkan 4 siswi lainnya berstatus normal.

Rata-rata asupan zat gizi siswi seperti tersebut di atas termasuk rendah, yang diantaranya disebabkan oleh perilaku konsumsi pangan yang salah. Terdapat kecenderungan pada remaja meskipun tidak kegemukan, tetapi melakukan diet, sehingga rata-rata asupan energi dan protein menjadi rendah. Studi lainnya di Bogor menunjukkan remaja yang melakukan diet penurunan berat badan, yaitu 10,7% laki-laki dan 32,0% wanita lebih besar dari pada jumlah remaja dengan kategori gemuk, yaitu berturut-turut 7% dan 8% (Briawan, Martianto dan Harahap, 2008). Sebanyak 30% remaja yang menginginkan tubuh ideal melakukannya dengan cara sengaja melewatkkan waktu makan, baik makan pagi, siang atau malam (Septiadewi dan Briawan, 2010).

### **Bioavailabilitas Zat Besi**

Bioavailabilitas zat besi dalam makanan sangat dipengaruhi oleh faktor pendorong dan penghambat. Selain itu bioavailabilitas zat besi juga terkait dengan zat besi heme dan non heme yang memiliki nilai bioavailabilitas berbeda (FAO/WHO, 2001).

Almatsier (2002) menyatakan bahwa protein, terutama protein hewani dan vitamin C membantu penyerapan zat besi dalam tubuh. Pangan yang mengandung zat besi dalam jumlah yang cukup tinggi adalah hati, daging, makanan laut, buah kering, dan sayuran hijau. Penelitian ini menunjukkan rata-rata konsumsi vitamin C sebesar 25 mg dan konsumsi sayuran dan buah berada dalam kategori kurang dengan rata-rata 117 g.

Almatsier (2003) menyatakan bahwa zat yang menghambat penyerapan zat besi antara lain tanin dan kalsium yang terdapat dalam teh, kopi, coklat, oregano, dan susu. Hal ini berkaitan dengan adanya oksalat dan tanin yang menghambat absorpsi. Subjek mengkonsumsi serealia rata-rata 214 g, kacang-kacangan 45,8 g dan konsumsi teh 0,8 g.

Rata-rata bioavailibilitas heme dan non-heme berturut-turut 23% dan 1,4%. Berdasarkan estimasi, rata-rata besi terserab dari heme dan non-heme sebesar

1 mg dan 0,09 mg. Sehingga rata-rata bioavailabilitas zat besi sebesar 1,09 mg. Rata-rata bioavailabilitas zat besi tersebut sebesar  $10,0 \pm 0,5\%$  atau dalam kategori penyerapan besi sedang. Rentang persen bioavailabilitas besi tersebut antara 8,7–11,2%. Studi konsumsi pangan mahasiswa di Bogor (Briawan *et al.* 2008) dengan menggunakan metode estimasi bioavailabilitas zat besi oleh Monsen *et al.* (1978) menunjukkan subjek dengan konsumsi *meat*, *fish*, dan *poultry* (MFP) antara 60–80 g/hari dan asupan vitamin C 50–60 mg/hari, diperkirakan skor bioavailabilitas besi sebesar 10%.

Uji korelasi *Pearson* menunjukkan bioavailabilitas zat besi (mg) secara signifikan berhubungan dengan konsumsi daging sapi dan ayam ( $r=0,381$ ) dan asupan vitamin C ( $r=0,340$ ) ( $p<0,05$ ). Adapun bioavailabilitas zat besi tidak berhubungan dengan asupan zat besi dan asupan protein ( $p>0,05$ ).

### **Status Anemia**

Secara subyektif sampel siswi selama satu bulan sebelum pengumpulan data diminta untuk menyebutkan kemungkinan mengalami gejala anemia seperti lemas, lelah, mata berkunang, cepat lesu, sering pingsan. Sebanyak 20–30% sampel merasa sepat lemas dan lelah, 15% mata berkunang-kunang.

Anemia adalah kondisi sel darah merah dan hemoglobin jumlahnya sedikit sehingga kemampuan membawa oksigen ke jaringan tubuh berkurang. Anemia dengan indikator biokimia darah ditunjukkan oleh beberapa parameter, yang utama adalah konsentrasi hemoglobin. Batas yang digunakan untuk kondisi anemia pada remaja wanita (tidak hamil) adalah  $<12$  g/dL (UNICEF/UNU/WHO, 2001).

Pada remaja, anemia dapat dipengaruhi oleh rendahnya asupan zat besi dan bioavailabilitas zat besi. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar Hb sebesar  $13,4 \pm 1,4$  g/dL. Sebanyak 8 siswi (10,8%) menderita anemia dengan rata-rata kadar Hb  $10,6 \pm 0,9$  g/dL. Dan sebanyak 66 siswi (89,2%) dengan status hemoglobin normal dengan kadar rata-rata  $13,7 \pm 1,0$  g/dL. Anemia dapat mengganggu kegiatan akademik berkaitan dengan gejala anemia yang dapat ditimbulkan, yaitu lemah, letih, lesu, dan lunglai yang dapat mengganggu konsentrasi serta motivasi belajar. Studi Briawan, Adriyani dan Pusporini (2009)

pada evaluasi program suplementasi besi di Kota Bekasi menunjukkan rata-rata kadar Hb sebelum suplementasi 12,4 g/dL dan prevalensi anemia antara siswi sebesar 22,0%.

Uji korelasi *Pearson* kadar hemoglobin (g/dL) secara signifikan berhubungan dengan asupan vitamin C ( $r=0,002$ ) dan vitamin A ( $r=0,022$ ) ( $p<0,05$ ). Namun demikian, kadar Hb tidak berhubungan dengan asupan zat besi, bioavailabilitas zat besi dan asupan protein ( $p>0,05$ ).

## KESIMPULAN

Rata-rata konsumsi pangan siswi untuk semua kelompok pangan lebih rendah dibandingkan dengan rekomendasi PUGS, kecuali untuk lauk pangan hewani sudah mendekati anjuran. Oleh karena itu, asupan zat gizi siswi juga rendah, baik untuk zat gizi makro (energi dan protein) dan mikro (zat besi, vitamin A, C). Estimasi bioavailabilitas zat besi sebesar 1,09 mg atau 10,0% dan termasuk dalam kategori sedang. Terdapat hubungan yang nyata antara bioavailabilitas zat besi dengan konsumsi daging sapi dan ayam dan asupan vitamin C. Rata-rata kadar Hb sebesar  $13,4\pm1,4$  g/dL, dan sebanyak 10,8% siswi menderita anemia. Kadar hemoglobin berhubungan nyata dengan asupan vitamin C dan vitamin A.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier S. 2002. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Briawan D, Harahap H, Martianto M. 2008. Hubungan konsumsi pangan dan status gizi dengan *body image* pada remaja di perkotaan. *Gizi Indonesia*, 30(2):51–56.
- Briawan D, Hardinsyah, Setiawan B, Marliyati SA, Muhibal. 2008. Efikasi suplemen besi-multivitamin untuk perbaikan status besi remaja wanita. *Jurnal Gizi Indonesia*. 30(1):30–36.
- Briawan D, Adriani A, Pusporini. 2009. Determinan keberhasilan program suplementasi zat besi pada remaja putri (siswi SMP dan SMK) di Kota Bekasi, *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*; 6(2):78–83.

- [Depkes] Departemen Kesehatan. 2003. Program Penanggulangan Anemia pada Wanita Usia Subur (WUS). Jakarta.
- [Depkes] Departemen Kesehatan. 2005. Pedoman Umum Gizi Seimbang (PUGS). Jakarta.
- [Depkes] Departemen Kesehatan. 2011. Riset Kesehatan Dasar 2010. Jakarta.
- Du S, Zhai F, Wang Y, & Popkin BM. 1999. Current Methods for Estimating Dietary Iron Bioavailability Do Not Work in China. America Society for Nutritional Science 130: 193–198.
- FAO/WHO [Food Agricultural Organization /World Health Organization]. 2001. *Human vitamin and mineral requirements*. Rome.
- Grantham S & Cornelius A. 2001. A Review of Studies on the Effect of Iron Deficiency on Cognitive Development in Children. The Journal of Nutrition 131, 649–668.
- Kartono D dan Soekatri M. Angka Kecukupan Mineral: Besi, Iodium, Seng, Mangan, Selenium. Dalam Soekirman dkk. [Eds], Ketahanan Pangan dan Gizi di Era Otonomi Daerah dan Globalisasi, Prosiding Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi VIII [hlm. 393–429], 17–19 Mei. LIPI, Jakarta.
- Krummel DA, Kris-Etherton PM. 1996. Nutrition in women's health. USA: An Aspen.
- Monsen ER, *et al.* 1978. Estimation of available dietary iron. Am J Clin Nutr January:134–141.
- Soewondo S, Husaini M & Pollitt E. 1989. Effect of Iron Deficiency on Attention and Learning Processes in School Children: Bandung, Indonesia. *Am J Clin Nutr*, 50, 667–74.
- Septiadewi D dan Briawan D. 2010. Penggunaan Metode *Body Shape Questionnaire* (BSQ) dan *Figure Rating Scale* (FRS) untuk Pengukuran Persepsi Tubuh Remaja Wanita. Jurnal Gizi Indonesia, 33(1): 29–36.
- UNICEF/UNU/WHO [United Nation for Children Education Fund/United Nation University/World Health Organization]. 2001. Iron deficiency anaemia: assessment, prevention and control a guide for programme managers. New York.

## PEMANFAATAN BIODIVERSITAS INDONESIA UNTUK NANOBIOSENSOR ANTIOKSIDAN

(Utilization of Indonesia's Biodiversity for Antioxidant Biosensor)

**Dyah Iswantini<sup>1,3)</sup>, Novik Nurhidayat<sup>2)</sup>, Lyonawati<sup>1)</sup>, Trivadila<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, IPB.

<sup>2)</sup>Divisi Mikrobiologi R & D Biologi, LIPI, Bogor.

<sup>3)</sup>Pusat Studi Biotfarmaka, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, IPB.

### ABSTRAK

Deteksi antioksidan dari suatu sediaan menggunakan metode spektrofotometri mempunyai kelemahan yaitu biaya yang mahal dan terkendala karena tingginya konsentrasi. Biosensor elektrokimia merupakan alternatif metode yang dikembangkan untuk mengukur sifat-sifat antioksidan. Biosensor untuk mengukur kapasitas antioksidan berbasis superokside dismutase (SOD) menunjukkan performa yang menjanjikan. Maka telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan biodiversitas Indonesia untuk biosensor antioksidan dengan menggunakan mikroba Indonesia (ekstrak protein sitoplasma *E. coli* ATC25922) sebagai penghasil yang diimobilisasi pada zeolit alam Indonesia sebagai material nano. Modifikasi SOD pada biosensor dengan teknik imobilisasi bertujuan untuk meningkatkan aktivitas, stabilitas dan efisiensi penggunaan enzim tersebut. Selain itu, molekul enzim yang terikat pada permukaan matriks, memungkinkan enzim untuk mempertahankan aktivitas katalitiknya. Hasil penelitian menunjukkan SOD dari ekstrak *E. coli* yang diimobilisasi pada zeolit alam memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan tanpa diimobilisasi dengan zeolit. Penggunaan zeolit alam sebagai matriks imobilisasi ini menghasilkan aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* relatif stabil selama 4 jam sebesar 88.91%. Nilai  $K_m$  SOD dalam ekstrak *E. coli* terimobilisasi lebih kecil dibandingkan tanpa imobilisasi. Ini menunjukkan afinitas SOD dalam ekstrak *E. coli* terimobilisasi lebih besar dibandingkan tanpa imobilisasi.

Kata kunci: Biodiversitas Indonesia, nanobiosensor antioksidan, *E.coli*, elektrokimia, zeolit.

### ABSTRACT

Antioxidant detection of sample using spectrophotometry method have weakness including the expensive price, long sample preparation time and less sensitive especially for sample with high concentration. Electrochemistry biosensor is alternative method which is developed to measure antioxidant capacity. Antioxidant biosensor using superokside dismutase (SOD) is the promising performance. Therefore, utilization of Indonesia's biodiversity using Indonesia's microbe and nano material for antioxidant biosensor has been conducted. The purpose of using SOD is to improve the activity, stability and enzyme utilization efficiency. The result of research indicated that SOD of *E. coli* extract immobilized on natural zeolite had a higher activity than without zeolite. Utilization of natural zeolite as immobilization matrix resulted the stable antioxidant activity of *E. coli* extract relatively of 88.91% for 4 hours.  $K_m$  value of SOD in *E. coli* extract immobilized was less than that of without immobilization. This result indicated that affinity of SOD in *E. coli* extract immobilized was much than that of without immobilization.

Keywords: Indonesia's biodiversity, antioxidant nanobiosensor, *E.coli*, electrochemistry, zeolite.

## PENDAHULUAN

Aktivitas sehari-hari sering membuat tubuh terpapar radikal bebas yang dihasilkan dari pencemaran udara, makanan yang mengandung pengawet, stres, infeksi virus, dan bakteri hasil metabolisme tubuh. Radikal bebas sangat berbahaya karena sifatnya yang reaktif dalam mencari pasangan elektron, bereaksi cepat pada biomolekul melalui berbagai jenis reaksi antara lain penangkapan hidrogen, donor elektron, dan penggunaan elektron bersama. Radikal bebas akan melepaskan elektron pada molekul sekitarnya untuk menghasilkan pasangan elektron sehingga menjadi molekul yang stabil. Reaksi ini akan berlangsung terus-menerus dalam tubuh dan bila tidak dihentikan akan menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker, penuaan dini, serta penyakit degeneratif lainnya (Pourmorad *et al.* 2006).

Sifat-sifat antioksidan seperti kapasitas dan aktivitas antioksidan dapat ditentukan dengan metode spektrofotometri, fluoresensi, kromatografi gas atau cair, dan sebagainya (Budnikov & Ziyatdinova, 2005). Metode-metode tersebut memiliki beberapa kelemahan, khususnya metode spektrofotometri yakni biaya mahal, waktu preparasi sampel lama, dan kurang sensitif terutama dalam menguji sampel berwarna dan sangat dipengaruhi oleh kekeruhan atau turbiditas. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang lebih tepat, cepat, dan sensitif untuk mengukur sifat-sifat antioksidan.

Biosensor antioksidan merupakan metode alternatif yang dikembangkan untuk mengukur sifat-sifat antioksidan. Metode ini sangat menjanjikan karena waktu analisis cepat, membutuhkan instrumen yang tidak mahal, dan protokol operasi yang sederhana, yaitu biosensor amperometri dan biosensor untuk menguji kapasitas antioksidan berdasarkan aktivitas penangkapan radikal bebas berbasis sitokrom *c*, DNA, dan superoksida dismutase (SOD) (Prieto-Simon *et al.* 2008). Biosensor antioksidan pada penelitian ini berbasis enzim SOD, akan tetapi penggunaan enzim SOD murni memiliki kekurangan, yaitu harga yang mahal dan kestabilan enzim yang rendah. Solusi dari kekurangan tersebut adalah penggunaan bakteri yang menghasilkan enzim SOD sebagai sensor.

Bakteri penghasil enzim SOD antara lain *Deinococcus radiodurans*, *Escherichia coli*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus niger*, dan sebagainya (Benov *et al.* 1996). Alasan pemilihan *Escherichia coli* sebagai sumber SOD pada penelitian ini karena pertumbuhannya sangat cepat dan mudah dalam penanganannya. Jenis SOD yang dihasilkan *E. coli*, yaitu Mn-SOD dan Cu/Zn-SOD. Enzim Mn-SOD termasuk jenis homotetramer yang terdiri dari satu atom mangan pada setiap sub unit. Enzim Cu/Zn-SOD memiliki dua sub unit yang identik, berperan dalam melindungi sel dari radikal superoksida, dan dapat ditemukan pada *E. coli* dalam konsentrasi tinggi (Mates *et al.* 1999).

Modifikasi enzim pada biosensor dengan teknik imobilisasi bertujuan untuk meningkatkan aktivitas, stabilitas dan efisiensi penggunaan enzim tersebut. Selain itu, molekul enzim yang terikat pada permukaan matriks, memungkinkan enzim untuk mempertahankan aktivitas katalitiknya. Bahan yang dapat digunakan sebagai matriks imobilisasi enzim antara lain biopolimer seperti kitosan, alginat, selulosa, karagenan, dan kitin (Nazaruddin, 2007), serta polimer sintetik seperti nilon, polianilin, polistirena, dan poliakrilamida. Akan tetapi, penggunaan polimer sebagai matriks imobilisasi memiliki kelemahan utama, yaitu stabilitas kimia dan mekaniknya yang masih rendah (Park, 2000).

Bahan anorganik seperti tanah liat, alumina berpori, silika (Bhatia *et al.* 2000), dan zeolit (Balal *et al.* (2009), Kirdeciler *et al.* (2011), Goriushkina *et al.* (2010)) juga dapat digunakan sebagai matriks imobilisasi enzim. Zeolit adalah salah satu bahan yang banyak terdapat di Indonesia dan berpotensi sebagai matriks imobilisasi SOD. Rangka dan pori dari struktur zeolit yang seragam menyebabkan selektivitas dan reproduksibilitas yang dihasilkan tinggi (Valdes *et al.* 2006).

Penggunaan zeolit sebagai matriks imobilisasi enzim pada biosensor telah dilakukan oleh Goriushkina *et al.* (2010) untuk imobilisasi glukosa oksidase, Kirdeciler *et al.* (2011), untuk imobilisasi urease dan menghasilkan stabilitas kerja biosensor yang baik, dan Balal *et al.* (2009), untuk modifikasi elektrode pasta karbon yang digunakan untuk mengukur kadar dopamin dan triptofan. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa elektrode pasta karbon yang termodifikasi

zeolit, akan menghasilkan arus yang lebih tinggi dan memiliki stabilitas yang baik dalam percobaan berulang-ulang dan membuat pengukuran menjadi lebih sensitif dan selektif. Selain itu, Weniarti (2011) juga menggunakan zeolit untuk imobilisasi SOD *D. radiodurans*. Hasil penelitian Weniarti (2011) menunjukkan bahwa penggunaan zeolit sebagai *co-immobilization* untuk enzim SOD *D. radiodurans* yang diimobilisasi pada permukaan elektrode pasta karbon yang dimodifikasi dengan ferosena sebagai mediator dapat meningkatkan aktivitas SOD dalam biosensor antioksidan.

Penelitian bertujuan menentukan aktivitas dan stabilitas SOD dari ekstrak protein sitoplasma *E. coli* ATC25922 yang diimobilisasi pada zeolit alam sebagai biosensor antioksidan.

## METODE PENELITIAN

### Penumbuhan Sel Bakteri *E. coli* dan Ekstraksi SOD *E. coli*

Bakteri *E. coli* ditumbuhkan media LB agar miring, kemudian diinkubasi selama 24 jam, 37°C. Bakteri yang tumbuh selanjutnya ditanam ke dalam 5 mL media LB cair sebagai *starter*, diinkubasi sampai mencapai nilai OD<sub>610</sub>=0.5 kemudian diinokulasi ke dalam 50 mL media LB cair dan diinkubasi kembali selama 24 jam, 37°C. Sel bakteri dipanen dengan cara disentrifugasi pada kecepatan 10 000 rpm selama 20 menit. Pelet dipisahkan dari supernatan dan dicuci dengan air destilata steril dan diresuspensi dalam bufer fosfat pH 7.5. Suspensi biomassa sel bakteri kemudian disonikasi dengan *Ultrasonic Homogenizer* dengan *pulse* 50% dan *output* 5, dengan interval 10×2 menit dan interval berhenti 1 menit. Sonikasi bertujuan untuk memecah sel bakteri. Selama sonikasi, suspensi biomassa sel bakteri diletakkan dalam penangas es. Hasil sonikasi kemudian disentrifugasi dengan gaya sentrifugasi 10.000 rpm pada suhu 4°C selama 15 menit untuk memisahkan pelet membran dan fraksi ekstrak sitoplasma sel bakteri. Konsentrasi protein yang mengandung enzim SOD dari ekstrak sitoplasma diketahui dengan cara pengukuran absorbansi larutan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 260 dan 280 nm.

### Aktivasi Zeolit

Sebanyak 50 gram zeolit Bayah dicuci dengan akuades sampai pH netral, disaring, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Zeolit yang telah dikeringkan, diaktivasi dengan menambah 250 mL HCl 3 M dalam gelas piala dan diaduk selama 1 jam. Zeolit yang telah diaktivasi disaring, kemudian dicuci dengan akuades sampai pH netral. Larutan hasil saringan diuji kandungan klorin dengan  $\text{AgNO}_3$  dan dicuci kembali dengan akuades sampai tidak mengandung klorin. Setelah pH netral dan bebas klorin, zeolit dikeringkan pada suhu 300°C selama 3 jam. Zeolit yang telah diaktivasi kemudian dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh (Arif, 2011).

### Imobilisasi Ekstrak Kasar Enzim SOD *E.coli* dan Sel Bakteri *E.coli*

Sebanyak 30 mg zeolit Bayah dicampurkan dengan 10 mL akuades, sehingga membentuk suspensi 3 mg/mL. Sebanyak 20  $\mu\text{L}$  ekstrak *E. coli* dalam bufer fosfat pH 7.5 dicampur dengan 10  $\mu\text{L}$  suspensi zeolit, didiamkan 10 menit, dan diteteskan sebanyak 10  $\mu\text{L}$  pada permukaan elektrode, didiamkan hingga pelarutnya menguap, dilapisi dengan membran dialisis, ditutup dengan jaring nilon, dan diikat dengan parafilm. Elektrode dapat langsung digunakan untuk pengukuran aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* menggunakan metode voltametri siklik. Elektrode direndam dalam bufer fosfat pH 7.5 pada suhu 4°C ketika tidak digunakan untuk memberikan keadaan yang sama dengan lingkungan sebenarnya. Prosedur yang sama dilakukan untuk imobilisasi sel bakteri *E. coli* (Modifikasi Dai *et al.* 2004, Ikeda *et al.* 1998).

### Pengukuran Aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli*

Uji aktivitas dilakukan dengan variasi rentang konsentrasi substrat xantina 0.1-1.00 mM (interval 0.1 mM), kemudian dibuat kurva hubungan antara konsentrasi substrat xantina dengan aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli*. Sebagai parameter adanya hubungan linier digunakan koefisien korelasi  $r$  pada analisis regresi linier  $y = a + bx$ .

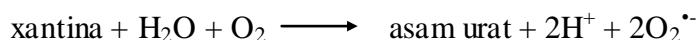
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penumbuhan Sel *E. coli* dan Ekstraksi Enzim SOD *E. coli*

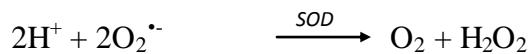
Sel bakteri *E. coli* dipecah menggunakan *Ultrasonic Homogenizer* untuk mengekstraksi protein sitoplasma yang mengandung SOD. Konsentrasi ekstrak protein sitoplasma yang diperoleh sebesar 1068.06 µg/mL. Ekstrak protein sitoplasma yang diperoleh tersebut diduga mengandung SOD jenis Mn-SOD dan Cu/Zn-SOD. Penelitian Yuan *et al.* (2002) menyebutkan SOD yang terkandung dalam ekstrak protein sitoplasma sel *E. coli* sebesar 26% dan aktivitas spesifiknya sebesar 920 U/mg (setelah dimurnikan). Aktivitas ini lebih besar dibandingkan aktivitas spesifik SOD dari *Macrobrachium nipponense* sebesar 96.29 U/mg (Yao *et al.* 2004).

### Optimasi Aktivitas Antioksidan Ekstrak *E. coli* dan Sel Bakteri *E. coli*

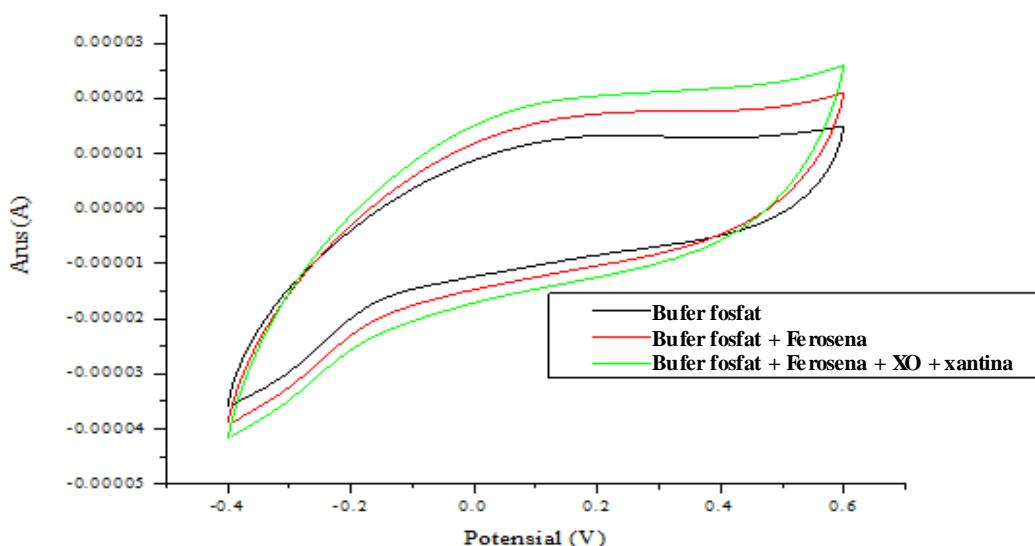
Aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* ditentukan menggunakan metode voltametri siklik. Metode ini sering digunakan sebagai eksperimen awal pada studi elektroanalisis untuk menentukan lokasi potensial redoks dari spesi elektroaktif secara cepat dan memberikan evaluasi yang baik dari pengaruh media terhadap proses redoks secara keseluruhan. Voltametri siklik merupakan salah satu metode elektroanalitik berdasarkan proses reduksi oksidasi pada permukaan elektrode kerja, yaitu elektrode pasta karbon termodifikasi mediator ferosena. Pemilihan ferosena sebagai mediator, karena sifatnya yang stabil, tidak bereaksi langsung dengan substrat enzim, potensial redoks yang lebih rendah dari potensial oksidasi zat-zat pengganggu, dan tidak dipengaruhi oleh pH dan efek kekuatan ion pada media (Trivadila, 2011). Elektrode pasta karbon yang termodifikasi ferosena pada penelitian Trivadila (2011) menghasilkan puncak anode dan katode, sehingga pada voltamogram blanko (tanpa penambahan substrat) akan dihasilkan arus yang berasal dari ferosena sebagai mediator. Setelah penambahan substrat xantina, terjadi reaksi enzimatis xantina dengan xantin oksidase (XO) yang menghasilkan radikal superoksida menurut reaksi:



Selanjutnya, radikal yang dihasilkan akan didismutasi membentuk O<sub>2</sub> dengan katalis SOD melalui reaksi:



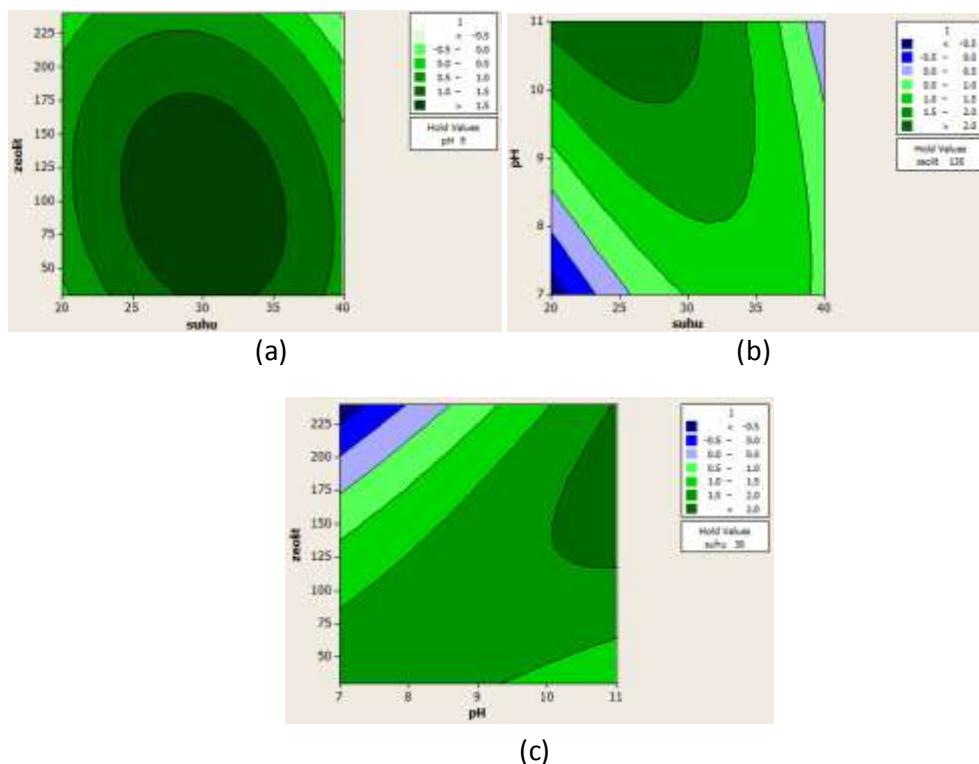
Reaksi yang terjadi pada permukaan elektrode pasta karbon ini akan menghasilkan arus puncak oksidasi yang lebih tinggi dibandingkan arus blanko (bufer fosfat) pada voltamogram siklik (Gambar 1). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ekstrak *E.coli* yang diimmobilisasi pada permukaan pasta karbon termodifikasi ferosena menghasilkan aktivitas yang dapat terukur menggunakan metode voltametri siklik.



Gambar 1. Voltamogram siklik.

Optimasi aktivitas antioksidan ekstrak dan *E. coli* terimobilisasi meliputi suhu 20-40°C, pH 7-11, dan zeolit 30-240 mg. Hasil optimasi tersebut kemudian dianalisis menggunakan *Response Surface Methods* (RSM) pada perangkat lunak Minitab. Metode ini merupakan suatu teknik matematika dan statistika yang berguna untuk memodelkan dan menganalisis respon yang diteliti dipengaruhi oleh beberapa variabel dan bertujuan mengoptimalkan respon (Montgomery, 2001). Respon yang diperoleh digambarkan dalam bentuk plot kontur yang merepresentasikan garis-garis yang menunjukkan nilai ekspektasi respon aktivitas berupa arus dari minimum hingga maksimum. Gambar 2 menampilkan plot

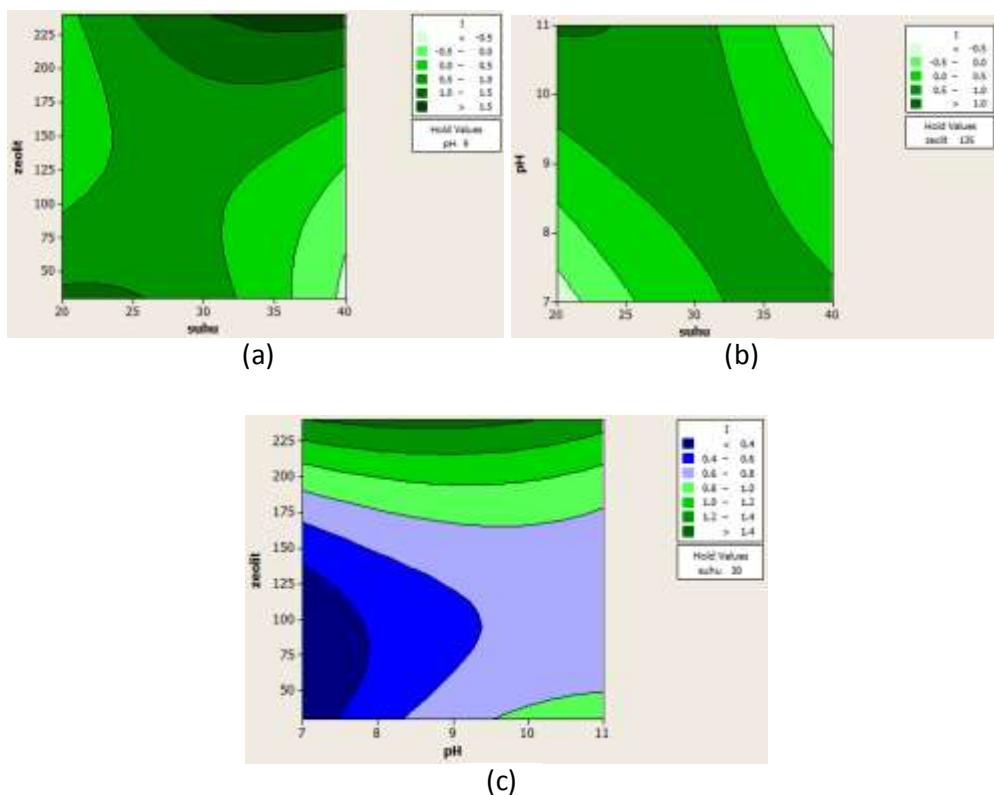
kontur hubungan antara suhu-pH, suhu-zeolit, dan pH-zeolit terhadap aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli*.



Gambar 2. Plot kontur hubungan antara suhu dan zeolit (a), suhu dan pH (b), pH dan zeolit (c) terhadap aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli*.

Kondisi optimum ekstrak *E. coli* yang diperoleh berdasarkan *respon optimizer* pada Minitab, yaitu suhu 37°C, pH 7, dan zeolit 30 mg. Hasil ini hampir sama dengan hasil yang diperoleh Endo *et al.* (2002) yang mengimobilisasi SOD dengan mediator ferosena-karboksialdehida bertaut silang dengan glutaraldehida pada permukaan elektrode Pt, memiliki aktivitas optimum pada suhu 37°C dan pH 7.4. Proses imobilisasi yang berbeda akan memengaruhi pH dan suhu optimum yang diperoleh. Enzim terimobilisasi menunjukkan perubahan ketergantungan pada keadaan pH, suhu, matriks imobilisasi, dan kekuatan ionik, khususnya jika parameter-parameter tersebut diubah oleh reaksi enzim itu sendiri. Akumulasi produk reaksi oleh batasan difusi dapat menggeser pH nyata optimum enzim 1-2 nilai pH dibandingkan dengan enzim bebas. Pergeseran serupa juga terjadi ketika enzim diimobilisasi pada matriks yang bermuatan positif atau negatif. Pergeseran

suhu terjadi karena immobilisasi enzim menyebabkan ketidakhomogenan sehingga terjadi penyimpangan pada plot Arrhenius (Bisswanger, 2008). Aktivitas optimum ekstrak *Deinococcus radiodurans*, yaitu pada suhu 30 °C, pH 9, dan zeolit 137.5 mg (Weniarti, 2011). Perbedaan kondisi optimum tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan bakteri yang digunakan sebagai sumber SOD, jenis SOD, konsentrasi SOD, dan proses immobilisasi yang digunakan. Selain itu, penelitian ini menggunakan matriks immobilisasi zeolit yang telah diaktifasi terlebih dahulu sehingga memungkinkan tidak terdapat pengotor-pengotor yang mempengaruhi aktivitas optimum ekstrak *E. coli*.



Gambar 3. Plot kontur hubungan antara suhu dan zeolit (a), suhu dan pH (b), dan pH dan zeolit (c) terhadap aktivitas sel bakteri *E. coli*.

Optimasi aktivitas sel bakteri *E. coli* terimobilisasi meliputi suhu 20-40°C, pH 7-11, dan zeolit 30-240 mg. Hasil optimasi tersebut kemudian dianalisis menggunakan RSM pada perangkat lunak Minitab. Gambar 3 menampilkan plot kontur hubungan antara suhu-pH, suhu-zeolit, dan pH-zeolit terhadap aktivitas sel bakteri *E. coli*. Kondisi optimum sel bakteri *E. coli* yang diperoleh, yaitu suhu

40°C, pH 7, dan zeolit 240 mg. Hasil optimasi menunjukkan bahwa aktivitas maksimum sel bakteri *E. coli* sebesar 1.972  $\mu$ A lebih kecil daripada aktivitas maksimum ekstrak *E. coli* sebesar 2.885  $\mu$ A. Hasil tersebut disebabkan karena enzim SOD terdapat dalam membran sel *E. coli*, sehingga dinding selnya harus dipecah terlebih dahulu untuk mendapatkan ekstrak. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan sel bakteri *E. coli* utuh kurang berpotensi untuk digunakan sebagai komponen pengenal hayati pada biosensor antioksidan.

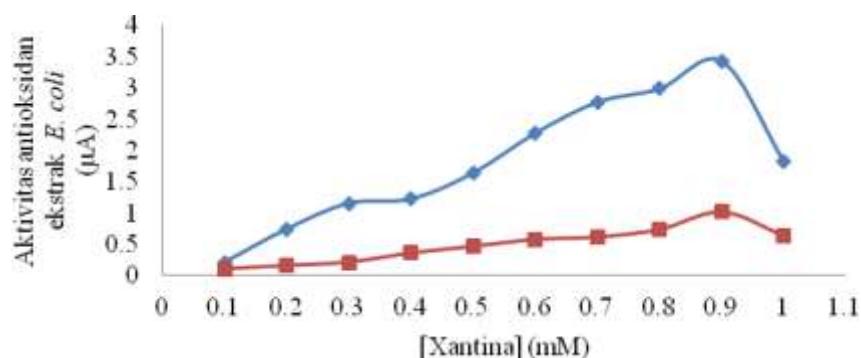
### **Aktivitas Antioksidan Ekstrak *E. coli***

Pengaruh substrat xantina terhadap aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* yang diimobilisasi pada zeolit alam dilakukan pada rentang konsentrasi 0.1 – 1.0 mM (interval 0.1 mM), pH 7, zeolit 30 mg, dan suhu 28°C. Pemilihan 28°C (suhu ruang) ini memudahkan dalam aplikasi biosensor antioksidan yang lebih praktis sehingga dapat langsung digunakan pada suhu ruang. Hasil pengukuran aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* pada rentang konsentrasi substrat xantina 0.1–1.0 mM.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara konsentrasi substrat xantina dengan aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* terimobilisasi dan tanpa imobilisasi yang hampir identik dengan persamaan Michaelis-Menten. Kurva tersebut menjelaskan bahwa reaksi yang dikatalisis oleh ekstrak kasar enzim SOD *E. coli* terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama terjadi pada rentang 0.1–0.8 mM, yaitu reaksi berada pada fase pertama, tidak semua sisi aktif enzim mengikat radikal superoksida. Ketika konsentrasi xantina mencapai 0.9 mM, aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* mulai mencapai maksimum, yaitu sebesar 3.425  $\mu$ A (terimobilisasi) dan 1.025  $\mu$ A (tanpa imobilisasi), dan kondisi ini menunjukkan bahwa reaksi berada pada fase kedua, artinya enzim telah bekerja pada kapasitas penuh, semua sisi aktif enzim telah mengikat radikal superoksida. Penambahan substrat xantina dengan konsentrasi lebih tinggi berpengaruh pada penurunan aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli*, hal ini ditunjukkan pada saat penambahan konsentrasi xantina 1.0 mM, aktivitasnya turun menjadi 1.818  $\mu$ A (terimobilisasi) dan 0.637  $\mu$ A (tanpa imobilisasi).

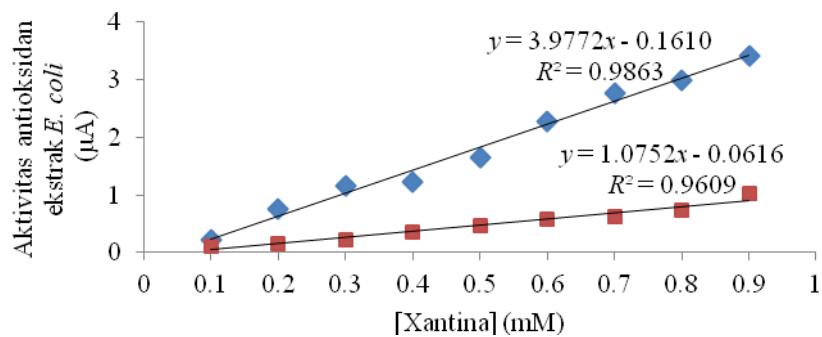
Arus puncak oksidasi ekstrak *E. coli* diimobilisasi pada permukaan zeolit yang lebih tinggi menunjukkan bahwa telah terjadi proses transfer elektron dari

reaksi enzimatis dismutasi superoksida oleh SOD dalam zeolit pada permukaan elektrode pasta karbon. Penggunaan zeolit sebagai matriks imobilisasi ekstrak *E. coli* diduga memengaruhi arus puncak oksidasi yang dihasilkan. Kemampuan zeolit dalam meningkatkan arus puncak oksidasi disebabkan oleh sifatnya yang hidrofilik karena adanya gugus –OH di sekitar pori yang sangat sesuai untuk imobilisasi enzim (Valdes *et al.* 2006). Kemampuan zeolit dalam meningkatkan puncak arus oksidasi yang dihasilkan juga diperlihatkan pada penelitian Dai *et al.* (2004). Penelitian tersebut menggunakan zeolit NaY sebagai matriks imobilisasi sitokrom c untuk mendekripsi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.



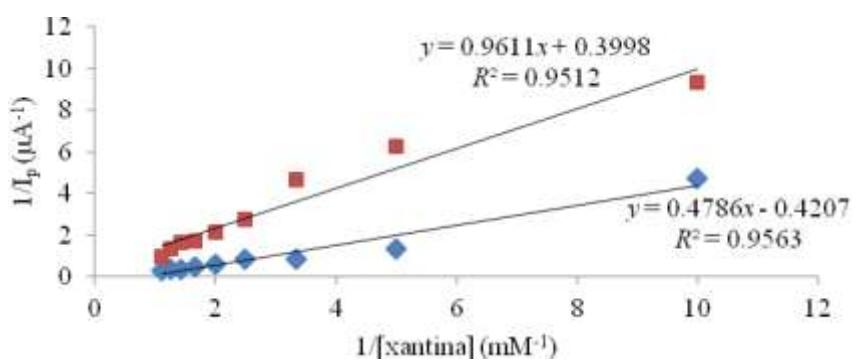
Gambar 4. Hubungan konsentrasi xantina dengan aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli*  
—♦— + zeolit, —■— tanpa zeolit.

Penentuan linieritas pengukuran bertujuan untuk mengetahui daerah kerja maksimum dari elektrode yang digunakan. Gambar 5 menunjukkan hubungan linier antara konsentrasi substrat xantina dengan aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* terimobilisasi dan tanpa imobilisasi. Berdasarkan gambar tersebut, diperoleh hubungan linier pada rentang konsentrasi substrat xantina 0.1–0.9 mM. Persamaan garis linier  $y=3.9772x-0.1610$  dengan nilai  $R^2=98.63\%$  (menggunakan zeolit sebagai matriks imobilisasi) dan  $y=1.0752x-0.0616$  dengan nilai  $R^2=96.09\%$  (tanpa matriks zeolit). Kisaran linier ekstrak *E. coli* yang diperoleh lebih lebar daripada penelitian Trivadila (2011), yaitu 0.1–0.7 mM untuk SOD murni dan 0.1–0.6 mM untuk ekstrak D. radiodurans.



Gambar 5. Linearitas konsentrasi xantina dengan aktivitas antioksidan ekstrak *E. Coli*  
◆ + zeolit, ■ tanpa zeolit.

Penentuan parameter kinetika ekstrak *E. coli* bertujuan untuk melihat kespesifikasi ekstrak *E. coli* yang diimobilisasi pada zeolit alam. Parameter kinetika yang digunakan, yaitu konstanta Michaelis-Menten nyata ( $K_m \text{ app}$ ) dan laju reaksi maksimum nyata ( $V_{maks \text{ app}}$ ) yang dianalogikan sebagai arus maksimum nyata ( $I_{maks \text{ app}}$ ). Kedua parameter kinetika tersebut ditentukan dengan metode Lineweaver-Burk, Hanes-Woolf, dan Eadie-Hofstee. Linearitas metode Lineweaver-Burk lebih besar daripada Hanes-Woolf, dan Eadie-Hofstee, sehingga dapat disimpulkan bahwa kinetika reaksi enzimatis ekstrak *E. coli* terimobilisasi dan tanpa imobilisasi mengikuti kinetika Lineweaver-Burk.



Gambar 6. Plot Lineweaver-Burk ekstrak *E. coli* ◆ + zeolit, ■ tanpa zeolit.

Nilai  $K_m$  merupakan suatu ukuran kuat atau lemahnya enzim mengikat substrat. Nilai  $K_m$  kecil maka enzim mengikat kuat substrat sehingga untuk menjenuhkan enzim hanya memerlukan substrat yang lebih sedikit dan sebaliknya

jika nilai  $K_m$  besar maka enzim tidak terlalu mengikat kuat substrat sehingga membutuhkan substrat yang lebih banyak untuk menjenuhkan enzim. Nilai  $I_{maks}$  merupakan indikator aktivitas enzim. Semakin besar  $I_{maks}$ , semakin tinggi aktivitas enzim dan sebaliknya. Nilai  $K_m$  ekstrak *E. coli* terimobilisasi dan tanpa imobilisasi, yaitu 1.1376 mM dan 2.4039 mM. Nilai  $I_{maks}$  ekstrak *E. coli* terimobilisasi dan tanpa imobilisasi, yaitu 2.3770  $\mu$ A dan 2.5012  $\mu$ A. Analisis kinetika ekstrak *E. coli* terimobilisasi dan tanpa imobilisasi dengan metode Lineweaver-Burk. Nilai  $K_m$  dan  $I_{maks}$  enzim SOD murni yang diperoleh pada penelitian Weniarti (2011), yaitu 1.096 mM dan 0.9890  $\mu$ A.

Perbedaan nilai  $I_{maks}$  dan  $K_m$  yang diperoleh berhubungan dengan tingkat kemurnian enzim dan penggunaan zeolit sebagai matriks imobilisasi enzim. Enzim yang murni dan terjerap di permukaan zeolit memungkinkan sisi-sisi aktifnya dapat bereaksi secara lebih baik, sehingga meningkatkan aktivitasnya yang berdampak pada penurunan nilai  $K_m$ . Selain itu, enzim yang diekstraksi dari sumber bakteri yang berbeda akan memiliki sifat-sifat yang berbeda terutama responnya terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, pH, dan konsentrasi substrat.

## KESIMPULAN

Superoksida dismutase dari ekstrak *E. coli* yang diimobilisasi pada zeolit alam memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan tanpa diimobilisasi dengan zeolit. Penggunaan zeolit alam sebagai matriks imobilisasi ini menghasilkan aktivitas antioksidan ekstrak *E. coli* relatif stabil selama 4 jam sebesar 88.91%. Nilai  $K_m$  SOD dalam ekstrak *E. coli* terimobilisasi lebih kecil dibandingkan tanpa imobilisasi. Ini menunjukkan afinitas SOD dalam ekstrak *E. coli* terimobilisasi lebih besar dibandingkan tanpa imobilisasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif Z. 2011. Karakterisasi dan modifikasi zeolit alam sebagai bahan media pendekripsi studi kasus: kromium heksavalen [tesis]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

- Arya SK, Datta M, Malhotra BD. 2007. Recent advances in cholesterol biosensor. *Biosensors and Bioelectronics* 23: 1083–1100.
- Balal K, Mohammad H, Bahareh, Ali B, Maryam H, Mozghan Z. 2009. Zeolite nanoparticle modified carbon paste elektrode as a biosensor for simultaneous determination of dopamine and tryptophan. *J Chin Chem* 56: 789-796.
- Bell RG. 2001. What are Zeolites?. [terhubung berkala]. <http://www.bza.org/zeolites.html>. [14 Feb 2012].
- Benov LT, Beyer Jr WF, Stevens RD, Fridovich I. 1996. Purification and characterization of the Cu,Zn SOD from *Escherichia coli*. *Free Rad Bio Med* 21 (1): 117–121.
- Bhatia R, Gupta AK, Anup KS, Brinker CJ. 2000. Aqueous sol-gel process for protein encapsulation. *Chem. Mater* 12: 2434–2441.
- Bisswanger H. 2008. *Enzyme Kinetics Principles and Methods*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Budnikov GK, Ziyatdinova. 2005. Antioxidants as analytes in analytical chemistry. *Journal of Analytical Chemistry* 60: 600–613.
- Campanella L, Bonanni A, Favero G, Tomassetti M. 2003. Determination of antioxidant properties of aromatic herbs, olives and fresh fruit using an enzymatic sensor. *Anal. Bioanal. Chem.* 375: 1011–1016.
- Campanella L, Bonanni A, Finotti E, Tomassetti M. 2004. Biosensors for determination of total and natural antioxidant capacity of red and white wines: comparison with other spectrophotometric and fluorimetric methods. *Biosens. Bielectron.* 19: 641–651.
- Dai Z, Liu S, Ju H. 2004. Direct electron transfer of cytochrome c immobilized on a NaY zeolit matrix and its application in biosensing. *Electro Acta* 49: 2139–2144.
- Donnelly JK, McLellan KM, Walker JL, Robinson DS. 1989. Superoxide dismutase in foods. *A Review J Food Chem* 33: 243–270.
- Endo K *et al.* 2002. Development of superoxide sensor by immobilization of superoxide dismutase. *Sens. Actuators B* 83:30–34.
- Ginting A, Anggraini D, Indrayati S, Kriswarini R. 2007. Karakteristik komposisi kimia, luas pori, dan sifat termal zeolit dari daerah Bayah, Tasikmalaya, dan Lampung. *Jurnal Tek Bahan Nuklir* 3: 1–48.
- Goriushkina TB, Kurç BA, Sacco A, Dzyadevych SV. 2010. Application of zeolites for glucose oxidase in amperometric biosensors. *Sensor Electronics & Microsystem Technologies* 1: 36–42.

- Gort AS, Ferber DM, Imlay JA. 1999. The regulation and role the periplasmic copper, zinc superoxide dismutase of *Escherichia coli*. *Molecular Microbiology* 32 (1) 179–191.
- Grieshaber D, Mackenzie R, Janos V, Erik R. 2008. Electrochemical biosensor-sensor principles and architectures. *Sensor* 8: 1400–1458.
- Hadiyawarman, Rijal A, Nuryadin BW, Abdullah M, Khairurrijal. 2008. Fabrikasi material nanokomposit superkuat, ringan, dan transparan menggunakan metode *simple mixing*. *J Nano Nanotek* 1: 14–21.
- Hartati YW, Rochani S, Bahti HH, & Agma M. 2005. Biosensor elektrokimia untuk deteksi urutan DNA tanpa indikator hibridisasi. [Seminar]. Bandung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran.
- Holt *et al.* 1994. *Determinative Bacteriology*. NSA: Lippincot William & Wilkins.
- Ikeda T, Matsubara H, Kato H, Iswantini D. 1998. Electrochemical monitoring of in vivo reconstitution of glucose dehydrogenase in *Escherichia coli* cells with externally added pyrroloquinoline quinone. *Electroanal Chem* 449 (1-2): 219-224.
- Iswantini D, Nurhidayat N, Trivadila. 2011. Glucose biosensor using selected Indonesian bacteria. *Microbiology* 5 (1) 9–14.
- Kirdeciler SK, Soy E, Ozturk S, Kucherenko I, Soldatkin O, Dzyadevych S, Akata B. 2011. A novel urea conductometric biosensor based on zeolite immobilized urease. *Talanta* 85: 1435–1441.
- Martin C. 2011. Prinsip biosensor. [terhubung berkala]. [http://www.newsmedical.net/health/Biosensor-Principle-\(Indonesian\).aspx](http://www.newsmedical.net/health/Biosensor-Principle-(Indonesian).aspx). [4 Feb 2012].
- Mates JM, Gomez CP, Castro IN. 1999. Antioxidant enzymes and human diseases. *Clin. Biochem* 32(8): 595–603.
- McCord JM, Fridovich I. 1969. Superoxide dismutase An enzyme for eryrhrocuprein (hemocuprein). *J. Biol. Chem.* 224 (22): 6049–6055.
- Montgomery DC. 2001. *Design and Analysis Of Experiments 5<sup>th</sup> Edition*. Canada: John Wiley & Sons Inc.
- Nazaruddin. 2007. Biosensor Urea Berbasis Biopolimer Khitin sebagai Matriks Imobilisasi. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 6: 41–44.
- Nezamzadeh A, Amini MK, Faghihian H. 2007. Square-wave voltametric determination of ascorbic acid based on its electrocatalytic oxidation at zeolite-modified carbon-paste electrodes. *Int. J. Electrochem. Sci.* 2: 583–594.

- Park JK, Chang HN. 2000. Microencapsulation of microbial cells. *Biotechnol. Advances* 18: 303–319.
- Pietta PG. 2000. Flavonoids as antioxidants. *J. Nat. Prod* 63: 1035–1042.
- Pourmorad F, Hosseini-mehr SJ, Shahabimajd N. 2006. Antioxidant activity, phenols, flavanoid contents of selected Iranian medicinal plants. *S. Afr. J. Biotechnol* 15: 1142-1145.
- Prieto-Simon B, Cortina M, Campas M, Calas-Blanchard C. 2008. Electrochemical biosensor as a tool for antioxidant capacity assessment. *Sens. Actuators B* 129: 459–466.
- Purwoko T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Scott AO. 1998. *Biosensors for Food Analysis*. UK: The Royal Society of Chemistry.
- Svancara I, Ogorevc B, Hocevar SB, Vytras K. 2002. Perspectives of carbon paste electrode in stripping voltammetry. *Analytical Sciences* Vol 18: 95–100.
- Trivadila. 2011. Biosensor antioksidan menggunakan superoksida dismutase *Deinococcus radiodurans* yang diimobilisasi pada permukaan elektrode pasta karbon dan parameter kinetikanya. [Tesis]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Valdes MG, Perez-Cordoves AI, Diaz-Garcia ME. 2006. Zeolites and zeolite based materials in analytical chemistry. *J. Trends Anal Chem* 25: 24–30.
- Vastarella W. 2001. Enzyme modified elektrodes in amperometric biosensors. [Tesis]. Bari: University of Degli Studi di Bari.
- Weniarti. 2011. Biosensor antioksidan berbasis superoksida dismutase *Deinococcus radiodurans* diimobilisasi pada nanokomposit zeolit alam Indonesia. [Tesis]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Yao C, Way AL, Wang WN, Sun RY. 2004. Purification and partial characterization of Mn-SOD from niusele tissue of shrimp *Macrobrachium nipponense*. *Aquaculture* 24: 621–631.
- Yuan QS, He HJ, Yang GZ, Wu XF. 2002. High-level expression of human extracellular superoxide dismutase in *Escherichia coli* and insect cells. *Protein Expression and Purification* 24: 13–17.

## STUDI KINETIKA PRODUKSI GLUKOSAMIN DALAM WATER-MISCIBLE SOLVENT DAN PROSES SEPARASINYA

(Study on Kinetic and Separation Process of Glucosamine Production in Water-miscible Solvent)

**Eko Hari Purnomo<sup>1,2)</sup>, Azis Boing Sitanggang<sup>1,2)</sup>, Dias Indrasti<sup>1,2)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

<sup>2)</sup>Pusat Pengembangan ILTEK Pertanian dan Pangan Asia Tenggara (Seafast Center), Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, IPB.

### ABSTRAK

Glukosamin (GlcN) umumnya diproduksi melalui hidrolisis eksoskeleton hewan laut dan fermentasi mikroorganisme. Akan tetapi, produksi dengan hidrolisis memiliki keterbatasan pada ketersediaan bahan baku, alergi, maupun kontaminasi lingkungan. Sementara, produksi menggunakan mikroorganisme terbatasi oleh waktu produksi yang lama dan proses pemisahan. Oleh karena itu, pada studi ini produksi GlcN dilakukan secara kimia non-enzimatis antara sumber karbon (fruktosa atau glukosa) dan sumber ammonium (campuran ammonium asetat dan ammonium klorida) dalam metanol dengan asam asetat sebagai buffer. Hasil menunjukkan bahwa fruktosa sebagai sumber karbon dapat membentuk solid GlcN dengan rendemen sebesar 544,79 mg/g karbon. Jumlah rendemen ini jauh lebih besar dibandingkan dengan hasil fermentasi (220 mg/g karbon). Akan tetapi, penelitian lebih lanjut terhadap proses pemurnian GlcN perlu dilakukan.

Kata kunci: Glukosamin, non-enzimatis, fruktosa, ammonium.

### ABSTRACT

Glucosamine (GlcN) has traditionally been produced by hydrolysis of shellfish exoskeleton and microbial fermentation. However, production by hydrolysis has limitations including the availability of raw material, shellfish allergy, and environmental contamination. Meanwhile, production by microorganism is limited due to long fermentation time and separation process. In regards to these limitations, in this study, production of GlcN was conducted by non-enzymatic chemical reaction between carbon source (glucose or fructose) and ammonium source (mixture of ammonium acetate and ammonium chloride) in the presence of methanol containing acetate acid as buffer system. The result showed that production with fructose as carbon source can form solid GlcN with yield of GlcN was 544.79 mg/g carbon. The yield was much higher than production by fermentation (220 mg/g carbon). However, further study on purification process of GlcN is required.

Keywords: Glucosamine, non-enzymatic, fructose, ammonium.

### PENDAHULUAN

Osteoarthritis (OA, penyakit sendi degeneratif) adalah sindrom klinis dimana inflamasi tingkat rendah dihasilkan dari nyeri pada sendi. OA dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti (i) abnormalitas tulang rawan yang berfungsi sebagai bantalan dalam sendi dan (ii) kerusakan atau penurunan cairan

sinovial yang melumasi sendi tersebut (Conaghan, 2008). Ada sejumlah pilihan pengobatan yang tersedia untuk penderita OA, mulai dari perubahan gaya hidup yang sederhana sampai dengan penggunaan obat-obatan (obat anti-inflamatori) atau produk *nutraceuticals* lainnya (Ishiguro *et al.* 2002).

Glukosamin (GlcN; C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>NO<sub>5</sub>) dan N-asetil glukosamin (GlcNAc; C<sub>8</sub>H<sub>15</sub>NO<sub>6</sub>) dapat disintesis dalam tubuh dari glukosa dan juga bertindak sebagai prekursor untuk biosintesis beberapa makromolekul, termasuk glikolipid, glikoprotein, glukosaminoglikan (mukopolisakarida) dan proteoglikan. Sebagai komponen dari makromolekul, GlcN memiliki peran dalam sintesis membran lapisan sel, kolagen, osteoid, dan tulang matriks. GlcN juga diperlukan untuk pembentukan cairan pelumas dan agen perlindungan. Karena konsentrasi yang tinggi dalam sendi, hipotesis menyebutkan bahwa suplemen GlcN dapat membantu menurunkan gejala osteoarthritis (D'Ambrosio *et al.* 1981).

GlcN hidroklorida (GlcN-HCl) dan sulfat umumnya digunakan sebagai suplemen. Selanjutnya, pada tahun 2004 GlcN termasuk ke dalam GRAS melalui pengumuman GRN 000150: 21 CFR 170.3(n) (3), (7), (16), (31), (36). Dengan demikian, GlcN dapat digunakan bukan hanya sebagai suplemen tetapi juga sebagai ingredien dalam pembuatan berbagai jenis pangan seperti yang disebutkan di dalam 21 CFR 8 170.3-*Broad food categories* dan USDA's CSFII-*Food categories* (Mattia, 2004; Rogers, 2004).

Saat ini sebagian besar GlcN berasal dari hidrolisis dan deasetilasi eksoskeleton kerang, kepiting yang mengandung kitin dengan menggunakan asam klorida pekat (Mojarrad *et al.* 2007). Namun ada beberapa keterbatasan produksi GlcN menggunakan metode ini seperti: alergi, kontaminasi logam berat, waktu panen yang bersifat musiman maupun faktor sosial yang menggarisbawahi kontribusi terhadap penurunan sumberdaya laut dunia (Cao *et al.* 2008). Produksi lainnya dapat juga menggunakan mikroorganisme seperti *E. coli* (Deng *et al.* 2005) maupun kapang (Hsieh *et al.* 2007; Liao *et al.* 2008; Sitanggang *et al.* 2010). Akan tetapi produksi GlcN menggunakan mikroorganisme ini juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu waktu fermentasi yang cukup lama

(umumnya lebih dari lima hari) serta purifikasinya yang cenderung terlalu lama (Sitanggang *et al.* 2011).

Penelitian ini bertujuan mencari alternatif pemecahan masalah terhadap produksi GlcN yang berasal dari laut maupun mikroorganisme melalui sintesis GlcN dari substrat yang sederhana (monosakarida dan senyawa amonium) dengan reaksi kimia. Beberapa hal yang ingin didapatkan pada penelitian ini adalah:

- a. Substrat spesifitas, yaitu kecocokan jenis senyawa yang memiliki struktur monosakarida dan amonium yang dapat digunakan sebagai reaktan dalam memproduksi GlcN secara optimum dengan memperhatikan rasio molaritasnya.
- b. Kondisi optimum reaksi pembentukan GlcN dari reaktan (senyawa monosakarida dan amonium) yang meliputi suhu optimum reaksi ( $^{\circ}\text{C}$ ).

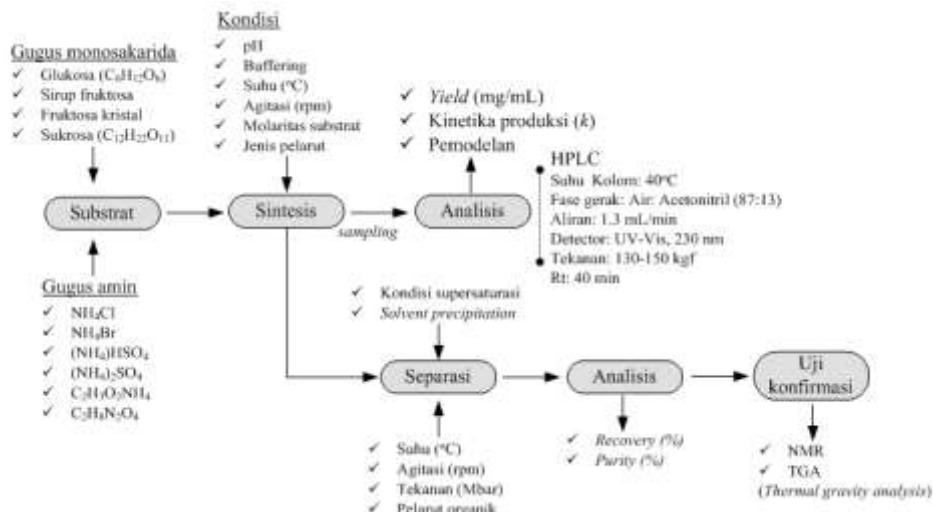
## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini GlcN disintesis melalui reaksi kimia non-enzimatis dengan molekul berstruktur monosakarida dan senyawa yang mengandung gugus amin sebagai substrat. Parameter proses sintesis berupa kecocokan substrat (*substrate fingerprint*), kondisi reaksi (suhu, agitasi) akan dikontrol. Larutan sistem berupa pelarut yang larut air (*water-miscible*) dengan nilai solubilitas GlcN lebih rendah di dalamnya digunakan dengan pertimbangan senyawa-senyawa substrat dapat larut dengan baik sehingga ketika proses pengadukan berlangsung, masing-masing reaktan akan terdistribusi secara sempurna sehingga kontak diantara reaktan memiliki peluang yang lebih besar. Selanjutnya, karakteristik larutan ini akan memudahkan proses separasi karena GlcN yang terbentuk diharapkan secepat mungkin mencapai titik metastabil-labil (kondisi supersaturasi), sehingga kristal GlcN dapat dipisahkan dengan mudah. Secara keseluruhan *roadmap* penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

### Validasi Metode Analisis GlcN dan Kurva Standar

Glukosamin dianalisis dengan menggunakan HPLC dengan metode yang diadopsi dari Sitanggang *et al.* (2009a; 2010a). Sebanyak 0,1 mL sampel dan 0,1 mL internal standar berupa 0,1% (b/b) 3,5-dinitrobenzonitril di dalam

acetonitril diderivatisasi dengan menggunakan 0,3 mL 1-naftil isotiosianat di dalam piridin ( $40 \text{ mol/m}^3$ ) di dalam *constant bath shaker* selama 1 jam,  $50^\circ\text{C}$ , 100 rpm. Selanjutnya derivatif disaring menggunakan filter berukuran  $0,45 \mu\text{m}$ . Sebanyak 0,1 mL sampel disuntikkan ke dalam kolom HPLC.



Gambar 1. *Roadmap* produksi GlcN melalui sintesis kimia.

Kolom HPLC yang digunakan adalah Eclipse XDB yang berukuran  $5 \mu\text{m}$ , 4,6 mm i.d.x150 mm. Detektor yang digunakan adalah UV-Vis detektor (Simadzu SPD-20A, Jepang) dan diatur pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 230 nm. Tekanan diatur pada interval 130-150 kgf. Fase gerak yang digunakan adalah campuran antara acetonitril dan air dengan komposisi 87:13 dengan kecepatan aliran sebesar 1,3 mL/menit. Waktu analisis dilakukan selama 40 menit dengan kromatogram GlcN akan muncul pada menit ke-11 dan internal standar pada menit ke-29. Kondisi ini tidak berbeda jauh dengan kromatogram menggunakan metode Sitanggang *et al.* (2010) dimana puncak GlcN dan internal standar pada menit ke 10 dan ke 25. Untuk pembuatan kurva standar, larutan stok dibuat dengan konsentrasi 0,25% (b/b) dan rentang titik kurva standar berada diantara 0,05-0,25% (b/b).

### Sintesis GlcN

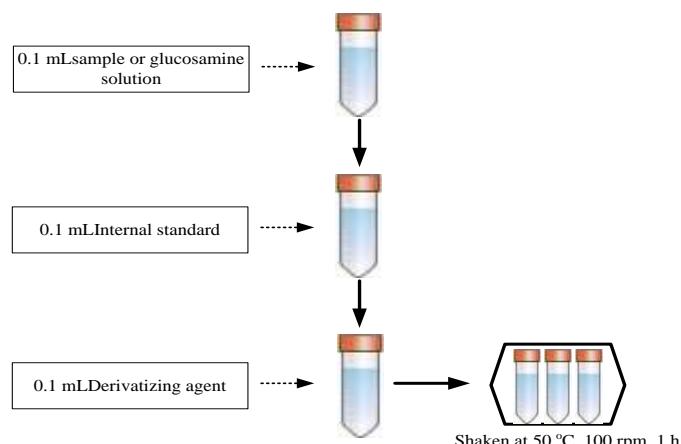
GlcN adalah molekul yang tersusun dari satu molekul yang bergugus glukosa dan satu molekul amin. Oleh karena itu sintesis GlcN non-enzimatis dapat dilakukan dengan menggunakan substrat seperti glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), sirup

fruktosa, fruktosa kristal, sukrosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), serta molekul yang mengandung amin, seperti:  $NH_4Cl$ ,  $NH_4Br$ ,  $(NH_4)HSO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $C_2H_3O_2NH_4$ ,  $C_2H_8N_2O_4$ . Pada penelitian ini substrat yang digunakan adalah glukosa dan fruktosa kristal sebagai sumber karbon serta amonium klorida ( $NH_4Cl$ ) dan amonium asetat ( $C_2H_3O_2NH_4$ ) sebagai sumber amin. Pelarut yang digunakan adalah metanol pada berbagai konsentrasi dengan asam asetat sebagai buffer.

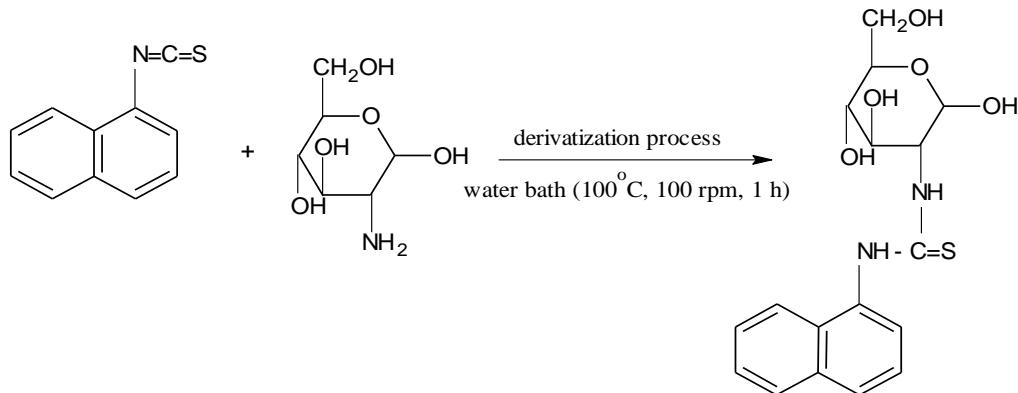
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Validasi Metode Pengukuran GlcN: Derivatisasi Proses

Glukosamin (GlcN), atau 2-amino-2-deoxy-D-Glukosa, tidak memiliki kromofor, karena strukturnya yang hanya terdiri atas ikatan karbon tunggal (*single bond*, -C-) (Hsieh *et al.* 2007). Oleh karena itu, untuk dapat menganalisisnya pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) visible (230 nm) maka GlcN harus direaksikan dengan suatu senyawa kimia kompleks yang memiliki ikatan ganda (*double bond*). Senyawa ini dapat disebut sebagai agen derivatisasi; dan senyawa kompleks GlcN dan agen derivatisasi akan dengan mudah menyerap cahaya pada panjang gelombang analisis (230 nm). Dalam hal ini, senyawa 1-Naphthylisothiocyanate dipilih berdasarkan studi literatur sebelumnya (Sitanggang, 2009; 2010). Prosedur derivatisasi dapat dilihat pada Gambar 2, sementara rekasi antara kedua senyawa (GlcN versus agen derivatisasi) tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Reaksi ini memerlukan panas, sehingga proses derivatisasi dilakukan dalam *water bath* dengan suhu 50°C, dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam.



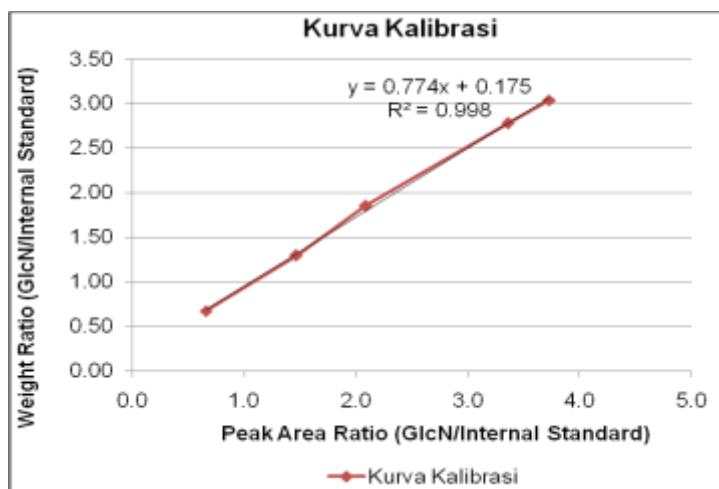
Gambar 2. Reaksi derivatisasi untuk analisis GlcN.



Gambar 3. Proses derivatisasi antara 1-naphthyl isothiocyanate dengan GlcN menghasilkan senyawa kompleks 1-naphthyl isothiocyanate-GlcN.

### Selektivitas Metode

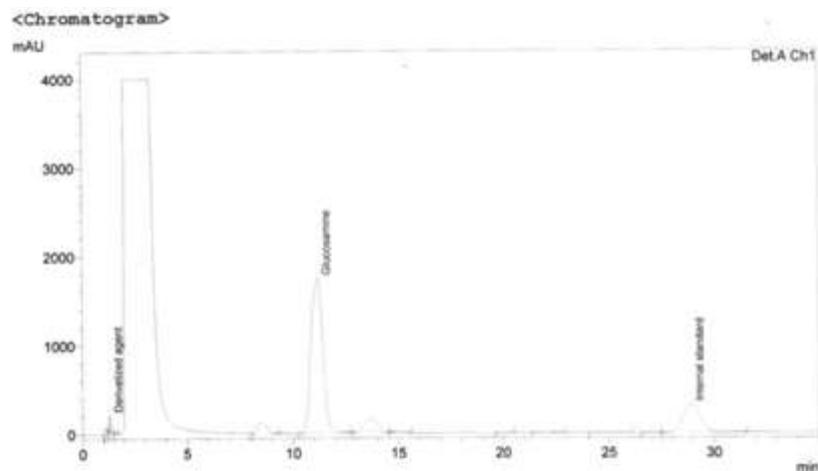
Hubungan yang linear antara persentasi rasio luas area antara GlcN dan internal standar pada berbagai konsentrasi GlcN (0.006-0.25% wt) dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Linearitas kurva GlcN.

Untuk melihat selektivitas dari metode, materi lain seperti GlcN, internal standar juga diderivatisasi menggunakan 1-naphthyl isothiocyanate. Dari hasil kromatogram HPLC didapatkan beberapa *noise* pada waktu retensi lima (5) menit pertama, akan tetapi setelah itu tidak didapatkan puncak-puncak lainnya selain dari puncak agen derivatisasi, GlcN dan internal standar. Lebih lanjut, pemisahan puncak GlcN dan internal standar terjadi dengan baik dan jelas, yaitu sekitar

11 menit dan 29 menit untuk puncak GlcN dan internal standar. Kromatogram hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Kromatogram dari agen derivatisasi, GlcN dan standar internal menggunakan analisis HPLC kolom Eclipse (4.6\*150 mm) pada panjang 230 nm, 40 menit.

#### **Validasi Metode Pengukuran GlcN: Akurasi dan Presisi Metode**

Untuk analisis secara sederhana dari presisi dan akurasi metode, satu konsentrasi larutan GlcN standar dimana konsentrasinya berada pada rentang kurva linearitas dianalisis. Baik presisi dan akurasi dari metode menunjukkan nilai kesalahan relatif (*relative error*, RE) dan nilai relatif standar deviasi (*relative standard deviation*, RSD) di bawah dari 5%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini dan dibandingkan dengan literatur yang ada.

Tabel 1. Analisis presisi (% RSD) dan akurasi (% RE)

Nama larutan	Kon. (%wt)	Rataan (%wt)	RE (%)	RSD (%)	Pustaka
Larutan std	0,06	0,06	4.65	2,99	Studi ini
Larutan std	0,10	0,10	3.99	2.53	Sitanggang <i>et al.</i> 2009
Triple flex	0,08	0,08	3.07	1.25	Sitanggang <i>et al.</i> 2009

Dari tahapan penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa metode analisis GlcN menggunakan HPLC pada panjang gelombang cahaya tampak (230 nm) dapat dilakukan dengan nilai presisi (% RSD) dan akurasi (% RE) di bawah 5%.

### Sintesis Glukosamin (GlcN)

Sintesis GlcN dilakukan menggunakan rangkaian alat yang terdiri dari labu leher tiga yang ditempatkan di dalam penangas air dan dilengkapi dengan termometer, *magnetic stirrer*, dan kondensor (Gambar 6).



Gambar 6. Rangkaian alat sintesis GlcN.

Di dalam labu tersebut direaksikan sumber karbon dan sumber ammonium untuk membentuk GlcN. Pengaduk *magnetic stirrer* berfungsi untuk melakukan pengadukan mekanis di dalam labu leher tiga. Pada penangas dan labu dipasang termometer untuk mengukur suhu masing-masing larutan. Penggunaan kondesor yang dipasang pada labu leher tiga diperlukan untuk mencegah larutan menguap selama pemanasan. Pada penelitian ini, *stirring hot plate* digunakan untuk memanaskan larutan.

Sebelum sintesis dilakukan kalibrasi suhu terlebih dahulu pada *stirring hot plate*. Alat *stirring hot plate* sebagai pemanas pada rangkaian alat sintesis GlcN tidak menunjukkan suhu larutan ketika dipanaskan. Oleh karena itu, kalibrasi suhu pada *stirring hot plate* perlu dilakukan untuk mengetahui suhu dan laju kenaikan suhu pada larutan GlcN dan penangas air selama pemanasan. Kalibrasi suhu dilakukan dengan memasang termometer pada penangas dan labu leher tiga untuk mengukur suhu masing-masing larutan. Pengukuran dilakukan setiap 5 menit sampai dengan menit ke-270 atau selama 4.5 jam pada setiap skala pemanasan pada tombol pengatur suhu yaitu dari skala 0.5 sampai dengan skala 4. Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran suhu larutan pada berbagai skala pemanasan.



Gambar 7. Suhu larutan pada berbagai skala suhu pemanasan.

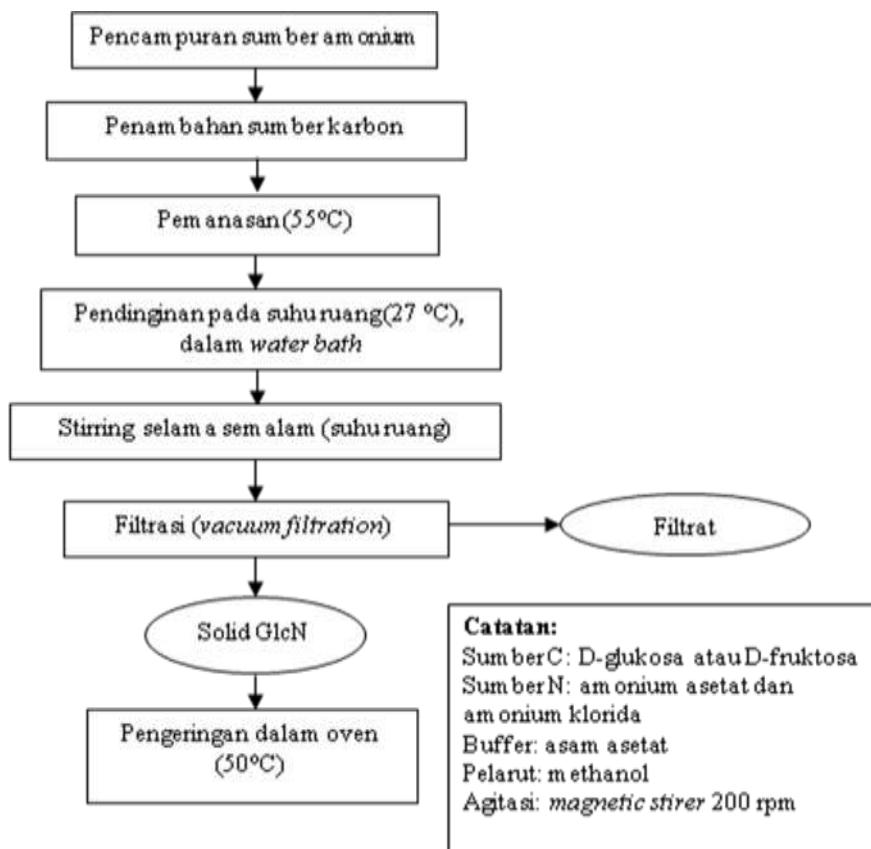
Dengan terkalibrasinya suhu pada labu leher tiga maka sintesis GlcN dapat dilakukan dengan menggunakan sistem ini.

Sintesis GlcN dilakukan mengadopsi metode Hubbs (2007) yang dimodifikasi. Modifikasi dilakukan meliputi perlakuan 1) sumber karbon yang berbeda yaitu fruktosa dan glukosa, 2) konsentrasi metanol (50% dan 99.9%), dan 3) tanpa penambahan HCl agar diperoleh GlcN murni. Diagram alir metode sintesis GlcN dapat dilihat pada Gambar 8. Sintesis GlcN dilakukan dengan mereaksikan substrat gula (glukosa atau fruktosa kristal) sebagai sumber karbon dan campuran amonium asetat ( $C_2H_3O_2NH_4$ ) dan amonium klorida ( $NH_4Cl$ ) sebagai sumber amonium.

Tahap awal sintesis dilakukan dengan cara mencampurkan amonium klorida (7.29 g, 119 milimol), amonium asetat (9.27 g, 12 mmol), asam asetat (7.13, 119 mmol), dan metanol (100.66 g) di dalam labu leher tiga. Pengaduk magnetik digunakan untuk mengaduk campuran tersebut. Kemudian pada campuran tersebut ditambahkan sumber karbon (fruktosa atau glukosa murni) sebanyak 24.03 g (133 mmol) dan kemudian dipanaskan sampai dengan suhu 55°C dan suhu dipertahankan selama 5 jam.

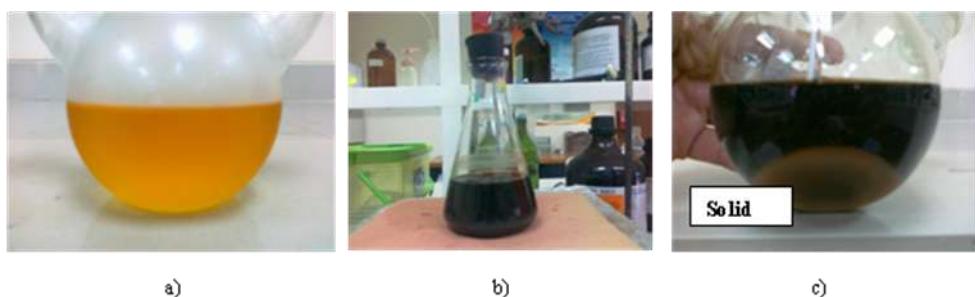
Setelah pemanasan selama 30 menit, pada campuran terbentuk padatan dengan jumlah yang terus bertambah selama waktu pemanasan. Kemudian campuran didinginkan dalam *water bath* dan selanjutnya diaduk selama semalam pada suhu ruang. Setelah pengadukan selesai, campuran disaring menggunakan pompa vakum untuk memperoleh padatan tersebut. Padatan tersebut kemudian

dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C sampai diperoleh bobot konstan. Mengacu pada Hubbs (2007) padatan yang dihasilkan tersebut merupakan glukosamin. Selanjutnya padatan tersebut dihaluskan sehingga diperoleh serbuk glukosamin berwarna putih kecoklatan.



Gambar 8. Prosedur sintesis GlcN.

Untuk menentukan kecocokan substrat dan pelarut dilakukan pengamatan secara visual, yaitu ada tidaknya terbentuk solid selama proses sintesis. Dari hasil pengamatan visual tersebut didapatkan bahwa sintesis GlcN dengan glukosa sebagai sumber karbon tidak membentuk solid baik dengan pelarut metanol 50% maupun 99.9%, sedangkan sintesis GlcN dengan fruktosa sebagai sumber karbon membentuk solid yang diduga memuat kristal GlcN (Gambar 9). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa fruktosa dapat dijadikan sebagai substrat dalam sintesis GlcN secara kimiawi.



Gambar 9. Perbandingan hasil sintesis GlcN a) glukosa+metanol 50%, tidak membentuk GlcN, b) glukosa+metanol 99.9%, tidak membentuk GlcN; c) fruktosa+ metanol 99.9%, membentuk solid GlcN.

Analisis dari solid yang terbentuk tersebut dipresentasikan serta dibandingkan dengan beberapa studi literatur yang ada dengan sistem yang berbeda dan dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

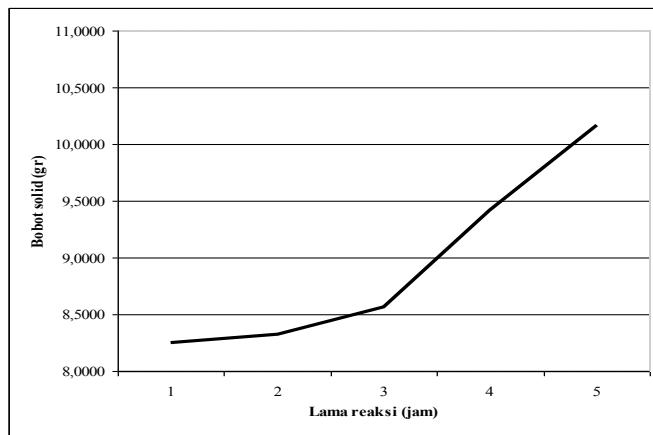
Tabel 2. Perbandingan produksi GlcN melalui proses fermentasi dan sintesis kimia.

Metode	Medium	Konsentrasi GlcN (g/L)	Konten (mg/bk sel)	GlcN yield (mg/g carbon)	Sumber
<i>R.oligosporus</i> NRRL 2710	SDB	-	0,11	-	Sparringa and Owens (1999)
<i>Aspergillus sp.</i>	WBS	-	24,10	-	Carter <i>et al.</i> (2004)
<i>M. pilosus</i>	RSA	0,26	-	13,20	Yu <i>et al.</i> (2005)
<i>M. pilosus</i> BCRC31527	RSA	0,72	40,40	35,90	Hsieh <i>et al.</i> (2007)
<i>R. oryzae</i> ATCC 20344	Limbah susu	-	160	-	Liao <i>et al.</i> 2008
<i>Aspergillus sp</i> BCRC 31742	WF	7,05	210	210	Sitanggang <i>et al.</i> 2010
<i>Aspergillus sp</i> BCRC 31742	WF-M	7,48	260	220	Sitanggang <i>et al.</i> 2010
Secara kimiawi	Fruktosa dan amonium	-	-	544,79	Studi ini

Dari tabulasi di atas terlihat dengan jelas bahwa sintesis GlcN melalui reaksi kimia menghasilkan nilai *yield* yang lebih besar dibandingkan dengan proses fermentasi yang telah ada berdasarkan dari penggunaan karbon (nilai C).

Dari hasil analisis, GlcN kristal terinkorporasi di dalam solid yang terbentuk selama reaksi. Dengan demikian, kenaikan bobot dari solid yang terbentuk selama

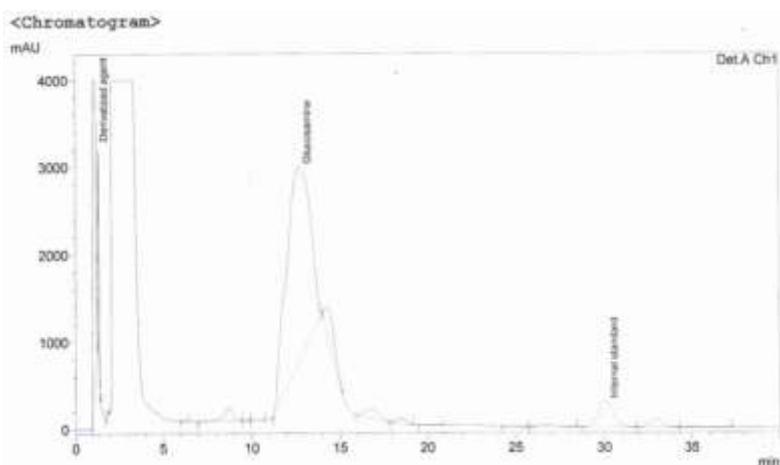
reaksi secara proporsional meningkatkan konsentrasi yang terbentuk. Kenaikan bobot solid dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Kenaikan bobot solid yang mengandung kristal GlcN dalam selang waktu reaksi.

### Kendala Proses Purifikasi Glukosamin (GlcN)

Seperti yang terlihat pada Gambar 10, seiring dengan berjalannya reaksi, terjadi kenaikan bobot solid yang mengandung kristal GlcN sepanjang reaksi sekitar 5 jam. Hal ini menunjukkan adanya indikasi kenaikan konsentrasi GlcN. Akan tetapi terdapat kendala di dalam proses purifikasi GlcN tersebut. Hal ini diindikasikan dengan adanya kesulitan selama menganalisis konsentrasi GlcN yang didapatkan karena proses pemisahan *peak* dengan kontaminan lainnya tidak dapat dilakukan dengan sempurna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 11. Kromatogram analisis solid GlcN dan standar internal menggunakan analisis HPLC kolom Eclipse (4.6\*150 mm) pada panjang 230 nm, 40 menit.

Untuk kelanjutan penelitian ini, proses separasi GlcN dari kontaminan solid lainnya merupakan sesuatu yang harus dapat dipecahkan. Pemisahan ini mungkin dapat dilakukan dengan cara pemansan atau destruksi menggunakan asam dengan molaritas tinggi.

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan *yield* GlcN sebesar 544,79 mg/g karbon dengan sumber karbon berasal dari fruktosa dengan pelarut metanol 99.9% dan sumber amonium campuran dari amonium asetat dan amonium klorida di dalam buffer asam asetat. Sebagai penelitian awal hasil ini menunjukkan adanya peluang yang cukup besar untuk memproduksi (sintesis) GlcN menggunakan reaksi kimia sederhana dibandingkan dengan menggunakan metode ekstraksi asam/basa pada eksoskleton atau cangkang dari binatang laut ataupun melalui proses fermentasi menggunakan mikroorganisme yang cenderung memakan waktu yang cukup lama (*time consuming*). Akan tetapi masih didapatkan beberapa kendala di dalam proses pemurnian GlcN yang dihasilkan dari padatan GlcN yang didapatkan selama rekasi berlangsung. Hal ini terlihat dengan jelas dari kromatogram analisis HPLC yang didapatkan, dimana *peak* GlcN berimpit dengan *peak* senyawa kontaminan lainnya yang terdapat pada padatan GlcN yang terbentuk selama proses sintesis. Kedepannya, masalah ini harus dipecahkan untuk menjadikan sintesis GlcN melalui reaksi kimia sederhana menjadi *feasible* dalam proses penggandaan skala (*scale up*).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada DIPA IPB yang telah mendanai penelitian melalui program Penelitian Unggulan Strategis Perguruan Tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alphen JV. 1929. Preparation of glucosamine hydrochloride. *Chem. Weekblad*, 26, 602.

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2011. Penduduk 15 tahun keatas yang bekerja menurut lapangan pekerjaan utama 2004-2010. [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=06&notab=2](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=06&notab=2) [Diakses 10 Maret 2011].
- Bao W, TP Binder, Hanke PD, Solheim L. 2006. Cell-free production of glucosamine. US Patent. No. 7,094,582 B2.
- Brooks PM. 1998. Rheumatology. Medical Journal of Australia (Practice Essentials) pp 8–45.
- Carter SB, Nokes SE and Crofcheck CL. 2004. The influence of environmental temperature and substrate initial moisture content on *Aspergillus niger* growth and phytase production in solid state cultivation, *Transaction-American Society of Agricultural Engineers*, 47(3), 945–949.
- Cao L, Jiang Y, Yu Y, Wei X, Li W. 2008. Methods for producing glucosamine from microbial biomass, US Patent 0188649 A1.
- Conaghan P. 2008. Osteoarthritis-National clinical guideline for care and management in adults. The National Collaborating Centre for Chronic Conditions, *Royal College of Physicians of London*. UK.
- D'Ambrosio E, Casa B, Bompani R, Scali B. 1981. Glucosamine sulfate: a controlled clinical investigation in arthrosis, *Pharmacotherapeutica*, 2, 504–508.
- Deng M, Severson KD, Grund DA, Wassink SL, Burlingame RP. 2005. From concept to process: metabolic engineering for production of glucosamine and *N*-Acetyl glucosamine, *Metab. Eng.*, 7, 201–214.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28 (3): 350–356.
- Heyns K, Koch CM, Koch W. 1954. The behaviour of d-glucosamine in aqueous solutions. *Hoppe Seylers Z Physiol Chem.*, 296(3–4):121–9.
- Houpt JB, Mc Millan R, Wein C and Paget-Dellio SD. 1999. Effect of Glucosamine hydrochloride in the treatment of pain of osteoarthritis of the knee, *Journal of Rheumatology*, 26, 2423–2430.
- Hsieh JW, Wu HS, Wei Y and Wang SS. 2007. Determination and kinetics of producing glucosamine using fungi, *Biotechnol. Prog.*, 23, 1009–1016.
- Hubbs JK. 2007. Preparation of glucosamine. United States Patent Application 20070088157.
- Institute of Medicine (IOM). 2003. Safety review: Draft 3 prototype monograph on glucosamine. Pp Washington, DC, National Academy of Sciences.

- Ishiguro N, Kojima T dan Poole AR. 2002. Mechanism of cartilage destruction in osteoarthritis, *Nagoya J. Med. Sci.*, 65, 73–84.
- Liao W, Liu Y, Frear C and Chen S. 2008. Co-production of fumaric acid and chitin from a nitrogen-rich lignocellulosic material-dairy manure using a pelletized filamentous fungus *Rhizopus oryzae* ATCC 20344, *Bioresour. Technol.*, 99, 5859–5866.
- Mattia A. 2004. Agency response letter GRAS Notice No. GRN 000150. CFSAN/Office of Food Additive Safety. <http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/GenerallyRecognizedasSafeGRAS/GRASListings/ucm153990.htm> [accessed 14 July 2010].
- Mojarrad JS , Nemati M, Valizadeh H, Ansarin M. 2007. Preparation of Glucosamine from exoskeleton of shrimp and predicting production yield by response surface methodology, *J. Agric. Food. Chem.*, 55, 2246–2250.
- Murray CJL, Lopez AD. 1997. Mortality by Cause for Eight Regions of the World. Global Burden of Disease Study.
- Rogers BD. 2004. Notification of GRAS Determination for REGENASURETM Glucosamine Hydrochloride. [www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/gras\\_notices/400760A.PDF](http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/gras_notices/400760A.PDF) [accessed 14 July 2010].
- Shao Y, Alluri R, Mummert M. 2004. A stability-indicating HPLC method for the determination of glucosamine in pharmaceutical formulations. *J Pharm Biomed* 35, 625.
- Sitanggang AB, Wu HS and Wang SS. 2009a. Determination of fungal glucosamine using HPLC with 1-naphthyl isothiocyanate derivatization and microwave heating. *Biotechnol. Bioprocess. Eng.*, 14, 1–9.
- Sitanggang AB, Wu HS. 2009b. Developed strategy for production of fungal glucosamine using *Aspergillus* sp. BCRC 31742. *J. Biosci. Biotechnol.*, 108, S115.
- Sitanggang AB and Wu HS. 2009c. Developed strategy for production of fungal glucosamine using *Aspergillus* sp. BCRC 31742, Proceedings of 9th Conference on *Asia Pacific Biochemical Engineering*, Kobe, Japan, p115.
- Sitanggang AB and Wu HS. 2009d. Strategy for production of fungal glucosamine from *Aspergillus* sp. BCRC 31742, Proceedings of 14th Conference on *Biochemical Engineering Society of Taiwan*, Taiwan, p26.
- Sitanggang, AB. 2010. Optimization of Glucosamine Production Using *Aspergillus* sp. BCRC 31742 and Screening Zygomycotina Fungi as Potential Strain Cultivated in Submerged Fermentation. Thesis: Yuan Ze University, Taiwan.

- Sitanggang AB, Lin S, Wu HS and Wang SS. 2011. Review Paper: Aspects of glucosamine production using microorganisms, *Appl. Microbiol.*, Submitted.
- Sitanggang AB, Wu HS, Wang SS, and Ho YC. 2010. Effect of pellet size and stimulating factor on the glucosamine production using *Aspergillus* sp. BCRC 31742. *Bioresour. Technol.*, 101 (10): 3595–3601.
- Sparringa RA and Owens JD. 1999. Short communication: glucosamine content of tempe mould, *Rhizopus oligosporus*, *Int. J. Food Microbiol.*, 47, 153-157 (1999).
- Symmons D, Mathers C, Pfleger B. 2003. Global burden of osteoarthritis in the year 2000. Geneva: World Health Organization.
- Taha MI. 1961. The reaction of 2-amino-2-deoxy-D-glucose hydrochloride with aqueous ammonia, *J. Chem. Soc.*, 2468–2472.
- World Health Organization (WHO). 2002. Reducing Risks, Promoting Healthy Life. Geneva. WHO Report, Geneva.
- World Health Organization (WHO). 2004. WHO Scientific Group On the Assessment of Osteoporosis at Primary Healthcare Level. WHO Report, Belgium.
- Yu KW, Kim YS, Shin KS, Kim JM. 2005. Macrophage stimulating activity of exo-biopolymer from cultured rice bran with *Monascus pilosus*, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 126, 35–48.
- Zamani A, Jeihanipour A, Edebo L, Niklasson C and Taherzadeh MJ. 2008. Determination of Glucosamine and N-Acetyl Glucosamine in fungal cell walls, *J. Agric. Food Chem.*, 56, 8314–8318.

**FORMULASI MINUMAN EMULSI MINYAK BEKATUL DENGAN  
BERBAGAI FLAVOR DAN PENGARUH PENYIMPANAN TERHADAP  
KARAKTERISTIK KIMIA DAN MIKROBIOLOGI**

(Formulation of Rice Bran Oil Emulsion Beverages with Various Flavors and the  
Effect of Storage on Chemical Characteristics and Microbiology)

**Evy Damayanthi, Cesilia Meti Dwiriani, Ilma Ovani**

Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB.

**ABSTRAK**

Bekatul padi merupakan limbah penggilingan padi dengan efek kesehatan yang besar namun mempunyai kelemahan dari aspek organoleptiknya. Teknologi yang sesuai untuk memformulasikannya menjadi minuman yang dapat diterima akan dapat mengoptimalkan pemanfaatan bahan limbah ini menjadi minuman fungsional. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya terima organoleptik minuman emulsi minyak bekatul sebagai alternatif minuman fungsional. Desain penelitian ini adalah *experimental study*. Minuman minyak bekatul terbaik dianalisis kandungan vitamin E (metode HPLC), oryzanol (metode spektrofotometer) dan aktivitas antioksidan (metode DPPH). Hasil penelitian pada tahap *trial and error* jenis emulsifier di dalam formula minuman minyak bekatul, menunjukkan bahwa emulsifier *sugar ester* lebih baik dibandingkan gliserol mono stearat (GMS). Dari lima jenis flavor yang ditambahkan ke dalam minuman minyak bekatul, yang terbaik adalah minuman emulsi minyak bekatul dengan flavor stroberi 0.5%. Produk terbaik ini mengandung 0.003% oryzanol, 0.085 mg/100 ml vitamin E dan aktivitas antioksidan 37.09%. Penyimpanan produk pada suhu rendah selama 2 hari memperlihatkan adanya penurunan karakteristik kimia, sedangkan jumlah mikroba produk yang disimpan pada suhu rendah selama 8 hari fluktuasi. Namun demikian jumlah mikroba produk masih cukup rendah yaitu 11.3 koloni/mL atau  $1.05 \log_{10}$  CFU/mL. Produk minuman minyak bekatul ini diharapkan dapat menjadi minuman fungsional yang dapat diterima untuk mencegah penyakit tidak menular.

Kata kunci: Minyak bekatul, minuman emulsi, uji organoleptik, antioksidan.

**ABSTRACT**

Rice bran is waste product of rice mill with huge health effect, but its have a weakness on organoleptic aspect. The appropriate technology process for formulating into acceptance beverage product will optimize the use of this waste material to become functional drink. This study aims to increase organoleptic acceptance of rice bran oil-emulsion beverage as functional drink alternative. This research design is experimental laboratory. The best rice bran oil (RBO) beverage analyzed the content of vitamin E (HPLC method), oryzanol (spectrophotometer method) and antioxidant activity (DPPH method). The result of trial and error phase in rice bran beverage formulation showed that emulsifier sugar ester better than gliserol mono stearat (GMS). From five types of flavor added in RBO beverage, the best one is strawberry flavor 0.5%. This best product has 0.003% oryzanol, 0.085 mg/100 ml vitamin E and antioxidant activity 37.09%. The storage in refrigerator temperature during 2 days showed decreasing of its chemical characteristic, meanwhile the product microbe total storaged in refrigerator temperature during 8 days showed fluctuation, even though the total of microbe in product still low enough (11.3 colony/mL or  $1.05 \log_{10}$  CFU/mL). Overall, this RBO beverage may become acceptable functional drink to prevent non-communicable diseases.

Keywords: Rice bran oil, emulsion beverage, organoleptic test, antioxidant.

## PENDAHULUAN

Jumlah penderita obesitas di negara-negara berkembang cenderung meningkat, seiring dengan perubahan gaya hidup dan pola makan yang tinggi energi dan kurangnya aktivitas fisik. Di Indonesia masalah gizi saat ini sudah beralih dari masalah gizi buruk dan kurang menjadi gizi lebih dan obes. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (Depkes, 2010), prevalensi obesitas nasional orang dewasa 21.7 persen dan prevalensi wanita lebih tinggi dibandingkan pria. Di Jawa Barat prevalensi obesitas masih di bawah angka nasional, yaitu 12.8 persen. Data Riskesdas juga menunjukkan prevalensi obes cenderung lebih tinggi pada orang dewasa dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi.

Obesitas dihubungkan dengan berbagai penyakit seperti resistensi insulin, hipertensi, diabetes melitus tipe 2 dan penyakit jantung. Dengan meningkatnya prevalensi obesitas, jumlah penderita penyakit-penyakit tersebut juga meningkat, bahkan menjadi penyebab kematian paling tinggi. Pada individu dengan obesitas, peningkatan asam lemak bebas intrasel yang terjadi akan meningkatkan *uncoupling* mitokondrial dan oksidasi  $\beta$  sehingga menyebabkan peningkatan spesies reaktif oksigen (*Reactive Oxygen Species, ROS*). Stres oksidatif ini akan menyebabkan disregulasi produksi adipositokin, yakni meningkatnya produksi molekul biologis tertentu dan penurunan produksi molekul yang lain, yang pada gilirannya akan mengakibatkan berkembangnya sindroma metabolik (Furukawa *et al.* 2004). Terapi yang ditujukan untuk menghambat proses oksidatif diduga dapat mencegah atau paling tidak memperlambat timbulnya dan atau berkembangnya komplikasi penyakit terkait obesitas.

Bekatul, khususnya fraksi minyaknya memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, yang sangat bermanfaat bagi kesehatan. Bekatul padi merupakan limbah penggilingan padi yang meskipun memiliki efek kesehatan namun mempunyai kelemahan dari aspek organoleptiknya. Teknologi yang tepat untuk memformulasikannya menjadi minuman yang dapat diterima akan dapat mengoptimalkan pemanfaatan bahan limbah ini menjadi minuman fungsional.

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya terima organoleptik minuman emulsi minyak bekatul sebagai alternatif pangan fungsional tinggi antioksidan. Tujuan khususnya: 1) Mempelajari pembuatan minuman emulsi minyak bekatul; 2) Mempelajari sifat organoleptik minuman emulsi minyak bekatul dengan berbagai flavor; 3) Mempelajari sifat kimia (proksimat; vitamin E; oryzanol dan aktivitas antioksidan) minuman emulsi minyak bekatul dengan flavor terpilih; dan 4) Mempelajari pengaruh penyimpanan terhadap sifat kimia dan mikrobiologi (TPC) minuman emulsi minyak bekatul dengan flavor terpilih

## METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah *experimental study*. Lokasi penelitian dilakukan di empat laboratorium yang meliputi Laboratorium Percobaan Makanan, Laboratorium Analisis Zat Gizi, Laboratorium Organoleptik, dan Laboratorium Biokimia Gizi Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor, Laboratorium Saraswanti Indo Genetech dan Laboratorium KK Farmakokimia, ITB. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Maret sampai bulan November 2012.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pengembangan produk minuman emulsi minyak bekatul adalah Rice Bran Oil (Oryza Grace<sup>TM</sup>), 5 jenis flavor cair dari PT. Corindo Flavor, emulsifier sugar ester dan gliserol mono stearat (GMS), *carboxy methyl cellulose* (CMC), sorbitol, sukralosa, garam, serta air. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis abilangan *Thiobarbituric Acid* (TBA), dan nilai Total Asam Tertitrasi (TAT) adalah metanol, aquades, aluminium foil, asam askorbat, HCl 0,1 N, NaOH 0,1 N, indikator Phenolphthalein, TBA dan asam asetat.

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan minuman emulsi adalah homogenizer, wadah plastik, timbangan, panci, termometer, dan kompor gas. Alat-alat untuk analisis selama penyimpanan adalah timbangan analitik, sudip, tabung reaksi, erlenmeyer, labu destilasi, gelas piala, alat titrasi, destilator, spektrofotometer, penangas air, pipet volumetrik 5 ml, pipet tetes, sentrifus, dan

vortex. Analisis vitamin E menggunakan HPLC dan Orizanol menggunakan spektrofotometer.

## Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap penelitian pendahuluan dan lanjutan. Pada penelitian pendahuluan dilakukan formulasi dan pembuatan minuman emulsi minyak bekatul. Tahap kedua adalah mempelajari pengaruh penyimpanan terhadap formula terbaik selama penyimpanan.

### Penelitian Pendahuluan

#### Formulasi dan pembuatan minuman emulsi minyak bekatul

##### *Trial and error formulasi dan pembuatan*

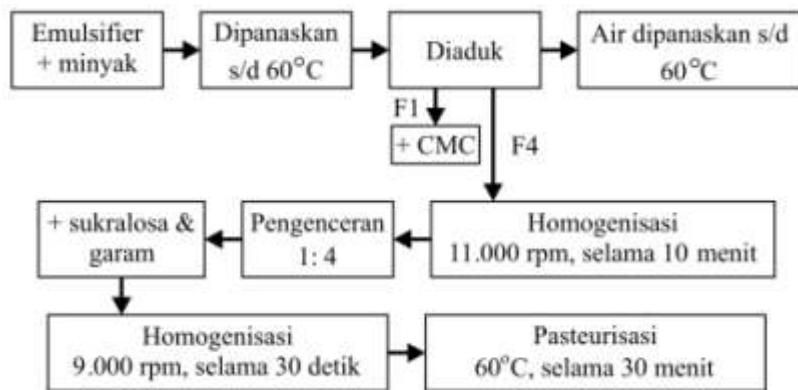
Penelitian pendahuluan mula-mula dilakukan dengan membuat minuman emulsi minyak bekatul sebanyak empat formula berbeda, yaitu F1, F2, F3, dan F4. F1 merupakan formula yang telah digunakan pada penelitian minuman emulsi minyak bekatul terdahulu (Rachman, 2012), sedangkan F2 adalah formula yang diadaptasi dari penelitian mengenai keju putih rendah lemak yang dilakukan oleh Syakdiyah (2011). F3 dan F4 dibuat berdasarkan kombinasi F1 dan F2.

Tabel 1. Formula minuman emulsi minyak bekatul

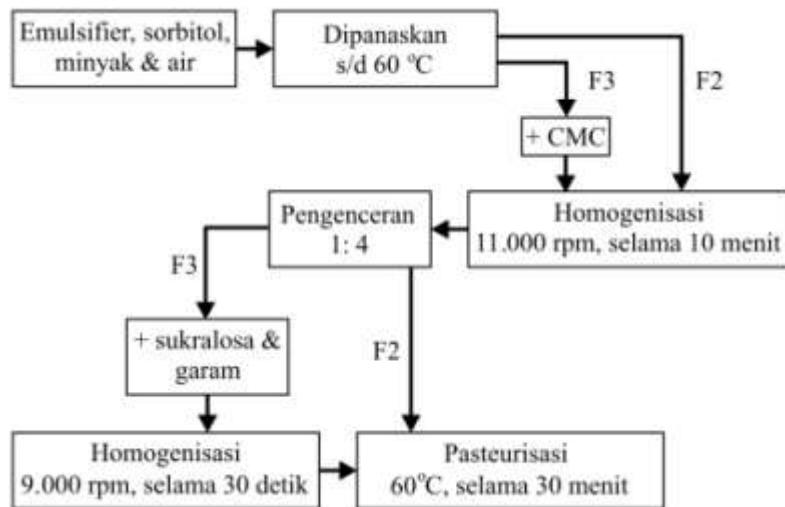
Bahan	F1	F2	F3	F4
Minyak bekatul	50 g	50 g	50 g	50 g
Air (biang)	140 ml	30 ml	80 ml	140 g
Air (pengenceran)	150 ml	200 ml	200 ml	200 ml
Sugar ester	1 g	-	1g	-
CMC	0,1 g	-	0,1 g	-
Sukralosa	0,03 g	-	0,03 g	0,03 g
Garam	0,1 g	-	0,1 g	0,1 g
GMS	-	10 g	-	10 g
Sorbitol	-	120 g	60 g	-
Perisa cokelat	0,6 g	0,6 g	0,6 g	0,6 g

Proses pembuatan minuman emulsi minyak bekatul pada penelitian ini dilakukan sesuai Gambar 1 dan 2. Perisa coklat digunakan untuk memperkaya cita rasa dari produk, sebagai pengganti cokelat bubuk yang digunakan oleh Rachman (2012). Garam digunakan untuk meminimalkan efek negatif pada rasa yang

ditimbulkan dari sukralosa. Emulsifier yang digunakan adalah sugar ester dan GMS.



Gambar 1. Proses pembuatan minuman emulsi minyak bekatul F1 dan F4.



Gambar 2. Proses pembuatan minuman emulsi minyak bekatul F2 dan F3.

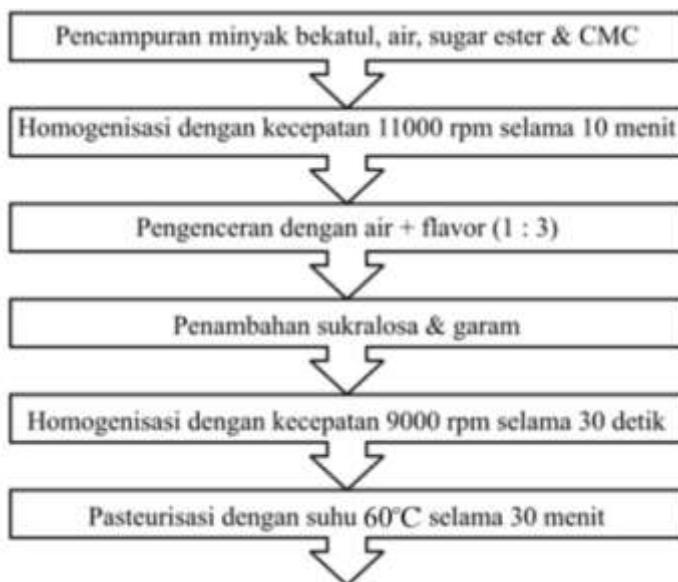
### **Formulasi dan pembuatan yang digunakan dalam pengembangan dengan flavor**

Penelitian pada tahap ini menggunakan formula minuman emulsi minyak bekatul terpilih dari penelitian Rachman (2012) tanpa penambahan cokelat bubuk. Perlakuan terdiri dari dua faktor, yakni jenis dan konsentrasi flavor. Digunakan 5 jenis flavor dengan konsentrasi masing-masing sebesar 0,1%, 0,3% dan 0,5%. Berdasarkan penjelasan pihak PT. Corindo Flavor, batas maksimal penggunaan flavornya adalah sebesar 0,5% dari jumlah total produk.

Tabel 2. Komposisi minuman emulsi minyak bekatul dengan berbagai flavor

No.	Bahan	Komposisi (%)		
		Flavor 0,1%	Flavor 0,3%	Flavor 0,5%
1	Minyak bekatul	6.25	6.25	6.25
2	Sugar ester	0.13	0.13	0.13
3	CMC	0.01	0.01	0.01
4	Sukralosa	0.02	0.02	0.02
5	Garam	0.05	0.05	0.05
6	Air	93.45	93.25	93.05
7	Flavor	0.10	0.30	0.50

Proses pembuatan minuman emulsi minyak bekatul dengan penambahan flavor ditunjukkan pada Gambar 3. Minuman emulsi minyak bekatul tersebut diperbanyak untuk keperluan uji organoleptik dan analisis selama penyimpanan.



Gambar 3. Proses pembuatan minuman minyak bekatul dengan flavor.

### Uji Organoleptik

Uji organoleptik pada penelitian ini dilakukan untuk menentukan formula minuman emulsi minyak bekatul dengan konsentrasi flavor terbaik dari setiap jenis flavor. Uji organoleptik yang dilakukan terdiri dari uji hedonik dan mutu hedonik. Parameter yang digunakan adalah aroma dan rasa. Skor yang ditetapkan yaitu 1 hingga 5. Skor uji hedonik yaitu 1=sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=biasa, 4=suka, dan 5=sangat suka. Uji mutu hedonik parameter aroma yaitu

1=sangat harum, 2=harum, 3=biasa, 4=langu, dan 5=sangat langu, sedangkan pada parameter rasa yaitu 1=sangat manis, 2=manis, 3=biasa, 4=pahit, dan 5=sangat pahit.

### **Penelitian Lanjutan**

Formulasi terpilih kemudian dilakukan pengamatan karakteristik kimia (analisis proksimat, kandungan vitamin E, oryzanol, dan aktivitas antioksidan) dan jumlah mikrobiologi melalui uji *total plate count* selama 8 hari penyimpanan.

### **Rancangan Percobaan dan Pengolahan Data**

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yaitu konsentrasi flavor dengan 3 taraf dan dua kali ulangan. Analisis dilakukan menggunakan uji sidik ragam (ANOVA) dan apabila berpengaruh secara nyata ( $p<0,05$ ) maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan.

Data hasil uji organoleptik dianalisis secara deskriptif berdasarkan persentasi penerimaan panelis dan skor modus dari masing-masing taraf perlakuan. Penerimaan panelis dihitung dengan menjumlahkan persentasi panelis yang menyatakan biasa (3), suka (4), dan sangat suka (5) terhadap minuman instan yang dihasilkan. Panelis dikategorikan dapat menerima minuman instan jika memiliki persentase penerimaan yaitu  $> 70\%$ . Data ini juga dianalisis dengan menggunakan uji Friedman. Jika hasil analisis memberikan pengaruh yang nyata antar taraf maka dilakukan uji lanjut yaitu *Multiple Comaprision Test* (O'Mahony, 1985). Rumus uji Friedman (Fr) adalah sebagai berikut:

$$Fr = [12/ (Nk (k+1) \sum R_j^2] - [3N (k+1)]$$

#### Keterangan

- N = banyaknya panelis
- k = banyaknya perlakuan
- $R_j$  = rata-rata dari rangking skor perlakuan ke  $-j$
- j = banyaknya ulangan
- $\sum R_j^2$  = jumlah kuadrat total perlakuan

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pemanfaatan minyak bekatul dalam produk makanan adalah dengan menggunakan teknik emulsi. Emulsi merupakan suatu dispersi cairan dalam

cairan lain dimana molekul-molekul kedua cairan tersebut tidak saling berbaur tetapi saling antagonistik (Charley, 1982). Jenis produk pada penelitian ini yang dikembangkan menggunakan teknik emulsi adalah berupa minuman emulsi.

Penentuan formula minuman emulsi minyak bekatul diperoleh melalui *trial and error* berdasarkan kestabilan emulsi serta daya terima panelis terbatas. Pembuatan minuman emulsi dilakukan dengan mencampurkan *emulsifier sugar ester*, flavor, CMC, minyak bekatul, sukralosa, garam dan air menggunakan homogenizer selama 10 menit dengan kecepatan 11.000 rpm. Selanjutnya dispasteurisasi dengan suhu 60°C selama 30 menit. Minuman emulsi dibuat per takaran saji yaitu 200 ml.

CMC (*Carboxymethyl Celulose*) merupakan sebuah *gum* yang terlarut dalam eter selulosa yang dihasilkan dari reaksi natrium monokloro asetat dengan selulosa alkali untuk membentuk natrium karboksimetilselulosa. Karboksimetilselulosa berfungsi sebagai pengental, *stabilizer*, pengikat, pembentuk film, dan agen suspensi (Igoe, 2011).

Pemanis yang dipilih dalam produk ini adalah sukralosa, yaitu pemanis intensitas tinggi yang diproduksi melalui penggantian tiga kelompok hidroksil pada molekul sukrosa dengan tiga atom klor. Hasilnya adalah pemanis 0 kal yang tidak dapat dicerna serta memiliki kemanisan 650 kali dibandingkan gula. Pemilihan sukralosa dikarenakan cukup stabil pada suhu tinggi, mudah larut, dan tidak mengandung kalori sehingga produk ini aman dikonsumsi oleh penderita diabetes (Igoe, 2011).

## Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian ini dilakukan menggunakan emulsifier sugar ester dan CMC serta emulsifier Gliserol mono stearat (GMS) untuk mendapatkan kemungkinan emulsifier yang lebih baik. Menurut Charley (1982), syarat *emulsifier* yang digunakan dalam bahan pangan yaitu memiliki gugus polar dan non-polar, dapat menurunkan tegangan permukaan salah satu cairan, dapat diabsorpsi oleh partikel fase terdispersi, secara kimia stabil dan tidak mudah berubah, memiliki flavor dan rasa yang menarik atau tidak berflavor sama sekali, dapat dimakan, dan tidak bersifat toksik. *Sugar ester* merupakan kompleks sukrosa asam lemak yang

memiliki kisaran HLB cukup lebar yaitu 1 hingga 16 (Riken, 2002), sedangkan GMS memiliki HLB 3,8. Sugar ester nampaknya memang merupakan emulsifier yang lebih sesuai karena memiliki nilai HLB dengan rentang yang lebar cocok untuk membuat emulsi *oil in water* (o/w) yaitu berada pada rentang 8-18.

Penentuan konsentrasi *emulsifier* yang tepat dilakukan melalui *trial and error*. Penetapan konsentrasi *emulsifier* didasarkan pada SNI 01-0222-1995 mengenai jumlah maksimal dan jumlah minimal penggunaan bahan aditif dan *emulsifier* dalam bahan pangan.

Produk F1 memiliki aroma yang manis. Rasanya manis seperti susu coklat dan terdapat *after taste* yang sedikit agak pahit. Rasa pahit diduga berasal dari penggunaan sukralosa sebagai pemanis buatan yang tidak mengandung kalori. Setelah didiamkan selama 30 menit, warna minuman F1 terpisah, yaitu putih di bagian atas dan bening kecoklatan di bagian bawah. Proses pembuatan F4 hanya sampai pada homogenisasi pertama karena larutan yang dihasilkan sangat kental dan cepat membeku sehingga tidak dapat diencerkan. Hal ini diduga bahwa penggunaan GMS sebagai emulsifier pada penelitian ini perlu disertai dengan sorbitol agar larutan yang dihasilkan tidak terlalu cepat membeku.

Formula F2 dan F3 dibuat dengan proses yang agak berbeda pada pemanasan awal. Proses pembuatan F2 dan F3 dapat dilihat pada Gambar 2. F2 tidak menggunakan CMC sebagai pengental karena sudah kental tanpa ditambahkan bahan tersebut. Hal ini dikarenakan pada F2 tidak ditambahkan sukralosa dan garam, maka langsung dipasteurisasi setelah diencerkan. Produk F2 yang dihasilkan rasanya hambar dan memiliki aroma yang manis. Warnanya lebih putih bila dibandingkan dengan produk F1.

Formula F2 sudah menggunakan sorbitol sebagai pemanis, namun dirasakan rasa yang dihasilkan hambar. Oleh karena itu, pada formula F3 penggunaan sorbitol dikurangi, yaitu sebanyak setengah dari jumlah yang digunakan pada formula F2, namun kemudian ditambahkan sukralosa dan garam agar rasanya manis. Produk F3 memiliki rasa yang manis dan warnanya putih seperti produk F1, serta memiliki aroma yang manis seperti produk F2. Oleh karena itu dalam penelitian ini ditetapkan bahwa penggunaan emulsifier GMS tidak memberikan

hasil yang baik, dan sugar ester tetap merupakan emulsifier yang sampai saat ini masih merupakan emulsifier yang tepat untuk minuman minyak bekatul.

### **Formulasi minuman emulsi minyak bekatul untuk penelitian lanjutan**

Penelitian pada tahap ini menggunakan formula minuman emulsi minyak bekatul Rachman (2012) tanpa penambahan cokelat bubuk. Hal ini dilakukan untuk menambah *varian* produk. Pengenceran yang dilakukan pada penelitian ini mencoba menggunakan perbandingan 1:3.

Pembentukan emulsi yang dihasilkan dari biang sudah baik. Namun setelah dipanaskan (pasteurisasi), emulsinya mulai pecah. Globula-globula minyak mulai terpisah dan muncul di permukaan. Hal ini terjadi diduga karena ada tahap pengenceran yang mengakibatkan kadar air pada minuman menjadi lebih besar, sedangkan emulsi tidak dapat terbentuk dengan baik pada kondisi tersebut. Untuk itu, minuman dihomogenisasi kembali dalam keadaan masih panas dengan kecepatan 9.000 rpm selama kurang lebih lima menit, baru kemudian minuman dikemas. Kestabilan emulsi yang kurang baik menjadikan emulsi mengalami pemisahan kurang dari satu jam setelah dikemas. Proses pemisahan tersebut yaitu *creaming*, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Oleh karena itu, minuman ini perlu dikocok terlebih dahulu sebelum diminum.



Gambar 4. Penampakan hasil *creaming* dari minuman emulsi minyak bekatul-flavor.

### **Organoleptik Minuman Emulsi Minyak Bekatul berbagai macam flavor**

Untuk menentukan penerimaan panelis terhadap minuman emulsi minyak bekatul dengan penambahan berbagai macam flavor maka dilakukan uji organoleptik yang meliputi uji mutu hedonik dan uji hedonik (kesukaan). Uji organoleptik merupakan uji dengan indera yang banyak digunakan untuk menilai

mutu suatu produk. Uji organoleptik merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesukaan atau ketidaksukaan panelis terhadap suatu produk.

### a. Uji Hedonik

Hasil uji hedonik menunjukkan aroma yang paling disukai adalah perlakuan flavor stroberi 0.5% dengan skor 3.93; rasa yang paling disukai adalah perlakuan sirsak 0.5% dengan skor 3.60; kekentalan yang paling disukai adalah perlakuan cokelat 0.1% dengan skor 3.37 (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil uji hedonik minuman emulsi minyak bekatul dengan flavor

Jenis flavor	Konsentrasi flavor (%)	Uji hedonik		
		Aroma	Rasa	Kekentalan
Vanila	0.1	3.57	3.43	3.23
	0.3	3.40	3.37	3.17
	0.5	3.43	3.20	3.20
Coklat	0.1	3.37	3.27	3.13
	0.3	3.43	2.73	3.37
	0.5	3.40	3.10	3.33
Stroberi	0.1	3.57	3.47	3.30
	0.3	3.57	3.47	3.27
	0.5	3.93	3.50	2.87
Sirsak	0.1	3.00	2.93	3.17
	0.3	3.43	3.40	3.17
	0.5	3.70	3.60	3.30
Teh hijau	0.1	2.53	2.50	3.20
	0.3	2.87	2.23	3.10
	0.5	2.50	2.13	3.03

### b. Uji Mutu Hedonik

Hasil uji mutu hedonik menunjukkan bahwa perlakuan stroberi 0.5% adalah yang paling harum dengan skor sebesar 1.63; perlakuan sirsak 0.5% adalah yang paling manis dengan skor sebesar 1.80; dan yang paling kental adalah cokelat 0.5% dan teh hijau 0.5% dengan skor yang sama yaitu 2.97 (Tabel 4).

Formula terbaik yang diperoleh adalah minuman emulsi minyak bekatul dengan flavor stroberi 0.5% yang selanjutnya diamati pengaruh penyimpanannya terhadap karakteristik kimia. Formula ini melengkapi alternatif produk minuman emulsi minyak bekatul yang sudah dikembangkan sebelumnya dengan menggunakan bubuk coklat (Rachman, 2012). Pengembangan formula

menggunakan perisa non kalori diperlukan untuk memberikan pilihan yang lebih beragam kepada konsumen sehingga pemanfaatan minuman emulsi minyak bekatul ini semakin optimal.

Tabel 4. Hasil uji mutu hedonik minuman emulsi minyak bekatul dengan flavor

Jenis flavor	Konsentrasi flavor (%)	Uji mutu hedonik		
		Aroma	Rasa	Kekentalan
Vanila	0.1	2.30	1.87	3.30
	0.3	2.10	2.03	3.27
	0.5	2.17	1.97	3.53
Coklat	0.1	2.37	2.17	3.00
	0.3	2.67	2.40	3.00
	0.5	2.20	2.03	2.97
Stroberi	0.1	2.27	2.10	3.07
	0.3	1.93	2.00	3.17
	0.5	1.63	1.87	3.67
Sirsak	0.1	2.97	2.17	3.03
	0.3	2.23	2.03	3.10
	0.5	2.00	1.80	3.00
Teh hijau	0.1	3.13	2.63	3.30
	0.3	3.33	2.57	3.03
	0.5	3.30	2.90	2.97

## Karakteristik Kimia Minuman Emulsi Minyak Bekatul

### Analisis Proksimat

Karakteristik kimia analisis proksimat minuman emulsi minyak bekatul untuk kadar air 93.9%, kadar karbohidrat 3.02% (b.b), kadar protein 0% (b.b) kadar lemak 3.03% (b.b), dan kadar abu 0.05% (b.b) (Tabel 5).

Produk minuman emulsi minyak bekatul merupakan minuman siap minum (*ready to drink*) sehingga mengandung banyak air (93.9%). Kadar air yang tinggi dapat mengakibatkan produk mengalami kerusakan dengan cepat karena dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Dalam penelitian ini dilakukan pasteurisasi untuk meminimalisir kerusakan tersebut. Kandungan karbohidrat diduga berasal dari emulsifier yang digunakan.

Tabel 5. Hasil Analisis proksimat minuman emulsi minyak bekatul

Kandungan Zat Gizi	Percentase (%)
Air	93.90
Karbohidrat	3.02
Protein	0 (ttd)
Lemak	3.03
Abu	0.05

Kandungan protein sebesar 0% dikarenakan bahan penyusun minuman emulsi minyak bekatul ini tidak mempunyai kandungan protein. Kandungan lemak (3.03%) berasal dari minyak bekatul yang ditambahkan. Minyak bekatul mengandung komponen bioaktif yaitu orizanol yang bersifat sebagai antioksidan yang tinggi (Damayanthi *et al.* 2004; Damayanthi *et al.* 2010). Most *et al.* (2005) menyatakan bahwa ternyata bagian minyak bekatul yang dapat menurunkan kolesterol darah manusia bukan karena adanya serat bekatul. Pada studi tersebut dilakukan pemberian minyak bekatul dan kontrol berupa minyak yang diformulasikan sedemikian rupa sehingga profil asam lemak baik jumlah maupun jenisnya menyerupai asam lemak minyak bekatul. Namun perbedaannya adalah adanya komponen orizanol yang khas terdapat pada minyak bekatul. Penurunan kolesterol serum manusia tersebut ternyata bukan merupakan akibat profil asam lemak dari minyak bekatul namun akibat adanya kandungan orizaolnya.

Kadar abu 0.05% menunjukkan bahwa pada minuman emulsi minyak bekatul terdapat kandungan mineral. Kandungan abu mengandung mineral-mineral yang dibutuhkan tubuh bagi kesehatan.

#### **Kadar Vitamin E, Oryzanol dan Aktivitas Antioksidan minuman emulsi minyak bekatul dengan flavor stroberi**

Hasil analisa vitamin E, kandungan Orizanol dan aktivitas antioksidan minuman emulsi bekatul dengan flavor stroberi 0.5% disajikan pada Tabel 6. Hasil tersebut menunjukkan bahwa minuman ini berpotensi sebagai minuman fungsional dan untuk itu perlu dilihat khasiat minuman ini pada manusia dalam mencegah penyakit tidak menular misalnya penyakit terkait obesitas seperti hiperlipidemia, diabetes dan kanker. Aktivitas antioksidan pada minyak bekatul

**Tabel 6.** Kandungan vitamin E, Oryzanol dan aktivitas antioksidan minuman emulsi minyak bekatul

	Kadar
Vitamin E	0.085 mg/100 ml
Oryzanol	0.003%
Aktivitas antioksidan	37.09%.

**Karakteristik kimia minuman emulsi minyak bekatul selama penyimpanan**

Karakteristik kimia yang diukur pada minuman emulsi minyak bekatul yaitu nilai pH, nilai TAT dan bilangan TBA. Selama penyimpanan 2 hari minuman emulsi minyak bekatul sudah terlihat penurunan mutu (Tabel 7).

**Tabel 7.** Karakteristik kimia minuman emulsi minyak bekatul selama penyimpanan

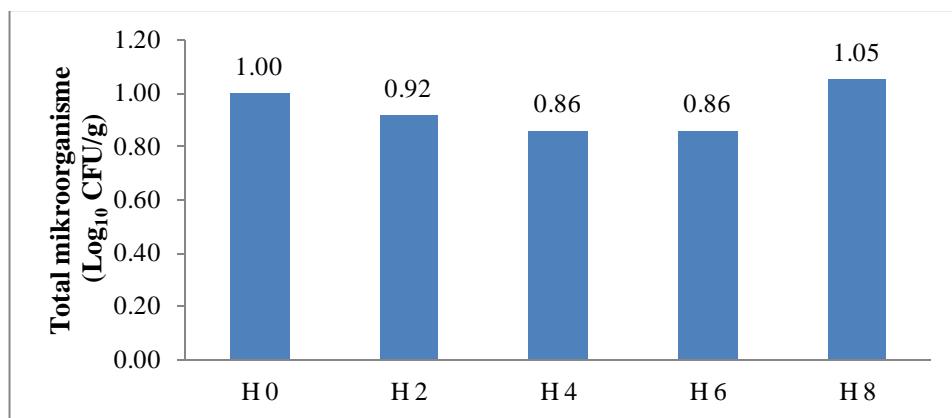
Sifat Fisik dan Kimiawi	Hari ke-0	Hari ke-2
Nilai pH	$6.6 \pm 0.09$	$6.4 \pm 0.05$
Nilai TAT (ml NaOH 0.1 N/100 g sampel)	$3.45 \times 10^{-3} \pm 1,37 \times 10^{-5}$	$3.49 \times 10^{-3} \pm 1,02 \times 10^{-5}$
Bilangan TBA (mg MA eq/Kg sampel)	Tidak terdeteksi	$0.355 \pm 0.073$

Nilai pH merupakan parameter yang sangat penting untuk diketahui di dalam pengolahan pangan maupun pengawetan bahan pangan. Selama penyimpanan Nilai pH sudah mengalami penurunan. Nilai TAT berbanding terbalik dengan nilai pH, semakin rendah nilai pH maka semakin tinggi nilai TAT dan sebaliknya. Oleh karena itu nilai pH cenderung turun, sebaliknya nilai TAT cenderung naik. Asam yang terbentuk selama penyimpanan akan menurunkan nilai pH minuman emulsi minyak bekatul.

TBA merupakan salah satu tes yang paling banyak digunakan untuk menguji adanya oksidasi lemak. Hasil oksidasi asam lemak tidak jenuh akan membentuk warna jika bereaksi dengan pereaksi TBA. Warna yang terbentuk ini merupakan hasil kondensasi dua molekul TBA dengan satu molekul malonaldehida (Nawar, 1996). Selama penyimpanan terjadi peningkatan nilai TBA yang berarti terjadi pula peningkatan laju reaksi oksidasi. Peningkatan ini diduga karena pada produk sudah terbentuk malondialdehide.

### **Uji Mikroorganisme Minuman Emulsi Minyak Bekatul (TPC)**

TPC menunjukkan populasi seluruh mikroorganisme yang terdapat dalam produk bahan pangan tanpa menunjukkan jenis mikroorganisme tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai gambaran umum mikroorganisme dalam suatu bahan pangan. Total bakteri (TPC) pada produk minuman emulsi minyak bekatul flavor terpilih selama masa penyimpanan 8 hari pada suhu refrigerator disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan jumlah mikroorganisme pada minuman emulsi minyak bekatul .

Total bakteri minuman emulsi minyak bekatul setelah 8 hari penyimpanan pada suhu refrigerator sebesar 11.3 koloni/mL atau  $1.05 \log_{10}$  CFU/mL, jumlah ini masih dibawah penelitian Faigayanti (2012) yaitu sebesar  $3.6 \times 10^2$  koloni/mL. Hal ini diduga karena pada penelitian Faigayanti (2012) ditambahkan bahan baku bubuk coklat sebagai flavor sehingga menjadi salah satu sumber zat gizi bagi pertumbuhan mikroba. Namun, minuman emulsi minyak bekatul setelah penyimpanan 8 hari pada suhu refrigerator masih dikatakan aman untuk dikonsumsi karena menurut standar SNI 7388 tahun 2009 tentang batas maksimum cemaran mikroba pada makanan dan minuman pasteurisasi dalam kemasan yaitu  $1 \times 10^4$  kol/ml.

### **KESIMPULAN**

Formula terbaik dari uji hedonik dan mutu hedonik yang diperoleh untuk minuman minyak bekatul adalah produk dengan flavor stroberi 0,5% yang mengandung 0,003% orizanol, 0,085 mg/100 ml vitamin E dan aktivitas

antioksidan 37,09%. Setelah dilakukan penyimpanan selama 2 hari sudah terlihat terjadinya penurunan karakteristik kimianya. Selain itu, terjadi fluktuasi jumlah mikroba selama penyimpanan 8 hari namun demikian jumlah mikroba produk masih cukup rendah yaitu 11,3 koloni/mL atau  $1,05 \log_{10}$  CFU/mL.

## DAFTAR PUSTAKA

- Charley H. 1982. Food Science. New York: Ronald Press.
- Damayanthi E, Muchtadi D, Syarief H, Wijaya CH dan Damardjati DS. 2004. Aktivitas antioksidan minyak bekatul awet dan fraksinya secara *in vitro*. J. Teknologi dan Industri pangan. Vol. XV No. 1 Tahun 2004. ISSN 0216-2318.
- Damayanthi E, Kustiyah L, Khalid M dan Farizal H. 2010. Aktivitas antioksidan bekatul lebih tinggi daripada jus tomat dan penurunan aktivitas antioksidan serum setelah intervensi minuman kaya antioksidan. Jurnal Gizi dan Pangan, 5(3):205–210.
- Faigayanti A. 2012. Angka Lempeng Total Minuman Emulsi Minyak Bekatul-Cokelat dan Pengaruh Intervensinya terhadap Kadar Malondialdehid (MDA) Plasma Mahasiswa Obes. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Ekologi Manusia. Institut Pertanian Bogor.
- Furukawa *et al.* 2004. Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. J. Clin. Invest 114:1752–1761.
- Igoe RS. 2011. Dictionary of Food Ingredients. Ed ke-5. San Diego: Springer.
- Kementerian Kesehatan. 2010. Riset Kesehatan Dasar Tahun 2010. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Most MM, Tulley R, Morales S, Lefevre M. 2005. Rice bran, not fiber, lowers cholesterol in humans. *Am J Clin Nutr* 81: 64–68.
- Nawar WW. 1996. Lipids. Di dalam: *Food Chemistry*. 3th ed. Fennema O R., editor. New York: Marcel Dekker Inc.
- Rachman PH. 2012. Pangan tinggi aktivitas antioksidan berbasis minyak bekatul padi berupa minuman emulsi coklat dan keju rendah lemak untuk pencegahan penyakit degeneratif [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Riken.2002. Emulsifiers. <http://www.rikenvitamin.jp/int/emulsifier/basic/property1.html> [18 Februari 2013].

UNC. 2013. Emulsions. <http://pharmlabs.unc.edu/labs/emulsions/hlb.htm> [18 Februari 2013].

SNI 7388-2009. Batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan. Badan standardisasi nasional.

Syakdiyah C. 2011. Pengaruh penggunaan minyak nabati dalam emulsi W1/O/W2 terhadap karakteristik keju putih rendah lemak [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

**REPLIKASI MODEL GEULIS (GERAKAN UNTUK LINGKUNGAN SEHAT) DALAM UPAYA MENINGKATKAN PERILAKU HIDUP SEHAT SISWA PONDOK PESANTREN DA'WATUL QURAN AL-ROZIE DAN DARUSSALAM DI BOGOR**

(Geulis (Healthy Environment Movement) Model Reflication to Improve Healthy Behavior of Student at Da'watul Quran Al Rozie and Darussalam Islamic Boarding School, Bogor)

**Ikeu Tanziha<sup>1)</sup>, Clara M. Kusharto<sup>1)</sup>, Hangesti Emi Widyasari<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB.

<sup>2)</sup>Dep. Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB.

**ABSTRAK**

Tujuan kegiatan adalah mengaplikasikan model GEuLIS (Gerakan untuk Lingkungan Sehat) untuk meningkatkan perilaku hidup sehat di Pondok Pesantren Da'watul Quran Al-Rozie dan Darussalam. Kegiatan ini merupakan kegiatan kaji tindak pada bulan Juli-November 2012, dengan menganalisis perubahan pengetahuan, sikap dan prilaku setelah diberi penyuluhan. Data yang dikumpulkan berupa karakteristik anak (umur, jenis kelamin, status gizi), pengetahuan, sikap dan prilaku gizi, keamanan pangan jajanan dan kesehatan lingkungan. Data dianalisis dengan menggunakan uji t. Hasil studi menunjukkan bahwa sebelum intervensi, lingkungan disekitar pesantren beresiko terhadap kejadian demam berdarah yaitu dengan banyaknya jentik nyamuk *Aedes aegypti*. Disamping itu pengetahuan, sikap dan prilaku gizi, keamanan pangan jajanan dan kesehatan lingkungan sebanyak 41,5% dalam kategori kurang dan sedang. Setelah intervensi, terjadi perubahan signifikan pada pengetahuan, sikap dan praktik siswa. Proporsi siswa dengan Pengetahuan kesehatan lingkungan dalam kategori baik meningkat dari signifikan dari 58,7% siswa dalam kategori baik menjadi 85,2%. Proporsi siswa dengan sikap baik meningkat signifikan dari 87,0% menjadi 100%. Demikian pula telah terjadi perubahan prilaku menjadi lebih baik dari 50,0% siswa dengan prilaku baik, meningkat signifikan menjadi 96,3%.

Kata kunci: Geulis, lingkungansehat, siswa, pesantren.

**ABSTRACT**

The objective of this activity was to apply healthy environment movement model to improve healthy behavior at Islamic Boarding School Da'watul Quran Al-Rozie and Darussalam. This activity was an action research conducted on July-November 2012. Data collected were student characteristic, knowledge, attitude and practice on healthy environment, food safety and nutrition. The data was analyzed by paired t-test. Result showed that before intervention the environment around the islamic boarding school had high risk of dengue hemorrhagic fever due to high number of mosquito larva. Besides, 41.5% of subjects had low and middle knowledge, attitude and practice on nutrition, food safety and healthy environment. After intervention, there was significant change in students' knowledge, attitude and practice. Proportion of subjects who had good knowledge on healthy environment increase significantly from 58.7% to 85.2%. Proportion of students who had good attitude increase significantly from 87.0% to 100%. It also happened to students' practice which increase significantly from 50.0% to 96.3% in good practice category.

Keywords: Geulis, healthy environment, student, islamic boarding school.

## PENDAHULUAN

Saat ini terdapat 2 persoalan besar di bidang kesehatan selain upaya pelayanan kesehatan dasar. Persoalan pertama yaitu aspek perilaku ditandai dengan masih rendahnya kesadaran masyarakat dan peran serta dalam pembangunan kesehatan, hal ini ditunjukkan dengan lambatnya kemajuan peningkatan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) baik di tatanan rumah tangga, tatanan pendidikan, tatanan tempat kerja, tatanan tempat umum maupun tatanan institusi kesehatan. Persoalan yang kedua yaitu aspek lingkungan yang ditandai dengan besarnya dampak perubahan iklim terhadap ekosistem kehidupan sehingga mengundang sejumlah penyakit yang semula sudah dapat diturunkan menjadi berkembang kembali (*reemerging diseases*) seperti malaria, demam berdarah dengue, diare dan ISPA.

Data di Indonesia menunjukkan bahwa angka kejadian DBD di Indonesia mencapai lebih dari 50 kasus per 100.000 penduduk dengan angka kematian sekitar 1-2 persen. Selain itu data hasil Riset Kesehatan Dasar tahun 2010 menyebutkan prevalensi penyakit demam berdarah dengue mencapai 0,6% (Depkes, 2010).

Di Kota Bogor terhitung sampai bulan Oktober 2010 penderita Demam Berdarah Dengue (DBD) telah mencapai 1.429 penderita (Pemda Kota Bogor, 2010). Kota Bogor masih dinyatakan sebagai endemis demam berdarah dengue (DBD), dan menjadi satu dari 10 kota di Jawa Barat dengan jumlah penderita terbanyak. Data Dinas Kesehatan (Dinkes) Bogor menunjukkan penderita DBD bermunculan hampir setiap bulan, dan diantaranya terjadi di pondok pesantren. Kurang terjaganya kebersihan lingkungan di pesantren menjadi salah satu penyebabnya. Selain itu, padatnya populasi santri di sejumlah pesantren menjadikan penyebaran demam berdarah semakin cepat, satu nyamuk bisa menularkan DBD kepada dua hingga tiga santri (Widianto, 2009). Oleh karena itu perlu suatu upaya di pesantren untuk meningkatkan perilaku hidup sehat dari siswanya serta membangun lingkungan sehat yang mendukung terhadap pembangunan derajat kesehatan santrinya.

Tujuan kegiatan adalah mengaplikasikan model GEuLIS (Gerakan untuk Lingkungan Sehat) dalam upaya membangun lingkungan pesantren sehat serta meningkatkan perilaku hidup sehat dari siswa di Pondok Pesantren Da'watul Quran Al-Rozie dan Darussalam.

## METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah *experimental study*. dimana penelitian dilakukan untuk melihat pengaruh intervensi terhadap perubahan pengetahuan, sikap dan prilaku gizi, kemanan pangan, sanitasi lingkungan dan penyakit yang berhubungan dengan lingkungan. Tahapan pelaksanaan penelitian ini meliputi: 1) persiapan (perumusan instrumen, protokol lapang, koordinasi dan konsolidasi tim peneliti, 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 disseminasi hasil penelitian aksi.

Penelitian dilakukan di dua lokasi yaitu Pondok Pesantren Dawatul Quran Al-Rozie dan Pondok Pesantren Darussalam. Pondok Pesantren Dawatul Quran AlRozie terletak di Kelurahan Gunung Batu, Kecamatan Bogor Barat Kota Bogor sedangkan Pondok Pesantren Darussalam berlokasi di Desa Padasuka, Kecamatan Ciomas Kabupaten Bogor. Jarak kedua pesantren ke Perguruan tinggi sekitar 6,5 km dan 5 km, secara beurutan. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan mulai Bulan Juli sampai dengan Bulan November 2012.

### Cara Pemilihan Contoh

Responden penelitian adalah siswa SMP dan SMA di Pondok Pesantren Dawatul Quran Al Rozie dan Darussalam. Teknik penarikan contoh dari populasi dilakukan dengan cara *purposive* yaitu berdasarkan data siswa yang diberikan pihak pesantren, dengan kriteria inklusi adalah siswa yang aktif dalam kegiatan pesantren dan dianggap dapat menularkan ilmunya kepada siswa lainnya yang tidak menjadi peserta. Jumlah peserta dari Pesantren Dawatul Quran Al-Rozie sebanyak 29 siswa yang terdiri dari 20 siswa laki-laki dan 9 siswa perempuan. Sedangkan jumlah peserta dari Pesantren Darussalam sebanyak 25 siswa, yang

terdiri dari 14 siswa laki-laki dan 11 siswa perempuan. Sehingga total peserta pelatihan sebanyak 54 siswa.

### **Kegiatan Pelatihan, Materi dan Jenis Data yang Dikumpulkan**

Kegiatan pelatihan dilaksanakan selama 2 bulan, yang dilakukan seminggu sekali sebanyak 8 kali pertemuan. Setiap pertemuan siswa dilatih memantau jentik dan cara-cara pengendaliannya, serta diberi materi terkait kesehatan lingkungan, gizi dan keamanan pangan, khususnya pangan jajanan. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer berupa karakteristik anak (umur, jenis kelamin dan asal derah), status gizi, pengetahuan, sikap dan prilaku terkait kesehatan lingkungan, gizi dan keamanan pangan.

### **Pengolahan dan Analisis Data**

Data yang diperoleh akan di *coding*, *entry*, *cleaning*, *scoring*, untuk kemudian dianalisis menggunakan SPSS. Data status gizi dianalisis berdasarkan IMT/U yang dikategorikan menjadi sangat kurus, kurus, normal, gemuk dan obes. Data pengetahuan, sikap dan prilaku di skor darimasing-masing pertanyaan kemudian dijumlahkan dan dikategorikan berdasarkan interval yang sudah baku.

Analisis statistik yang digunakan adalah analisis deskriptif dan inferensia. Analisis deskriptif untuk menggambarkan variabel yang diteliti dalam kuisioner, sedangkan analisis inferensia yang digunakan adalah uji paired T-Test

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Gambaran Umum Kasus Kejadian Demam Berdarah di Lingkungan Sekitar Pesantren serta Penyebaran Jentik Nyamuk**

#### **Kasus Kejadian Demam Berdarah di Lingkungan Sekitar Pesantren**

Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh virus *Dengue* yang ditularkan melalui nyamuk *Aedes* dan ditandai dengan demam mendadak 2 – 7 hari tanpa penyebab yang jelas, lemah/lesu, gelisah, nyeri ulu hati, seringkali disertai pendarahan di kulit berupa bintik pendarahan. Kadang-kadang mimisan, berak darah, muntah darah, dan kesadaran menurun (Depkes RI, 1998).

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) disebabkan oleh virus *Dengue*. Virus ini termasuk dalam group B *Arthropod Borne Viruses* (Arbovirusis) kelompok *flavivirus* dari famili *togavirus*, yang terdiri dari empat serotipe yaitu *Dengue* 1, *Dengue* 2, *Dengue* 3 dan *Dengue* 4. Keempat jenis virus ini masing-masing saling berkaitan sifat antigennya dan dapat menyebabkan sakit pada manusia. Keempat tipe virus ini telah ditemukan di berbagai daerah di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Dengue* 3 merupakan serotipe virus yang dominan yang menyebabkan gejala klinis yang berat dan penderita banyak yang meninggal (Wuryadi, 1990). Data kasus kejadian demam berdarah di daerah sekitar pesantren disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Data kasus kejadian demam berdarah di lokasi sekitar pesantren

No	Bulan	2007		2008		2009		2010		2011	
		P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
1	Januari	16	1	0	0	11	0	4	0	4	0
2	Februari	12	0	1	0	20	0	13	0	6	0
3	Maret	15	0	3	0	7	0	6	0	2	0
4	April	11	0	2	0	15	0	29	0	3	0
5	Mei	14	0	9	0	12	0	7	0	0	0
6	Juni	14	0	0	0	17	0	13	0	1	0
7	Juli	6	0	3	0	15	0	7	0	2	0
8	Agustus	8	0	4	0	27	0	16	0	0	0
9	September	2	0	1	0	9	0	9	0	1	0
10	Okttober	3	0	9	0	4	0	8	0	3	0
11	November	7	0	8	0	6	0	14	0	8	0
12	Desember	4	0	10	0	11	0	3	0	5	1
Jumlah		112	1	50	0	154	0	129	0	35	1

Keterangan: P= penderita M= meninggal

Sumber: Puskesmas Pasir Mulya, Bogor

Jumlah penderita demam berdarah di sekitar pesantren mengalami fluktuasi dari tahun 2007 sampai 2011. Jumlah kasus tertinggi terjadi sepanjang tahun 2009 yaitu 154 kejadian. Menurut Fitriyani (2007) wilayah Jawa-Bali memiliki kabupaten/kota yang termasuk kategori rawan dan sangat rawan paling tinggi diantara seluruh wilayah yang ada di Indonesia. Daerah-daerah yang termasuk kategori rawan dan sangat rawan pada umumnya terletak di kota-kota besar dan ibukota provinsi.

## Penyebaran dan jenis jentik nyamuk di Pondok Pesantren

Hasil pemeriksaan laboratorium (Tabel 2) menunjukkan terdapat berbagai jenis jentik nyamuk di Pondok Pesantren Darussalam yaitu *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti* maupun *Culex sp.* Jenis jentik nyamuk yang terbanyak tersebar ditemukan yaitu jenis jentik nyamuk *Culex sp* yang tersebar hampir disemua lokasi pengambilan sampel.

Tabel 2. Hasil identifikasi nyamuk di Pondok Pesantren Darussalam

No	Lokasi	Jumlah (Ekor)			Keterangan Spesies
		Larva	Pupa	Dewasa	
1	Kamar mandi Nabawi	10	6	4	<i>Aedes aegypti</i>
2	Kamar mandi guru	4	-	-	<i>Culex sp</i>
3	Pohon tumbang	2	-	2	<i>Aedes albopictus</i>
4	Disamping gerbang	10	2	1	<i>Culex sp</i>
5	Rawa-rawa	3	2	1	<i>Culex sp</i>
6	Comberan	4	1	-	<i>Culex sp</i>
7	Ember bekas asahan	6	2	2	<i>Aedes albopictus</i>
Total		33	11	8	

Tabel 3. Hasil identifikasi nyamuk di Pondok Pesantren Dawatul Quran Al Rozie

No	Lokasi	Jumlah (Ekor)			Keterangan Spesies
		Larva	Pupa	Dewasa	
1	Kamar mandi guru	6	2	-	<i>Aedes aegypti</i>
2	Kamar mandi siswa	6	1	-	<i>Aedes aegypti</i>
3	Kamar mandi pesantren	10	2	-	<i>Aedes aegypti</i>
4	Kamar mandi penduduk sekitar pesantren -1	1	1	-	<i>Aedes aegypti</i>
5	Kamar mandi penduduk sekitar pesantren -1	1	1	-	<i>Aedes aegypti</i>
6	Dispenser pesantren	-	-	2	<i>Aedes aegypti</i>
7	Ember di depan pesantren	8	2	1	<i>Aedes albopictus</i>
Total		38	11	5	

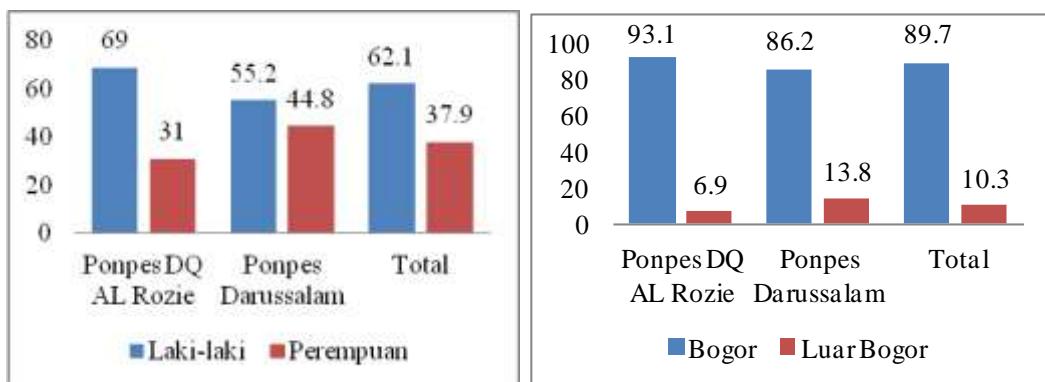
Berbeda dengan hasil analisis jentik nyamuk di Pesantren Darussalam, jenis jentik nyamuk yang banyak terdapat di sekitar pesantren Dawatul Quran Al rozie adalah jenis *Aedes aegypti*. Nyamuk jenis ini adalah vektor penyakit demam berdarah. Hasil pengamatan pada Tabel 2 dan Tabel 3 menyadarkan para siswa akan adanya bahaya yang selalu mengancam kesehatan diri mereka, sehingga para

siswa dengan semangat menyatakan akan berusaha membuat lingkungan mereka menjadi lebih bersih, salah satunya dengan berperan aktif dalam kegiatan Geulis Plus.

### Karakteristik Siswa

#### Usia, Jenis Kelamin dan Asal Daerah

Usia siswa peserta pelatihan Geulis berkisar antara 11-18 tahun yang termasuk ke dalam kategori remaja (Arisman, 2004). Sebagian besar siswa berasal dari daerah Kabupaten dan Kota Bogor seperti dari Kecamatan Ciomas, Leuwiliang, Ciampea, Cibinong dan Kecamatan Bogor Barat. Siswa yang berasal dari luar Bogor berasal dari Kota Serang, Sukabumi dan Cianjur. Data sebaran jenis kelamin dan asal daerah disajikan pada Gambar 1 berikut.

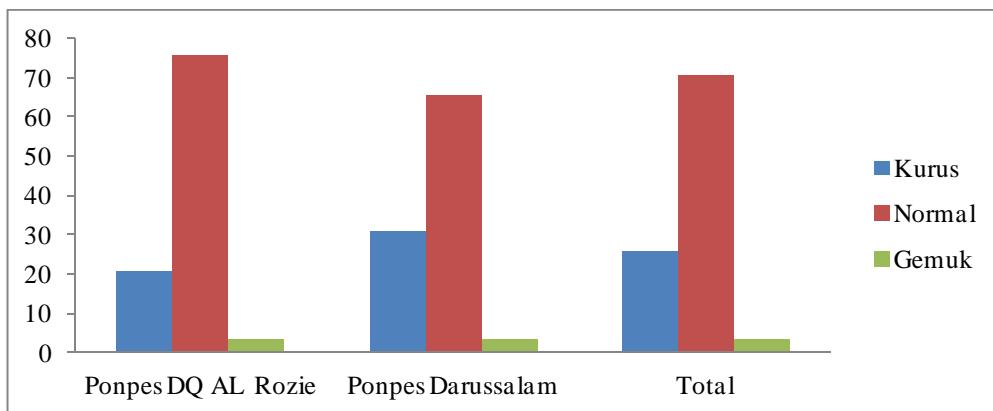


Gambar 1. Sebaran jenis kelamin dan asal daerah siswa.

Berdasarkan data pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa siswa laki-laki lebih banyak dibandingkan siswa perempuan yaitu sebanyak 62,1% siswa laki-laki dan 37,9% siswa perempuan. Siswa yang berasal dari daerah Bogor sebesar 89,7% dan dari luar Bogor hanya 10,3%.

### Status Gizi

Status gizi merupakan keadaan kesehatan tubuh seseorang atau sekelompok orang yang diakibatkan oleh konsumsi, penyerapan, dan penggunaan zat gizi makanan (Riyadi, 2003). Dalam penelitian ini status gizi siswa diukur berdasarkan IMT/U. Sebaran status gizi siswa dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



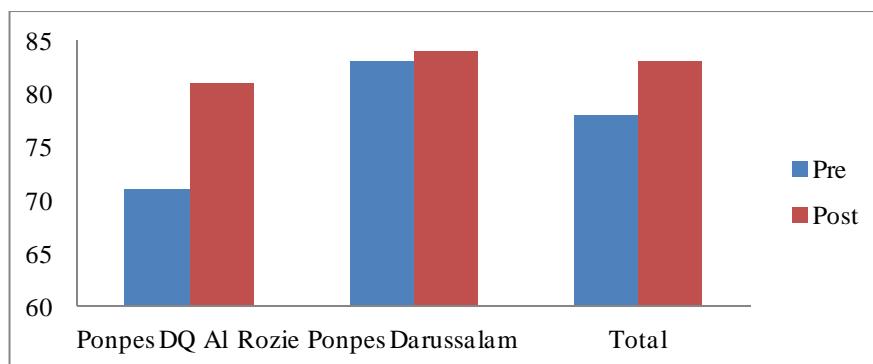
Gambar 2. Sebaran status gizi siswa.

Dari Gambar 2 terihat bahwa dikedua pondok pesantren terdapat masalah gizi ganda yaitu masih adanya siswa dengan status gizi kurang (kurus) sebanyak 25,9%, dan disisi lain ada masalah status gizi lebih (3,4%). Prevalensi status gizi kurus dipesantren (25,9%) jauh lebih tinggi dari rata-rata prevalensi kekurusan untuk umur 6-18 tahun pada level nasional (10,4%). Dengan demikian masalah gizi dipesantren perlu mendapat penanganan lebih serius.

### **Pengetahuan, Sikap dan Prilaku Siswa Terkait Kesehatan Lingkungan, Gizi dan Keamanan Pangan**

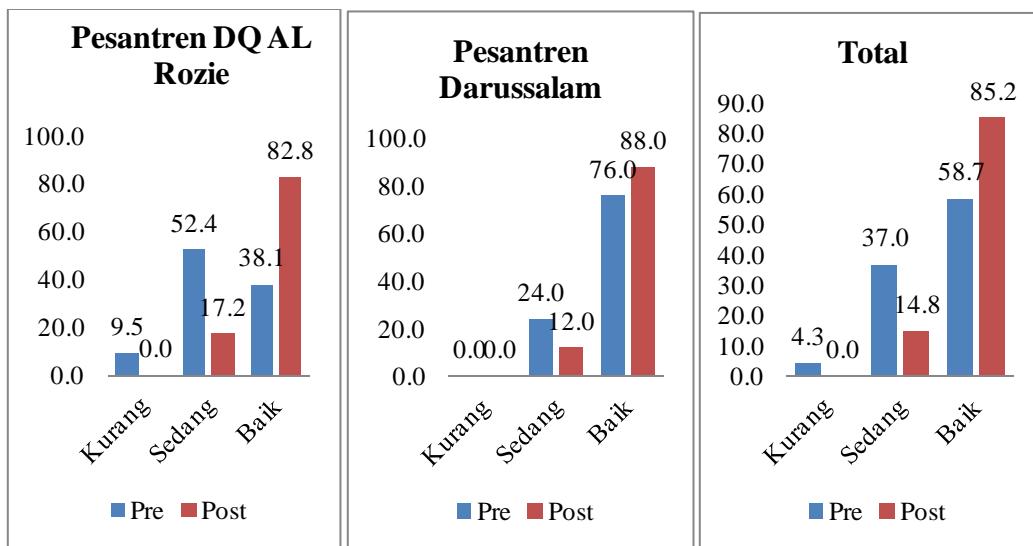
#### **Pengetahuan Kesehatan Lingkungan, Gizi dan keamanan pangan**

Pengetahuan siswa tentang jentik dan perkembangbiakannya serta jenis penyakit yang diakibatkannya diharapkan dapat membentuk sikap dan prilaku siswa dalam pengendalian lingkungan sehat. Terjadi peningkatan signifikan ( $p<0,1$ ) rata-rata sekor pengetahuan siswa tentang jentik nyamuk dari 78 sebelum penyuluhan menjadi 83 sesudah penyuluhan (Gambar 3).



Gambar 3. Nilai rata-rata pengetahuan siswa tentang jentik, perkembangbiakannya dan jenis penyakit yang diakibatkannya.

Bila pengetahuan siswa tentang jentik dan perkembangbiakannya serta jenis penyakit akibat jentik dikelompokkan menjadi kategori kurang, sedang dan baik, maka terlihat dari Gambar 4, proporsi siswa yang memiliki tingkat pengetahuan baik mengalami peningkatan dari 58,7% sebelum penyuluhan menjadi 85,2% sesudah penyuluhan (Gambar 4). Jumlah peningkatan tertinggi ada di pesantren DQ Al Rozie sebesar 30%

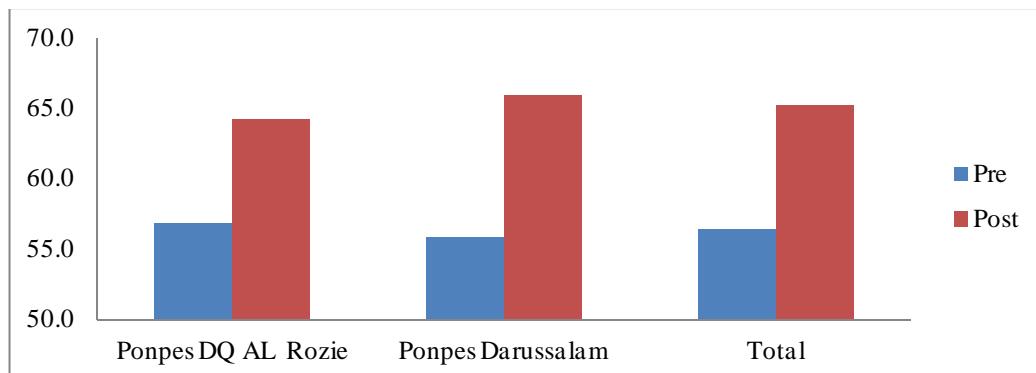


Gambar 4. Sebaran siswa berdasarkan jenis kategori pengetahuan tentang jentik dan perkembangbiakannya serta jenis penyakit akibat jentik pada sebelum dan setelah pelatihan.

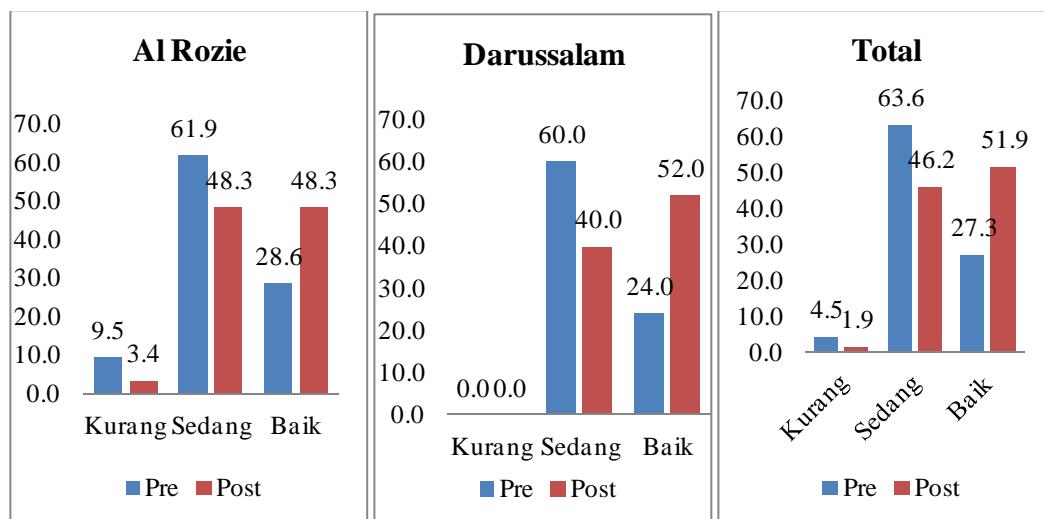
### **Pengetahuan Gizi dan keamanan pangan**

Tingkat pengetahuan gizi dan keamanan pangan seseorang berpengaruh terhadap sikap dan perilaku dalam pemilihan makanan yang pada akhirnya akan berpengaruh pada keadaan gizi dan kesehatan individu yang bersangkutan. Semakin tinggi tingkat pengetahuan gizi seseorang diharapkan semakin baik pula keadaan gizi dan kesehatannya (Sukandar, 2009). Berdasarkan data Badan POM (2010) menunjukkan bahwa 44 persen pangan jajanan di Indonesia terkategori tidak memenuhi syarat keamanan pangan yang disebabkan oleh penggunaan bahan tambahan pangan yang berlebihan, penggunaan bahan tambahan non pangan seperti formalin, boraks, zat pewarna rhodamin b, dan metanil yellow, serta adanya cemaran mikroba. Menurut Kanazawa (2010), banyaknya pangan jajanan yang tidak aman dapat berakibat pada rendahnya kualitas tumbuh kembang anak

yang dicerminkan oleh terhambatnya perkembangan kognitif. Gambaran pengetahuan siswa dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai rata-rata pengetahuan gizi dan keamanan pangan.



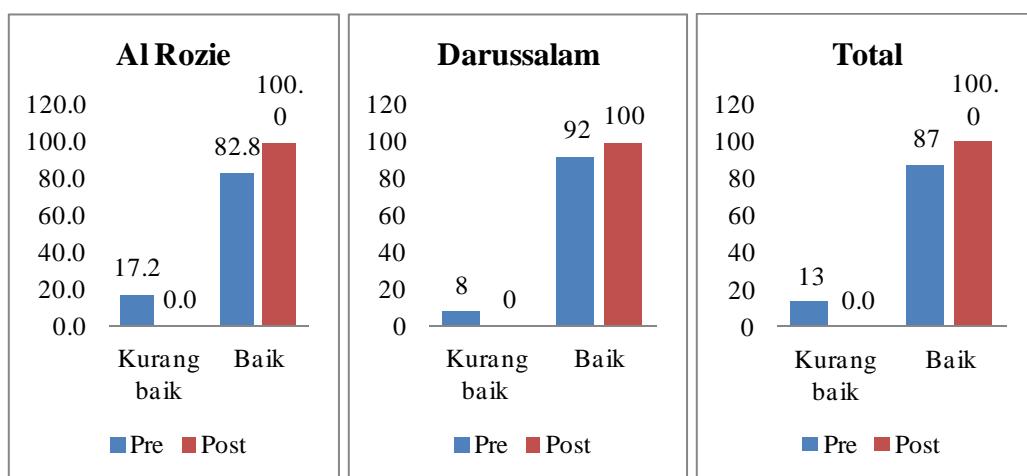
Gambar 6. Sebaran siswa berdasarkan jenis kategori pengetahuan gizi dan keamanan pangan.

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata pengetahuan siswa masih sangat rendah yaitu 56,4 dan hanya sebagian kecil (27,3%) siswa masuk dalam kategori baik (Gambar 6). Namun pengetahuan siswa meningkat signifikan ( $p<0,05$ ) setelah penyuluhan menjadi 65,2, serta proporsi sebagian besar siswa meningkat dalam kategori baik menjadi 51,9%.

#### **Sikap terhadap Kesehatan lingkungan, Gizi dan Keamanan pangan**

Sikap merupakan respon evaluatif yang artinya sikap didasari oleh proses evaluasi dalam diri individu dengan memberikan kesimpulan dalam bentuk baik

atau buruk, positif atau negatif, menyenangkan atau tidak menyenangkan serta suka atau tidak suka (Azwar, 1988). Menurut Aaker *et al.* (2000) sikap memiliki 3 komponen yaitu komponen kognitif yang menggambarkan pengetahuan dan keyakinan seseorang terhadap suatu objek; komponen afektif yang menyangkut perasaan/emosional seseorang terhadap suatu objek biasanya diekspresikan dalam bentuk suka atau tidak suka; serta komponen kecenderungan bertindak yang merujuk ke suatu maksud atau tindakan dalam suatu cara tertentu terhadap suatu objek. Sikap siswa sebelum dan sesudah pelatihan terhadap beberapa komponen terkait keamanan makanan dan kesehatan lingkungan disajikan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



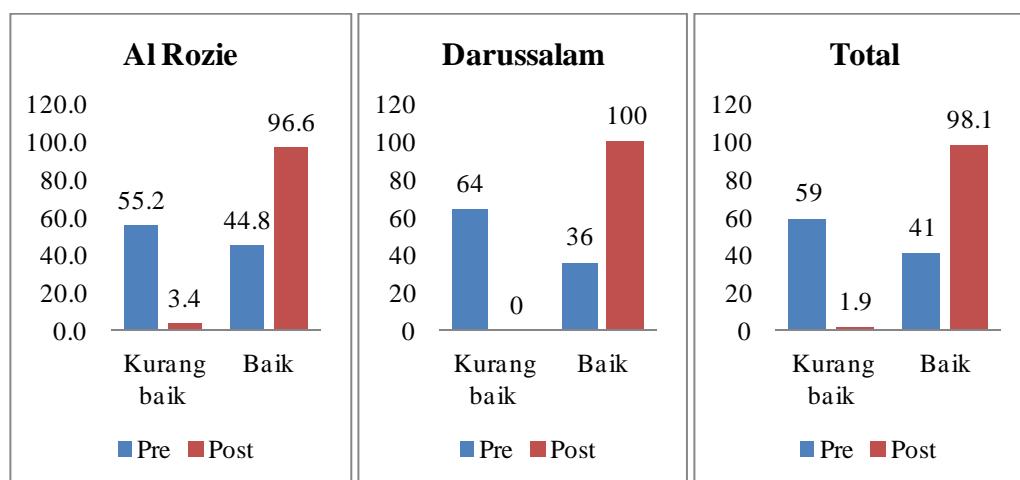
Gambar 7. Sebaran siswa berdasarkan kategori sikap terhadap kesehatan lingkungan.

Tabel 14. Sebaran siswa berdasarkan sikap tidak setuju terhadap beberapa komponen terkait kebersihan lingkungan

No	Sikap	Pesantren DQ AL Rozie			Pesantren Darussalam		
		Pre (%)	Post (%)	Perubahan (%)	Pre (%)	Post (%)	Perubahan (%)
1	Sikap terhadap kamar mandi yang jarang dikuras	86	100	14	100	100	0
2	Sikap terhadap jentik nyamuk yang dibiarkan berada dalam bak mandi	76	100	24	80	100	20
3	Sikap terhadap teman yang sering menggantung baju kotor di kamar	34	97	63	24	84	60
4	Sikap terhadap teman yang sering membuang sampah sembarangan	76	100	24	80	100	20
5	Sikap terhadap sampah yang dibiarkan menumpuk	79	97	18	84	96	12

Data pada Gambar 7 menunjukkan bahwa sebagian besar siswa memiliki sikap yang baik terhadap kesehatan lingkungan. Jumlah siswa yang memiliki sikap kurang baik terhadap kesehatan lingkungan menurun dari adanya 13% menjadi 0%, atau artinya siswa semuanya telah mempunyai sikap yang baik mengenai pengendalian lingkungan sehat setelah pelatihan.

Perubahan sikap siswa sebelum dan setelah pelatihan yang paling tinggi (60%) adalah sikap terhadap teman yang sering menggantung baju kotor di kamar. Hanya 34% siswa di Pesantren Dawatul Quran AlRozie sebelum pelatihan menunjukkan sikap tidak setuju terhadap kebiasaan kurang baik tersebut, namun setelah siswa mengetahui akibat yang ditimbulkan dari kebiasaan itu maka hampir semua siswa (97%) menjadi tidak setuju terhadap sikap tersebut. Begitu juga siswa di Pesantren Darussalam. Hal ini diduga karena dalam materi pelatihan dijelaskan bahwa kebiasaan tersebut dapat menyebabkan hewan pembawa penyakit seperti nyamuk bersarang di tempat kotor tersebut. Sikap siswa terhadap gizi dan keamanan pangan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perubahan sikap siswa terhadap beberapa komponen terkait gizi dan keamanan pangan.

Dari Gambar 8 terlihat bahwa sikap gizi dan keamanan pangan siswa masih banyak yang tergolong kurang (60%) sebelum pelatihan, namun meningkat signifikan ( $p<0,05$ ) menjadi 99% setelah pelatihan. Sikap yang banyak perubahannya adalah terkait sikap ketidak setujuan siswa bila ada temannya

sering membeli jajanan tinggi penyedap dan seringnya membeli minuman manis dengan adanya kandungan pemanis buatan (Tabel 5).

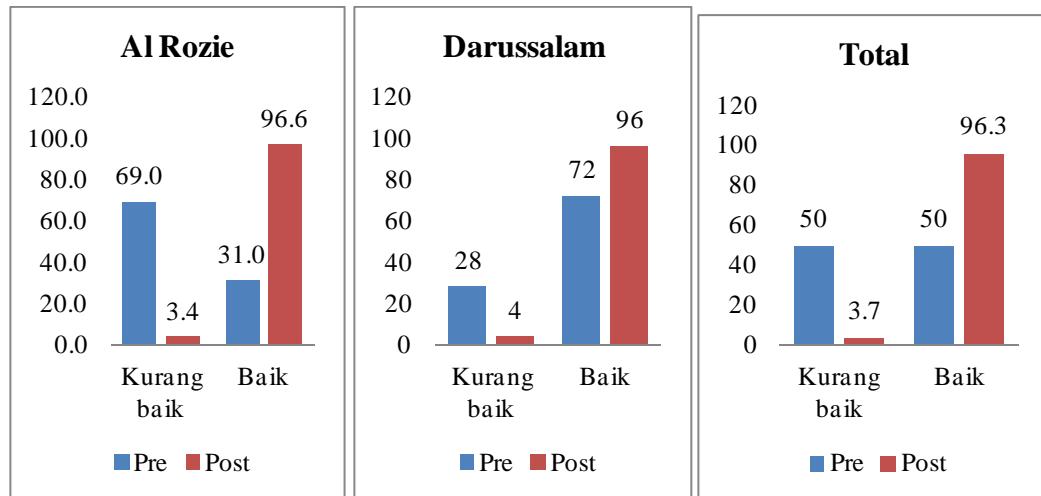
Sikap lain yang cukup tinggi perubahannya adalah sikap ketidak setujuan mereka terhadap teman yang sering jajan bakso, apalagi bila banyak menggunakan saos dalam mengkonsumsinya. Perubahan sikap siswa di kedua pesantrem signifikan ( $p<0,05$ ) antara sebelum dan sesudah pelatihan.

Tabel 5. Sebaran siswa berdasarkan sikap tidak setuju terhadap beberapa komponen terkait gizi dan keamanan pangan

Sikap	Pesantren DQ AL Rozie			Pesantren Darussalam		
	Pre	Post	Perubahan (%)	Pre	Post	Perubahan (%)
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Sikap terhadap teman yang sering membeli ciki	31	93	62	28	96	68
Sikap terhadap teman yang sering membeli minuman manis dalam gelas plastik	24	97	73	20	68	48
Sikap terhadap teman yang sering membeli bakso	41	97	56	12	52	40
Sikap terhadap teman yang tidak suka makan buah dan sayur	72	100	28	88	96	8
Sikap terhadap teman yang tidak suka sarapan pagi	69	97	28	84	92	8

### Perilaku Sehat, Gizi dan Keamanan pangan

Menurut Goldsmith (1996) perilaku merupakan sesuatu yang benar-benar dilakukan oleh seseorang. Adapun perilaku muncul sebagai hasil interaksi antara individu dengan lingkungannya. Dengan demikian, perilaku juga dapat dikatakan sebagai reaksi yang terjadi karena adanya stimulus atau interaksi antara individu dengan lingkungannya dan benar-benar dilakukan seseorang dalam bentuk tindakan. Sebaran siswa berdasarkan perilaku sehat pada kedua pesantren disajikan pada Gambar 9.



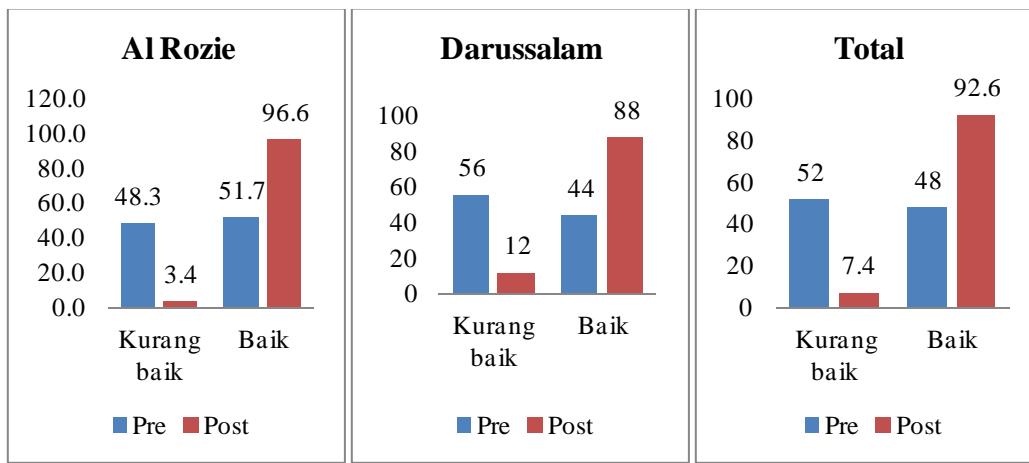
Gambar 9. Sebaran siswa bedasarkan perilaku sehat.

Gambar 9 menunjukkan bahwa prilaku hidup sehat dari 50% siswa masih tergolong kurang baik, namun setelah pelatihan terjadi penurunan proporsi tersebut menjadi hanya 3,7%, atau terjadi peningkatan proporsi siswa dengan prilaku baik yaitu menjadi 96,3%. Menurut Isa (1996) bahwa terjadinya perubahan prilaku bisa disebabkan karena adanya peningkatan pengetahuan yang mendorong terjadinya peningkatan kemampuan seseorang untuk menilai dan menanggapi suatu objek tertentu dalam bentuk sikap dan prilaku.

Seiring dengan terjadinya perubahan prilaku hidup sehat, maka terjadi pula perbaikan dalam prilaku hidup terkait gizi dan keamanan pangan (Gambar 10). Proporsi siswa yang memiliki perilaku gizi dan keamanan pangan yang baik di Pesantren DQ Al Rozie sebesar 51,7% pada awal pelatihan dan meningkat menjadi 96,5% setelah pelatihan. Begitu juga dengan jumlah siswa yang memiliki perilaku gizi dan keamanan pangan yang baik di pesantren Darussalam mengalami peningkatan sebesar 44% setelah pelatihan atau meningkat 2 kali lipat dibanding sebelum pelatihan.

Perilaku merupakan hasil interaksi dari tingkat pengetahuan dan sikap terhadap sesuatu hal. Menurut Sanjur (1982) tingkat pengetahuan dapat membentuk perilaku secara langsung dan dapat juga mempengaruhi perilaku melalui sikap. Menurut Green (1990) bahwa perilaku seseorang terhadap makanan yang aman dipengaruhi oleh presdisposisi perorangan (kebiasaan, nilai, pengetahuan, sikap sehubungan dengan makanan tersebut), namun demikian ada

faktor lain yang juga kuat pengaruhnya terhadap perilaku pemilihan makanan seperti dukungan pemerintah maupun swasta terhadap keberadaan makanan yang aman, serta faktor penguat seperti ajakan teman atau guru untuk memilih makanan yang aman.



Gambar 10. Sebaran siswa berdasarkan perilaku gizi dan keamanan pangan.

## KESIMPULAN

Menurunnya jumlah dan penyebaran jentik nyamuk di sekitar pesantren menurunkan risiko penyakit yang diakibatkan oleh nyamuk sebagai vektornya. Perbaikan Pengetahuan, sikap dan perilaku siswa terkait kesehatan lingkungan menjadi salah satu penguat menurunnya risiko kejadian penyakit. Perbaikan pengetahuan dan sikap siswa terkait gizi dan keamanan telah berdampak pada perbaikan perilaku dalam pemilihan dan konsumsi pangan jajanan yang aman, dari hanya 48% siswa yang berperilaku baik menjadi 92,6%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arisman MB. 2004. *Gizi dalam Daur Kehidupan*. Jakarta: EGC.
- Azwar S. 1088. Sikap Manusia, Teori dan Pengukurannya. Yogyakarta: Liberty.
- Depkes, RI. 1998. Petunjuk Teknis Penemuan, Pertolongan, dan Pelaporan Penderita Demam Berdarah Dengue. Direktorat Jenderal Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.

- \_\_\_\_\_. 2011. Riset Kesehatan Dasar 2010. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Fitriyani. 2007. Penentuan wilayah rawan demam berdarah dengue di indonesia dan analisis pengaruh pola hujan terhadap tingkat serangan (studi kasus: kabupaten indramayu) [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Riyadi H. 2003. Penilaian Status Gizi. Di dalam: Baliwati YF, Khomsan A, Dwiriani CM, editor. Pangan dan Gizi. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sanjur D. 1982. Social and Cultur Perspectives in Nutrition. New Jersey: Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Wuryadi, S. 1990. Isolasi virus dengue daripenderita DBD pada wabah diJakarta tahun 1988. *CerminDunia Kedokteran* 60: 17–23.

## PENGARUH PEMBERIAN FITOESTROGEN PADA MASA KEBUNTINGAN DAN LAKTASI TERHADAP KINERJA REPRODUKSI ANAK

(The Effect of Prenatal and Lactation Exposure to the Phytoestrogen to Pups Reproduction Performance )

**Nastiti Kusumorini, Aryani Sis min S**

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

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian fitoestrogen pada masa kebuntingan dan laktasi terhadap kinerja reproduksi anak. Penelitian ini menggunakan ekstrak tempe sebagai sumber fitoestrogen. Empat puluh ekor 60 tikus (*Rattus norvegicus*) bunting dibagi menjadi 4 kelompok perlakuan yaitu K (tidak diberi fitoestrogen, sebagai kontrol), AW (diberi ekstrak tempe dengan dosis 1 mg/kg BB pada hari ke 2–11 kebuntingan), AK (diberi ekstrak tempe dengan dosis 1 mg/ hari /kg BB pada hari ke 12 kebuntingan sampai melahirkan dan LAK ( diberi ekstrak tempe 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 tampilan reproduksi pada anak tikus jantan dan betina dilakukan terhadap 5 ekor hewan pada usia 15, 21, 28, 42, 56, dan 72 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian fitoestrogen mempengaruhi bobot badan anak pada usia 15 hari serta kinerja reproduksianak jantan hingga usia 42 hari maupun anak betina hingga usia 72 hari. Kata

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

### ABSTRACT

This research was conducted to study the administration of phytoestrogen on rat during pregnancy and lactation to pups reproduction performance. The research used extract tempe as phytoestrogen resource. Forty pregnant rats (*Rattus norvegicus*) were divided into 4 groups. They were control , 1 mg/kg BW extract tempe at 2-11 days of pregnancy, 1 mg/kg BW extract tempe at 12 days of pregnancy till birth, and 1 mg/kg BW extract tempe 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, 42, 56 and 72 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 male until 56 days old and female pups until 72 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 Kusumorini *et al.* (2000).

Fitoestrogen merupakan suatu substrat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang secara struktur dan fungsi mirip dengan Estradiol (E2). Fitoestrogen dapat ditemukan pada kedelai dan produk-produk kedelai sehingga dipercaya dapat menggantikan fungsi estrogen dalam tubuh (You, 2004). Sejauh ini, konsumsi makanan yang kaya akan fitoestrogen 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 fitoestrogen 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 reseptor estrogen baik yang tipe  $\alpha$  maupun  $\beta$  (Mueller *et al.* 2004).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengungkapkan khasiat genistin dalam usaha mencegah timbulnya kanker, menurunkan kejadian osteoporosis serta meminimalkan penyakit kardiovaskuler (Albertazzi 2002, Bhathena *et al.* 2002, Lamartiniere *et al.* 2002). Namun demikian belum banyak informasi mengenai pemaparan genistin pada tahapan masa kritis perkembangan individu. Ada sedikit kekhawatiran bahwa differensiasi organ reproduksi sangat sensitif terhadap hadirnya bahan kimia aktif yang menyerupai kerja hormon (Tuohy, 2003). Kekhawatiran ini didasari oleh adanya pengaruh yang merugikan pada individu yang diberi zat estrogenik seperti diethylbestrol (DES).

Walaupun sudah banyak penelitian yang menunjukkan pengaruh fitoestrogen terhadap fungsi reproduksi hewan, namun masih sedikit informasi yang berkaitan dengan pengaruh fitoestrogen 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 30x2x12 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.

### Fitoestrogen dan Dosis Pemberian

Fitoestrogen yang digunakan dalam penelitian merupakan isoflavon yang bersumber dari ekstrak tempe. Penggunaan bahan tersebut sebagai sumber fitoestrogen karena memiliki kadar isoflavon yang cukup tinggi. Jumlah ekstrak tempe 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 0,8755mg/hari. Pemberian ekstrak tempe dilakukan dengan *force feeding* (pencekohan) yang dilaksanakan pada pagi hari.

### Pelaksanaan Penelitian

Sebanyak 60 ekor tikus betina dibagi ke dalam 4 kelompok percobaan yaitu: 1) K: Kelompok yang tidak diberi fitoestrogen selama kebuntingan dan menyusui, 2) AW: Kelompok yang diberi ekstrak tempe pada hari ke 2–11 kebuntingan, 3) AK: Kelompok yang diberi ekstrak tempe pada hari

ke 12 sampai waktu melahirkan, dan 4) LAK: Kelompok yang mendapatkan ekstrak tempe pada hari ke 2-12 masa laktasi.

Setelah mendapatkan perlakuan, kelompok-kelompok hewan tersebut dibiarkan melahirkan secara alami dan dilakukan pengamatan produksi anak dari masing-masing induk berupa lama kebuntingan, jumlah anak sekelahiran dan bobot lahir. Pada usia 15 dan 28 hari, bobot anak diambil, sedangkan jarak celah anogenital diambil pada saat hewan berusia 15 dan 21 hari. Setelah hewan lepas sapih (usia 28 hari), anak-anak tersebut dikelompokkan berdasarkan jenis kelamin dan kelompok perlakuan.

Pada saat usia hewan mencapai 28, 42, 56, dan 72 hari, lima (5) ekor hewan dari masing-masing kelompok perlakuan dan jenis kelamin dikorbankan untuk diambil data tampilan reproduksi yang mencakup bobot testis, konsentrasi sperma, kadar testosteron untuk hewan jantan serta bobot ovarium, bobot uterus dan kadar progesteron untuk hewan betina. Penetapan kadar hormon dilakukan 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, bobot anak usia 15 dan 28 hari. Hasil pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pemberian fitoestrogen saat kebuntingan tidak mempengaruhi lama kebuntingan dan jumlah anak sekelahiran. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian fitoestrogen pada dosis yang digunakan tidak akan mengganggu proses kebuntingan. Walaupun jumlah anak yang

dilahirkan tidak berbeda nyata, namun demikian ada perbedaan nyata pada bobot lahir anak. Bobot lahir anak kelompok pemberian ekstrak tempe pada awal kebuntingan menunjukkan nilai yang lebih kecil bila dibandingkan dengan kelompok lain. Hasil ini dapat menunjukkan bahwa pemberian fitoestrogen pada awal kebuntingan dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan fetus. Hal ini sesuai dengan apa yang diungkapkan oleh Sachie *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa intervensi fitoestrogen dilakukan pada saat embriogenesis, dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan fetus setelah dilahirkan. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa fitoestrogen dapat hadir pada tubuh fetus secara *trans-uterin*. Hasil ini sejalan dengan apa yang dilakukan oleh Todaka (2005) dan melaporkan bahwa fitoestrogen dapat ditransfer dari induk ke fetus.

Tabel 1. Rataan ± SD lama kebuntingan, jumlah anak sekelahiran, rataan bobot lahir anak, dan rataan bobot badan anak usia 15 dan 28 hari pada setiap kelompok perlakuan.

Parameter	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
Lama kebuntingan (hari)	22,67±0,58	22,33±0,33	22,00±0,00	22,00±0,00
Jumlah anak sekelahiran (ekor)	7,33±0,58	7,67±2,08	7,33±2,08	7,33±0,58
Bobot lahir anak (gram)	6,22±0,09 <sup>ab</sup>	4,70±0,36 <sup>c</sup>	7,02±0,25 <sup>a</sup>	5,67±0,59 <sup>ab</sup>
Bobot anakusia 15 hari (gram)	16,77±0,22 <sup>ab</sup>	13,80±2,52 <sup>b</sup>	15,23±1,66 <sup>b</sup>	19,42±1,84 <sup>a</sup>
Bobot anakusia 28 hari (gram)	29,98±2,57	29,57±13,13	30,45±3,12	25,79±7,47

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ); tn=tidak nyata

Sejalan dengan adanya perbedaan yang nyata pada rataan bobot badan pada saat lahir, terdapat pula perbedaan yang nyata pada rataan bobot badan pada saat anak-anak tersebut berusia 15 hari. Bila dicermati lebih lanjut, kelompok pemberian fitoestrogen pada saat laktasi menunjukkan bobot badan yang lebih tinggi dibandingkan kelompok perlakuan yang lain. Peningkatan bobot badan usia 15 hari pada kelompok yang diberi fitoestrogen diduga karena adanya peningkatan produksi air susu induk akibat hadirnya fitoestrogen. Seperti

diketahui, fungsi fitoestrogen 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.

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

### **Pengaruh Pemberian Fitoestrogen pada Anak Jantan**

Masuknya *estrogen-like* pada individu jantan saat kebuntingan maupun saat laktasi, diduga dapat mempengaruhi organogenesis alat reproduksi yang akan berdampak pada kinerja reproduksi setelah hewan tersebut menjadi dewasa. Hasil pengamatan terhadap individu jantan diuraikan di bawah ini.

#### **Jarak celah anogenital**

Salah satu parameter yang diambil untuk melihat pengaruh pemaparan fitoestrogen pada saat kebuntingan dan menyusui adalah jarak celah anogenital. Hasil pengamatan jarak celah anogenital usia 15 dan 21 hari ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rataan  $\pm$  SD jarak celah anogenital (mm) hewan jantan pada usia 15 dan 21 hari pada setiap kelompok perlakuan

Usia (hari)	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
15	10,33 $\pm$ 0,15	10,43 $\pm$ 1,55	9,47 $\pm$ 0,58	9,07 $\pm$ 0,47
21	14,40 $\pm$ 2,45	13,17 $\pm$ 3,33	11,53 $\pm$ 2,34	12,03 $\pm$ 4,31

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ ); tn=tidak nyata

Jarak celah anogenital adalah jarak yang diukur antara anus dan alat genital. Jarak celah anogenital inilah yang dijadikan patokan untuk membedakan jenis kelamin anak tikus pada saat lahir sampai usia 21 hari. Anak tikus jantan memiliki

jarak celah anogenital yang lebih panjang bila dibandingkan dengan anak betina. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh pemberian fitoestrogen terhadap jarak celah anogenital baik pada usia 15 hari maupun usia 21 hari. Hasil ini sesuai dengan apa yang telah diungkapkan oleh Tousen *et al.* (2006). Namun demikian, pada usia 21 hari, terlihat jarak celah anogenital kelompok hewan yang mendapat paparan fitoestrogen terlihat lebih pendek bila dibandingkan dengan kelompok kontrol. Bila benar fitoestrogen dapat masuk ke dalam tubuh anak secara *trans-uterin* maupun melalui air susu, maka ada kemungkinan mengalirnya sejumlah *estrogen like* pada tubuh anak jantan. Hal inilah yang diduga memperpendek jarak celah anogenital.

### **Bobot Testis**

Testis adalah organ reproduksi jantan yang bertanggung jawab terhadap produksi sperma dan hormone reproduksi testosteron. Oleh karena itu, salah satu ukuran untuk melihat kemampuan reproduksi hewan jantan adalah testis. Pada penelitian ini, akan dilihat pengaruh fitoestrogen pada bobot testis hewan jantan usian 28, 42, 56 dan 72 hari. Hasil penelitian pada bobot testis anak jantan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rataan ± SD bobot testis (gram) anak jantan usia 28, 42, 56 dan 72 hari pada setiap kelompok perlakuan

Usia (hari)	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
28	0,2032±0,0101	0,2128±0,1415	0,1832±0,0153	0,1880±0,1188
42	0,5219±0,0425 <sup>a</sup>	0,3918±0,0514 <sup>b</sup>	0,4173±0,0530 <sup>b</sup>	0,3721±0,0362 <sup>b</sup>
56	2,0294±0,0959 <sup>a</sup>	1,4578±0,3350 <sup>c</sup>	1,2355±0,1784 <sup>c</sup>	1,4050±0,1104 <sup>c</sup>
72	2,3441±0,1629 <sup>ab</sup>	2,4138±0,2601 <sup>a</sup>	2,1495±0,3687 <sup>ab</sup>	2,1402±0,1512 <sup>ab</sup>

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ); tn=tidak nyata

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian fitoestrogen tidak mempengaruhi bobot testis hewan jantan usia 28 hari. Pada usia 28 hari, tikus jantan belum memasuki masa pubertas atau dewasa kelamin sehingga aktifitas kerja dari testosteron terhadap traktus reproduksi jantan khususnya pada organ testis belum maksimal.

Bobot testis terlihat dipengaruhi oleh pemberian fitoestrogen pada usia 42 hari ( $p<0,05$ ) dan usia 56 hari, ( $p<0,01$ ). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelompok yang terpapar fitoestrogen memiliki bobot testis yang lebih kecil bila dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pada usia ini, tikus jantan mulai memasuki usia pubertas sehingga aktifitas kinerja reproduksi akan meningkat sejalan dengan pertambahan usia dan akan mencapai puncaknya setelah dewasa kelamin tercapai. Pemberian fitoestrogen pada saat perkembangan fetus diduga dapat menekan kinerja reproduksi saat hewan mencapai usia pubertas.

Berbeda dengan usia 56 hari, pada usia 72 hari pemberian fitoestrogen tidak mempengaruhi bobot testis. Pada usia ini, tikus sudah mencapai dewasa kelamin penuh. Sehingga sudah tidak terjadi lagi pertumbuhan dan perkembangan organ reproduksinya.

### Kadar Testosteron Darah

Testosteron adalah hormon yang bertanggungjawab terhadap kinerja reproduksi. Rendahnya kadar testosteron diduga berkorelasi dengan rendahnya jumlah sperma dan pada akhirnya akan berpengaruh pada rendahnya kemampuan reproduksi. Pada penelitian ini, akan dilihat pengaruh fitoestrogen terhadap kadar testosterone darah hewan usia 28, 42, 56 dan 72 hari. Hasil penelitian ini ditampilkan pada Tabel 4.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian fitoestrogen tidak mempengaruhi kadar testosteron hewan jantan usia 28 hari. Pada usia 28 hari, tikus jantan belum memasuki masa pubertas atau dewasa kelamin sehingga aktifitas kerja dari testosteron terhadap traktus reproduksi jantan khususnya pada organ testis belum maksimal. Testosteron memegang peranan yang sangat penting dalam proses reproduksi jantan terutama untuk spermatogenesis. Sebaliknya, pada usia 42 hari, kadar testosteron darah sudah mulai dipengaruhi oleh pemberian fitoestrogen saat kebuntingan ataupun masa laktasi ( $p<0,01$ ). Kelompok kontrol terlihat memberikan nilai testosteron yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kelompok perlakuan fitoestrogen. Sedangkan pada usia 56 dan 72 hari, fitoestrogen tidak mempengaruhi kadar testosteron darah tikus jantan pada semua kelompok. Pada usia ini, hewan sudah mencapai dewasa kelamin sehingga kinerja reproduksi hewan jantan sudah optimal.

Tabel 4. Rataan ± SD kadar testosterone darah (ng/ml) anak jantan usia 28, 42, 56 dan 72 hari pada setiap kelompok perlakuan

Usia (hari)	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
28	2,764±1,779	2,474± 1,258	2,543±1,095	2,561±2,554
42	3,104±1,357 <sup>a</sup>	0,813± 0,285 <sup>b</sup>	1,023±0,565 <sup>b</sup>	1,186±0,944 <sup>b</sup>
56	20,173±4,214 <sup>ab</sup>	16,958±3,214 <sup>b</sup>	19,052±1,226 <sup>b</sup>	16,994±3,627 <sup>b</sup>
72	19,000±2,143 <sup>a</sup>	14,788±3,677 <sup>ab</sup>	14,208±2,852 <sup>ab</sup>	16,397±0,627 <sup>ab</sup>

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ); tn=tidak nyata

### Keberadaan Sperma

Sperma adalah hasil akhir dari kemampuan reproduksi. Keberadaan sperma sangat dipengaruhi oleh fungsi faal dari organ reproduksi dan hormon reproduksi. Rendahnya konsentrasi sperma berkorelasi dengan kemampuan reproduksi hewan jantan. Pada penelitian ini, akan dilihat pengaruh fitoestrogen terhadap keberadaan sperma hewan jantan usian 28, 42, 56 dan 72 hari. Hasil penelitian keberadaan sperma anak jantan ditampilkan pada Tabel 5.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sperma baru mulai dapat dilihat pada saat hewan berusia 56 hari. Namun demikian tidak semua kelompok menghasilkan sperma pada usia tersebut. Pada usia 72 hari, konsentrasi sperma di pengaruhi oleh pemberian fitoestrogen ( $p<0,05$ ). Kelompok perlakuan menunjukkan konsentrasi yang lebih kecil bila dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Tabel 5. Rataan ± SD keberadaan sperma pada anak jantan usia 28, 42 dan 56 hari serta konsentrasi sperma (butir/ml) pada anak jantan 72 hari pada setiap kelompok perlakuan

Usia (hari)	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
28	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
42	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
56	0,0±0,0	0,0±0,0	0,2±0,4	0,4±0,5
72	14,837±1,242 <sup>a</sup>	10,816±6,635 <sup>ab</sup>	9,863±5,666 <sup>ab</sup>	6,060±3,743 <sup>b</sup>

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ); tn=tidak nyata

## Pengaruh Pemberian Fitoestrogen pada Anak Betina

Masuknya *estrogen-like* pada individu betina saat kebuntingan maupun saat laktasi, diduga dapat berinteraksi positif saat organogenesis alat reproduksi yang akan berpengaruh pada kinerja reproduksi setelah hewan tersebut dewasa. Hasil pengamatan terhadap individu betina setelah mendapatkan fitoestrogen pada diuraikan di bawah ini.

### Jarak celah anogenital

Salah satu parameter yang diambil untuk melihat pengaruh pemaparan fitoestrogen pada saat kebuntingan dan menyusui adalah melihat jarak celah anogenital. Hasil pengamatan jarak celah anogenital usia 15 dan 21 hari ditunjukkan pada Tabel 6.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh pemberian fitoestrogen terhadap jarak celah anogenital baik usia 15 hari maupun 21 hari. Hal ini sesuai dengan apa yang telah diungkapkan oleh Tousen *et al.* (2006). 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 fitoestrogen yang digunakan dibanding dengan DES.

Tabel 6. Rataan ± SD jarak celah anogenital (mm) hewan betina pada usia 15 dan 21 hari pada setiap kelompok perlakuan.

Usia (hari)	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
15	6,70± 0,35	6,27± 1,42	6,87± 1,29	6,60± 0,61
21	9,13± 1,60	9,20± 1,35	8,70± 0,40	8,68± 1,80

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ ); tn=tidak nyata

## Bobot Ovarium

Ovarium adalah organ reproduksi primer yang mempunyai peran ganda yaitu sebagai kelenjar eksokrin yang menghasilkan ovum dan sebagai endokrin yang menghasilkan hormon-hormon reproduksi. Fungsi reproduksi hewan betina merupakan hasil kerjasama antara hormon gonadotropin dan hormon ovarium. Oleh sebab itu, salah satu ukuran untuk melihat kemampuan reproduksi hewan betina adalah ovarium. Pada penelitian ini akan dilihat pengaruh fitoestrogen pada bobot ovarium hewan betina usia 28, 42, 56 dan 72 hari. Hasil penelitian ditampilkan pada Tabel 7

Pada usia 28 hari, fitoestrogen mempengaruhi bobot ovarium ( $p<0,01$ ). Perbedaan terlihat pada pemberian fitoestrogen saat laktasi, yang menunjukkan bobot ovarium yang lebih kecil bila dibandingkan dengan kelompok perlakuan lain termasuk kontrol. Sebaliknya, pemberian fitoestrogen pada induk baik pada saat kebuntingan maupun pada saat laktasi, terbukti mempengaruhi bobot ovarium pada saat usia 42 hari ( $p<0,01$ ), 56 hari ( $p<0,01$ ) dan 72 hari ( $p<0,05$ ). Bobot ovarium kelompok perlakuan fitoestrogen terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Tingginya bobot ovarium diduga karena masuknya fitoestrogen dari induk ke anak baik melalui plasenta maupun melalui air susu pada saat perkembangan. Fitoestrogen akan berikatan dengan reseptor estrogen pada ovarium dan akan mengaktivasi 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).

Tabel 7. Rataan  $\pm$  SD bobot ovarium (gram) anak betina usia 28, 42, 56 dan 72 hari pada setiap kelompok perlakuan

Usia (hari)	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
28	0,0196 $\pm$ 0,0051 <sup>ab</sup>	0,0210 $\pm$ 0,0014 <sup>a</sup>	0,0159 $\pm$ 0,0022 <sup>bcd</sup>	0,0132 $\pm$ 0,0019 <sup>c</sup>
42	0,0149 $\pm$ 0,0050 <sup>d</sup>	0,0367 $\pm$ 0,0041 <sup>ab</sup>	0,0349 $\pm$ 0,0052 <sup>ab</sup>	0,0304 $\pm$ 0,0008 <sup>bcd</sup>
56	0,0617 $\pm$ 0,0012 <sup>cd</sup>	0,0907 $\pm$ 0,0053 <sup>b</sup>	0,0610 $\pm$ 0,0071 <sup>cd</sup>	0,0630 $\pm$ 0,0095 <sup>cd</sup>
72	0,0944 $\pm$ 0,0146 <sup>b</sup>	0,1249 $\pm$ 0,0150 <sup>a</sup>	0,0907 $\pm$ 0,0046 <sup>b</sup>	0,0929 $\pm$ 0,0036 <sup>b</sup>

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ ); tn=tidak nyata

## Bobot Uterus

Uterus sangat berperan penting bagi perkembangan dan diferensiasi embrio, tempat implantasi dan sebagai penunjang fetus sampai waktu normal kelahiran. Estrogen menyebabkan meningkatnya vaskularisasi dan aktivitas mitosis uterus yang lebih besar sehingga mengakibatkan organ bertambah besar. Oleh sebab itu, salah satu ukuran untuk melihat kemampuan reproduksi hewan betina adalah uterus. Pada penelitian ini akan dilihat pengaruh fitoestrogen pada bobot uterus hewan betina usia 28, 42, 56 dan 72 hari. Hasil penelitian pada bobot uterus anak betina ditampilkan pada Table 8.

Tabel 8. Rataan  $\pm$  SD bobot uterus (gram) anak betina usia 28, 42, 56 dan 72 hari pada setiap kelompok perlakuan

Usia (hari)	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
28	0,0339 $\pm$ 0,0089	0,0378 $\pm$ 0,0097	0,0357 $\pm$ 0,0024	0,0284 $\pm$ 0,0053
42	0,0360 $\pm$ 0,0051 <sup>c</sup>	0,0790 $\pm$ 0,0124 <sup>ab</sup>	0,0657 $\pm$ 0,0019 <sup>b</sup>	0,0823 $\pm$ 0,0027 <sup>a</sup>
56	0,1897 $\pm$ 0,0575 <sup>b</sup>	0,1751 $\pm$ 0,0391 <sup>b</sup>	0,2743 $\pm$ 0,0544 <sup>a</sup>	0,1921 $\pm$ 0,0605 <sup>b</sup>
72	0,3134 $\pm$ 0,0453 <sup>cd</sup>	0,4158 $\pm$ 0,0375 <sup>a</sup>	0,3608 $\pm$ 0,0280 <sup>bc</sup>	0,3001 $\pm$ 0,0497 <sup>d</sup>

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ); tn=tidak nyata

Pemaparan fitoestrogen pada saat kebuntingan atau masa laktasi tidak mempengaruhi bobot uterus anak saat berusia 28 hari. Hal ini dapat dimaklumi karena pada usia tersebut, hewan coba belum mencapai dewasa kelamin. Hadirnya fitoestrogen pada tubuh anak baik secara transplasental maupun melalui air susu telah dibuktikan oleh Franke & Custer (1998) tetapi pada penelitian ini pengaruh masuknya fitoestrogen belum nampak pada usia 28 hari.

Sejalan dengan bobot ovarium, bobot uterus anak betina terlihat berbeda nyata pada usia 42 hari ( $p<0,01$ ), 56 hari ( $p<0,01$ ) dan 72 hari ( $p<0,05$ ). Pemaparan fitoestrogen ini terbukti meningkatkan bobot uterus pada kelompok perlakuan fitoestrogen bila dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Fitoestrogen 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 fitoestrogen. 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 fitoestrogen genestein pada dosis 375 µg/gr diet (Santell *et al.* 1997).

### Kadar Progesteron

Progesteron adalah hormon steroid yang disekresikan oleh sel-sel teka interna dan granulosa folikel ovarii. Estradiol dan progesteron bekerja pada uterus dengan jalan merangsang hipertropi sel-sel epitel dan sintesis protein organel. Oleh sebab itu, salah satu ukuran untuk melihat kemampuan reproduksi hewan betina adalah kadar progesteron. Pada penelitian ini akan dilihat pengaruh fitoestrogen pada kadar progesteron hewan betina usia 56 dan 72 hari. Hasil penelitian pengaruh fitoestrogen pada bobot uterus anak betina ditampilkan pada Table 9.

Pemberian fitoestrogen pada induk baik pada saat kebuntingan maupun pada saat laktasi, terbukti mempengaruhi kadar progesteron tikus usia 56 hari ( $p<0,01$ ) dan 72 hari ( $p<0,01$ ). Kadar progesteron terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Semua perlakuan fitoestrogen memiliki kadar progesteron yang lebih besar bila dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Tabel 9. Rataan ± SD kadar progesteron darah (ng/ml) anak betina usia 56 dan 72 hari pada setiap kelompok perlakuan

Usia (hari)	Kelompok Perlakuan			
	K	AW	AK	LAK
56	11,001±1,359 <sup>a</sup>	16,409±1,551 <sup>cd</sup>	19,822±1,199 <sup>b</sup>	15,664±1,822 <sup>d</sup>
72	21,665±4,100 <sup>b</sup>	38,727±15,503 <sup>a</sup>	24,970±1,520 <sup>b</sup>	21,998±4,955 <sup>b</sup>

Keterangan:

Huruf *superscript* yang sama pada baris yang sama menunjukkan bahwa data tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ ); tn=tidak nyata

### Pembahasan Umum

Pemberian fitoestrogen pada penelitian ini tidak dilakukan pada anak, tetapi pada induk bunting dan laktasi. Sejumlah fitoestrogen 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 fitoestrogen tersebut (Hughes *et al.* 2004). Pada penelitian ini, paparan efektif oleh fitoestrogen yang berasal dari susu kedelai fermentasi ataupun ekstrak tempe pada anak tikus tidak diketahui, karena pemeriksaan kadar fitoestrogen serum anak tidak dilaksanakan.

Prinsip kerja hormon sangat dipengaruhi oleh reseptor. Hormon hanya akan bekerja seandainya pada sel target memiliki reseptor hormon tersebut. Fitoestrogen, 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 fitoestrogen antara lain ovarium, uterus, testis, prostat, dan beberapa organ lainnya (Tsourounis, 2004). Walaupun affinitas terhadap reseptor estrogen tidak setinggi estradiol namun fitoestrogen mampu menimbulkan efek estrogenik (Sheehan, 2005). Kim *et al.* (1998) berpendapat bahwa aktivitas dan implikasi klinis fitoestrogen 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 fitoestrogen. Pemberian fitoestrogen 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 pempararan fitoestrogen pada fetus dan status fitoestrogen antara induk dan fetus pada saat kebuntingan telah menunjukkan bukti bahwa fitoestrogen dapat ditransfer dari induk ke fetus. Di dalam serum fetus dapat ditemukan genestein, daidzein, equol,coumestrol dengan laju diteksi sebesar 100, 80, 35, dan 0%. Selain itu, diketahui bahwa kadar genestein dan daidzein lebih tinggi pada *cord* (tali pusar) dibandingkan serum induk, dan hal ini berkebalikan untuk equol dimana kadarnya lebih tinggi pada

serum induk. Penelitian ini melaporkan pula bahwa terdapat perbedaan tingkat metabolit dan ekskresi fitoestrogen antara induk dan fetus. Fitoestrogen 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 pembatas 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 fitoestrogen pada periode laktasi juga berpengaruh pada kinerja reproduksi. Lewis *et al.* (2003), menyatakan bahwa fitoestrogen dapat ditransfer melalui air susu, namun kadarnya kecil sehingga paparan efektif tidak tercapai. Untuk memberikan efek yang nyata, maka fitoestrogen perlu ditransfer dalam jumlah yang cukup antara induk dan anak. Anak akan menerima sejumlah fitoestrogen melalui plasenta dan atau lewat air susu induk.

## KESIMPULAN

Pemberian fitoestrogen yang berasal dari ekstrak tempe pada saat bunting dan menyusui dapat mempengaruhi kinerja reproduksi anak jantan hingga usia prapubertas. Sedangkan pada anak betina pemberian fitoestrogen mempengaruhi kinerja reproduksi hingga usia dewasa kelamin.

## UCAPAN TERIMA KASIH

1. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberi dana penelitian ini.
2. 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 fertilitas 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 phytoestrogen 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Lewis R, Brooks N, Milburn G, Soames A, Stone S, Hall M, and Ashby J. 2003. The effects of the phytoestrogen 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 (ERα) and ERβ in human cell. *Toxicol. Sci.* 80: 14–25.

- 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.
- Sheehan DM. 2005. The case for expanded phytoestrogen research. *Proc Soc Exp Biol Med* 208: 3–5.
- 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.
- You L. 2004. Phytoestrogens genistein and its pharmacological interactions with synthetic endocrine-active compounds. *Current Pharm. Des.* 10: 2749–2757.

**SINTESIS SCAFFOLDS HIDROKSIAPATIT BERPORI BERBASIS CANGKANG TELUR DAN KITOSAN DENGAN METODE SOL GEL**  
(Synthesis of Porous Hydroxyapatite Scaffolds Based on Chicken's Eggshell and Chitosan by Sol Gel Method)

**Setia Utami Dewi, Setyanto Tri Wahyudi, Parmita Aulia,**

**Nur Aisyah Nuzulia**

Dep. Fisika, Fakultas Matematika dan IPA, IPB.

**ABSTRAK**

Senyawa hidroksiapatit ( $\text{HA}, \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) merupakan senyawa keramik yang umum digunakan untuk material tulang karena memiliki sifat bioaktif yang baik, yakni mampu berinteraksi dengan jaringan tubuh, biokompatibel dan osteokonduktif. Dalam penggunaannya pada implantasi tulang, bentuk *scaffolds* dapat digunakan sebagai templet pertumbuhan tulang baru disekitar jaringan. Untuk meningkatkan kemampuan infiltrasi sel untuk berdiferensiasi dan poliferasi pada proses remodelling diperlukan pori-pori pada biomaterial tulang ini. Pada penelitian ini dilakukan sintesis *scaffold* hidroksiapatit berpori dengan menggunakan cangkang telur sebagai sumber kalsium pada sintesis hidroksiapatit dan kitosan kulit udang sebagai porogen. Distribusi pori yang dihasilkan cukup seragam. Semakin tinggi bobot kitosan yang ditambahkan ukuran partikel semakin tinggi dan ukuran pori semakin besar. Penambahan bobot kitosan mengurangi interkoneksi pori. Ukuran pori-pori tang dihasilkan bervariasi dari 0,2–0,4 mikron. Dengan waktu sintering 900°C dan densifikasi 900°C diperoleh struktur kristal hidroksiapatit dan trikalsium fosfat. Hasil ini memberikan informasi bahwa kitosan dapat digunakan sebagai porogen pada pembuatan *scaffold* hidroksiapatit berpori. Untuk meningkatkan ukuran pori dapat digunakan kitosan dengan ukuran partikel yang lebih besar.

Kata kunci: Scaffold, hidroksiapatit, berpori, kitosan, sol gel.

**ABSTRACT**

Hydroxyapatite ( $\text{HA}, \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) is commonly material used as bone's material because it is bioactive that has excellent chemical and biological affinity with bony tissues, biocompatible and osteoconductive. In bone application, a scaffolding form is used either to induce formation of bone from surrounding tissue. To improve the ability to differentiate cell infiltration and proliferation in the process of remodeling needed pores in the bone biomaterial. In this research, synthesis of scaffold hydroxyapatite porous used eggshells as a calcium source and chitosan shells as porosifier. The resulting pore distribution is quite uniform. The higher the weight of chitosan is added the higher particle size and pore size increases. The addition of chitosan weight was reducing pore interconnectivity. Pore size varied from 0.2 to 0.4 produced tang microns. With time sintering at 900°C and densification at 900°C obtained the crystal structure of hydroxyapatite and tricalcium phosphate. These results provide information that chitosan can be used as a porosifier in the synthesis of scaffolds porous hydroxyapatite. In order to increase the pore size can be used chitosan with larger particle sizes.

Keywords: Scaffold, hydroxyapatite, porous, chitosan, sol gel.

## PENDAHULUAN

Penelitian biomaterial untuk keperluan medis terutama pada tulang merupakan salah satu topik penelitian yang banyak ditekuni akhir-akhir ini karena tingginya kebutuhan akan material biomedis ini. Di Indonesia, material biomedis untuk substitusi dan pengobatan tulang masih bergantung pada barang impor dari berbagai negara seperti Jerman, Korea, dan Jepang. Biomaterial tulang yang umum digunakan adalah kelompok senyawa biokeramik. Biokeramik yang digunakan pada bidang ortopedik haruslah bersifat bioaktif, biokompatibel, ostekonduktif, osteoinduktif, serta memiliki sifat mekanik yang kuat. Senyawa hidroksiapatit ( $\text{HA}$ ,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) merupakan senyawa keramik yang memiliki sifat bioaktif yang baik, yakni mampu berinteraksi dengan jaringan tubuh, biokompatibel dan osteokonduktif (Heise *et al.* 1990; De Groot, 1980). Dalam penggunaannya pada implantasi tulang, bentuk *scaffolds* dapat digunakan sebagai templet pertumbuhan tulang baru disekitar jaringan (Vacanti and Bonassar, 1999). Untuk meningkatkan kemampuan infiltrasi sel untuk berdiferensiasi dan poliferasi pada proses remodelling diperlukan pori-pori pada biomaterial tulang ini (Cerroni *et al.* 2002).

Hidroksiapatit berpori dapat dihasilkan dengan berbagai metode. Beberapa teknik yang dikembangkan adalah dengan mencampurkan polimer seperti Polymethylmethacrylate (PMMA) pada HA serbuk, *gel casting* pada *foam*, dan penggunaan *polymer sponge* (Sepulveda, 1997; Woyansky *et al.* 1992).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis *scaffold* HA berpori dengan menggunakan cangkang telur sebagai sumber kalsium pada sintesis HA dan kitosan kulit udang sebagai porogen. Cangkang telur ini digunakan karena 90% kandungannya senyawa kalsium karbonat. Kitosan yang digunakan sebagai porogen karena merupakan polimer alami yang sudah banyak digunakan pada bidang medis dengan sifat biodegradasi dan biokompatibel yang baik. Metode yang digunakan adalah dengan menambahkan polimer kitosan pada prekursor HA dengan metode *sol gel*. Morfologi, ukuran, dan distribusi pori *scaffold* HA berpori dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Struktur kristal dan kandungan gugus fungsi kimia dikarakterisasi dengan difraktometer

sinar-X dan spektrometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) secara berurutan. Penggunaan prekursor alami yaitu cangkang telur dan kitosan diharapkan mampu menambah sifat biokompatibilitas *scaffold* HA berpori.

## METODE PENELITIAN

Sintesis *scaffold* HA berpori diawali dengan kalsinasi cangkang telur ayam pada suhu 1.000°C selama 5 jam. Hasil kalsinasi diperoleh serbuk kalsium dalam bentuk senyawa kalsium oksida yang digunakan sebagai prekursor kalsium dalam sintesis HA. Sintesis hidroksiapatit berpori dilakukan dengan metode *sol gel*.

Sintesis dilakukan dengan merekasikan larutan larutan kalsium 0,5 M dan larutan fosfat 0,3 M. Senyawa fosfat diperoleh dari diammonium hidrogen fosfat. Pelarutan kedua senyawa dilakukan dengan menggunakan etanol 96%. Kedua larutan tersebut direaksikan dengan metode titrasi pada temperatur ruang dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit dengan kecepatan putar 500 rpm. Kemudian dipanaskan sampai suhu 60°C dan diaduk *magnetic stirrer* dengan kecepatan putar 500 rpm sampai membentuk sol gel. Hasil sol gel didiamkan pada suhu ruang selama 12 jam. Selanjutnya sejumlah serbuk kitosan mikrokristalin ditambahkan. Homogenisasi dilakukan dengan mengaduk selama 3 jam. Sol gel yang homogen selanjutnya dimoulding pada mould dengan diameter 1 cm dan dipanaskan dalam furnace pada suhu 900°C selama 5 jam untuk menghilangkan kitosan. Untuk densifikasi, dilakukan pemanasan lagi pada suhu 900°C selama 5 jam. Variasi yang dilakukan pada sintesis *scaffold* HA berpori yaitu bobot kitosan yang ditambahkan. Variasi dapat dilihat pada Tabel 1.

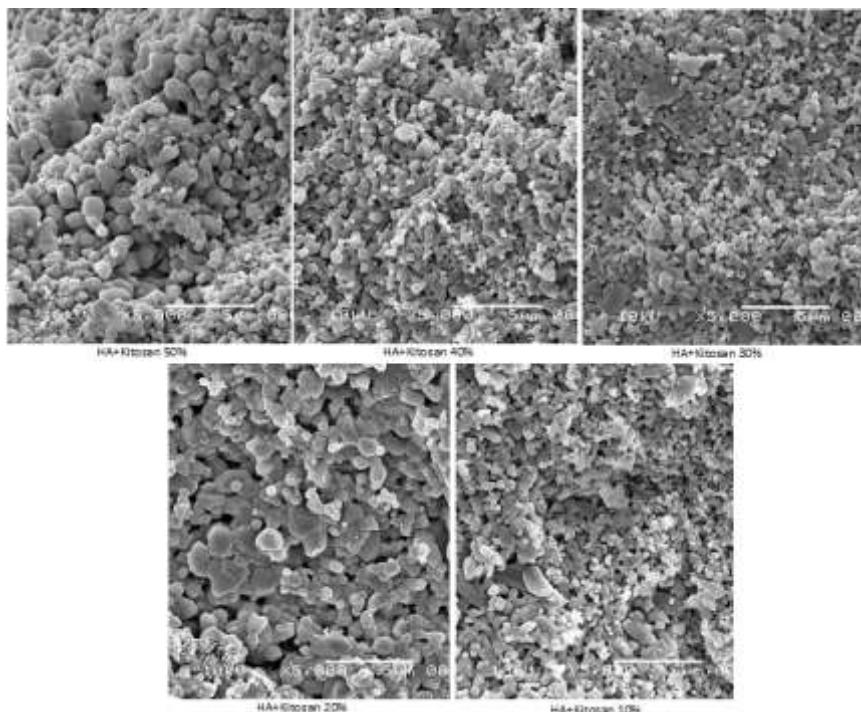
Tabel 1. Variasi komposisi HA dan kitosan pada sintesis *scaffold* HA berpori

No	Nama Sampel	Komposisi (% b/b)	
		HA	Kitosan
1	HA+Kitosan 50%	50	50
2	HA+Kitosan 40%	60	40
3	HA+Kitosan 30%	70	30
4	HA+Kitosan 20%	80	20
5	HA+Kitosan 10%	90	10

Sampel hidroksiapatit berpori yang diperoleh dikarakterisasi difraktometer sinar-X, spektrometer FTIR, dan *Scanning Electron Microscope*. Karakterisasi difraksi sinar-x ini dilakukan dengan menggunakan difraktometer SHIMADZU. SEM yang digunakan JEOL. spektrometer FTIR yang digunakan ABB MB 3200.

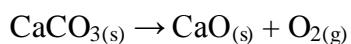
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Lebih dari satu dekade, pengembangan kalsium fosfat sebagai biomaterial tulang berfokus pada fabrikasi 3D HA berpori. Pembentukan interkoneksi yang baik antarpori dapat meningkatkan sifat mekanik *scaffold* dan kemampuan mineralisasi tulang.

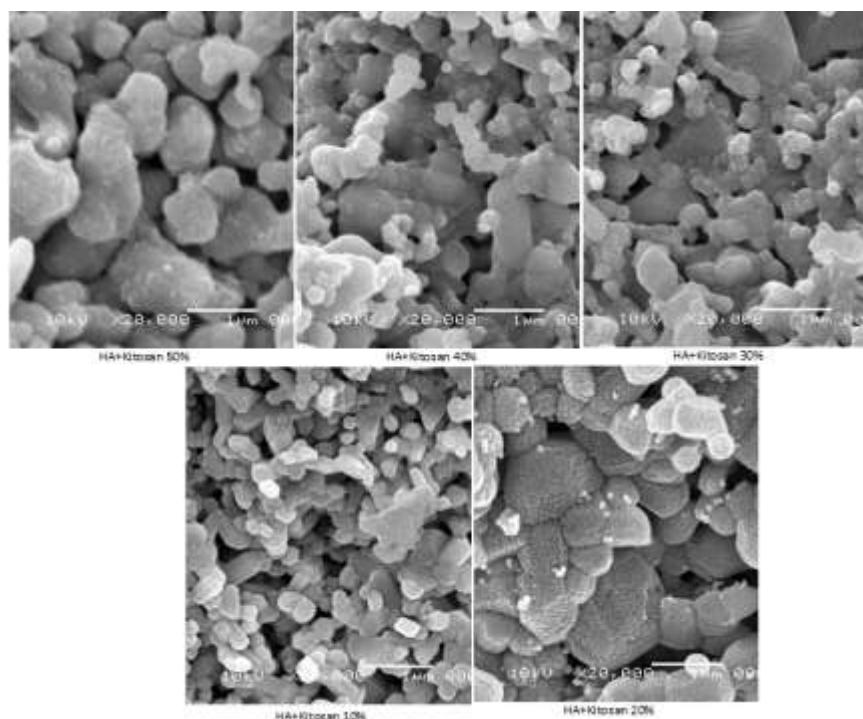


Gambar 1. Mikrograf untuk *scaffold* HA berpori dengan perbesaran 5000 kali.

Pada penelitian ini digunakan senyawa kalsium oksida yang diperoleh dari hasil kalsinasi cangkang telur ayam yang memiliki kandungan kalsium karbonat secara dominan. Perubahan fase dari kalsium karbonat menjadi kalsium oksida disebabkan karena adanya proses pemanasan. Persamaan reaksi kimia diperlihatkan sebagai berikut:



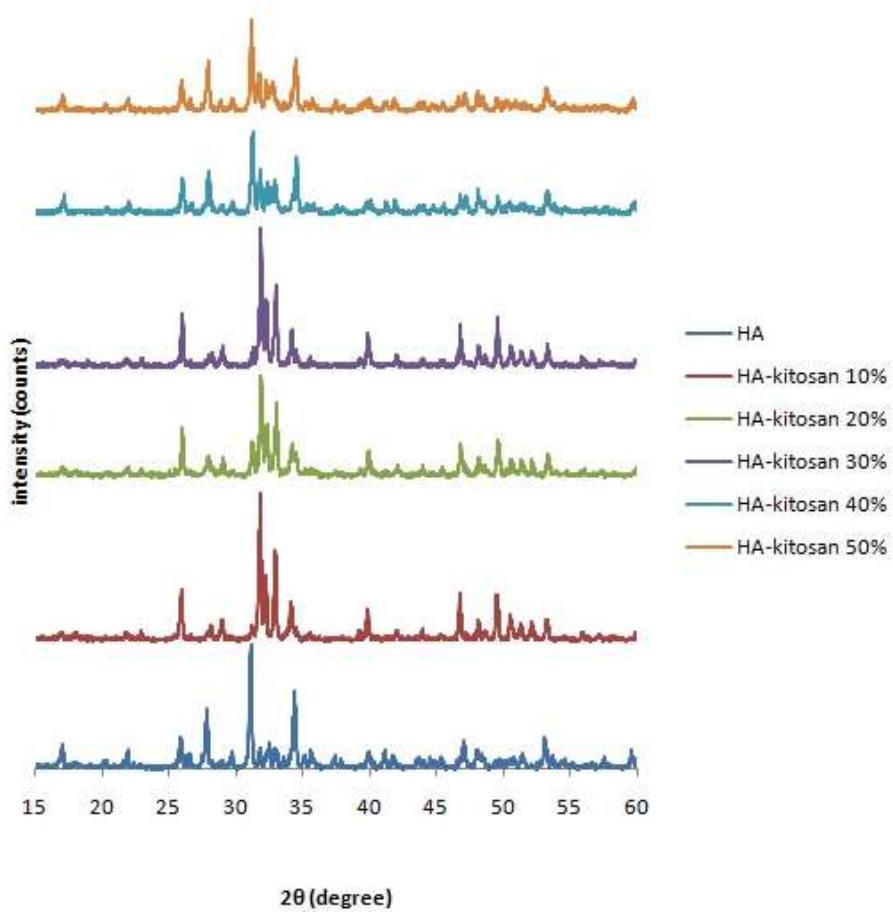
Efisiensi senyawa kalsium oksida yang dihasilkan adalah 53% dengan kandungan kalsium 70%. Senyawa inilah yang digunakan untuk sintesis *scaffold* HA berpori. Sintesis *scaffold* dilakukan dengan metode sol gel. Pada teknik ini digunakan pelarut etanol sebagai pelarut volatil untuk menghasilkan bentuk sol gel. *Scaffold* HA berpori diperoleh dari proses densifikasi dengan proses sintering. Pada proses sintering terjadi eliminasi kitosan sebagai porogen dan proses difusi atom sehingga proses kristalisasi semakin banyak. Morfologi *scaffold* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Mikrograf untuk *scaffold* HA berpori dengan perbesaran 20.000 kali.

Pada semua sampel terlihat sudah terbentuk pori-pori dengan ukuran yang hampir sama, namun terdapat perbedaan distribusi partikel HA dan pori serta interkoneksi pori. Distribusi pori semakin tinggi komposisi kitosan maka pori yang dihasilkan lebih banyak dengan ukuran yang lebih besar. Pada sampel penambahan kitosan 10-40% interkoneksi antarpori sudah terlihat saling terhubung dengan seragam, namun pada sampel kitosan 50% interkoneksi pori sangat kecil sehingga yang terlihat adalah partikel-partikel. Jika interkoneksi kurang baik maka sifat mekanik yang dimiliki *scaffold* menjadi lemah (Hassna and Miqin, 2003).

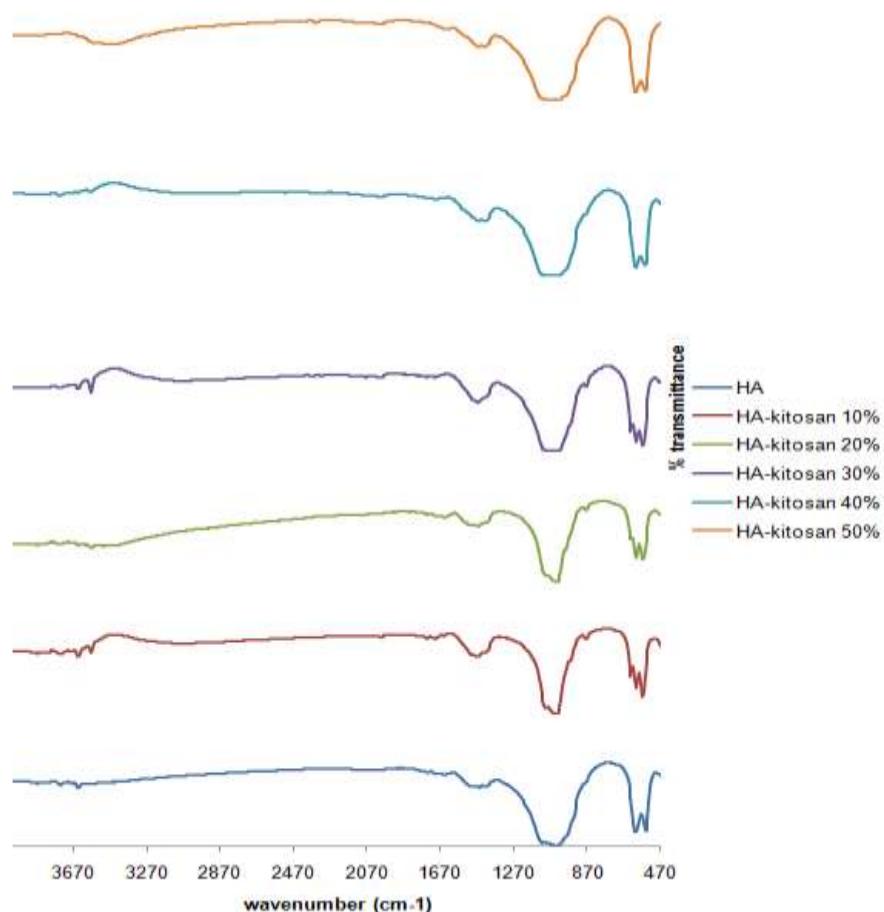
Ukuran pori dan partikel dapat dihitung dari mikrograft pada Gambar 2. Dengan perbesaran 20.000 kali. Semakin tinggi bobot kitosan yang ditambahkan menunjukkan ukuran partikel yang dihasilkan semakin besar. Pada penambahan 10% kitosan partikel yang dihasilkan partikel 0,2 mikron dengan distribusi seragam dan interkoneksi antarpori terlihat jelas. Ukuran pori 0,3-0,5 mikron. Pada penambahan kitosan partikel yang dihasilkan semakin besar dan jumlah pori juga bertambah. Untuk menambah ukuran pori harus diberikan porogen dengan ukuran pori yang lebih besar.



Gambar 3. Pola difraksi sinar-X untuk sampel scaffold HA berpori.

Berdasarkan hasil karakterisasi *difraksi sinar-X* atau XRD pada Gambar 3 terlihat bahwa pada pembuatan kontrol HA dengan metode sol gel terdapat fase trikalsium fosfat (TKF) yang ditunjukkan oleh tiga puncak tertinggi pada sudut  $2\theta=31,08; 34,32;$  dan  $27,74$ . Pola XRD ini bersesuaian dengan database JCPDS 09-0169. Hal ini terjadi karena suhu *sintering* yang tinggi yaitu  $900^{\circ}\text{C}$  yang

bersesuaian dengan eksperimen Behnamghader yang menyatakan bahwa HA bertransformasi menjadi TKF pada suhu  $800^{\circ}\text{C}$ . Adapun penambahan kitosan pada bentuk sol pembuatan HA dengan variasi bobot 10%, 20%, dan 30% menunjukkan terbentuknya HA masing-masing pada sudut  $2\theta=31,8$ ; 31,88; dan 31,86 dimana puncak ini bersesuaian dengan database JCPDS 09-0432. Penambahan kitosan pada variasi bobot tersebut tidak merubah karakteristik pola XRD sampel, hanya merubah intensitasnya saja. Namun, pada penambahan kitosan 40% dan 50% menunjukkan bahwa fase yang terbentuk pada sampel adalah fase TKF masing-masing pada sudut  $2\theta=31,26$  dan 31,18.



Gambar 4. Spektrum FTIR sampel *scaffold* HA berpori.

Spektroskopi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Hasil dari spektroskopi FTIR ini mendukung hasil analisis XRD sampel. Pada Gambar 4 menunjukkan spektra FTIR dari *scaffold*

HA berpori. Hasil ini memperkuat hasil XRD dimana pada gambar tersebut menunjukkan bahwa pada pembuatan HA murni fase yang terbentuk bukan HA tetapi TKF. Hal ini ditunjukkan oleh pita serapan gugus fungsi  $\text{PO}_4^{4-}$  untuk TKF pada bilangan gelombang  $540 \text{ cm}^{-1}$  dan  $563 \text{ cm}^{-1}$ . Adapun spektra FTIR HA dengan penambahan kitosan sebesar 10%, 20%, dan 30% menunjukkan bahwa sampel yang terbentuk dalam fase HA ditunjukkan oleh pita serapan gugus fungsi  $\text{PO}_4^{4-}$  untuk HA pada rentang bilangan gelombang  $550\text{-}580 \text{ cm}^{-1}$  dengan karakter tiga split pita serapan sedangkan pada penambahan kitosan 40% dan 50% sampel berada pada fase TKF yang ditunjukkan dengan dua pita serapan gugus fungsi  $\text{PO}_4^{4-}$  untuk TKF. Pada spektrum hanya terdapat gugus fungsi senyawa HA dan TKF. Hal ini menunjukkan bahwa sudah tidak terdapat kitosan pada sampel.

## KESIMPULAN

Sintesis *scaffold* HA berpori berbasis cangkang telur ayam sebagai sumber kalsium dan kitosan sebagai porogen dapat dilakukan dengan metode sol gel. Distribusi pori yang dihasilkan cukup seragam. Semakin tinggi bobot kitosan yang ditambahkan ukuran partikel semakin tinggi dan ukuran pori semakin besar. Penambahan bobot kitosan mengurangi interkoneksi pori. Ukuran pori-pori yang dihasilkan bervariasi dari 0,2-0,4 mikron. Pada penggunaannya sebagai biomaterial tulang ukuran pori ini harus diperbesar dengan menggunakan ukuran porogen yang lebih besar. Dengan waktu sintering  $900^\circ\text{C}$  dan densifikasi  $900^\circ\text{C}$  diperoleh struktur kristal HA dan TKF. Hasil ini memberikan informasi bahwa kitosan dapat digunakan sebagai porogen pada pembuatan *scaffold* HA berpori. Untuk meningkatkan ukuran pori dapat digunakan kitosan dengan ukuran partikel yang lebih besar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada DIPA IPB yang telah memberikan dana penelitian melalui program Hibah Penelitian Unggulan Fakultas IPB

## DAFTAR PUSTAKA

- Cerroni L, Filocamo R, Fabbri M, Piconi C, Caropresso S, Condo SG. Growth of osteoblast like cells on porous hydroxyapatite ceramics: an in vitro study. *Biomol Eng* 2002;19:119–124.
- De Groot K. Bioceramics consisting calcium phosphate slats. *Biomaterials* 1980;1:47–50.
- Hassna Rehman Ramay, Miqin Zhang. Preparation of porous hydroxyapatite scaffolds by combination of the gel-casting and polymer sponge methods. *Biomaterials* 24 (2003) 3293–3302.
- Heise, Osborn JF, Duwe F. Hydroxyapatite ceramic as a bone substitute. *Int Orthop* 1990;14:329–338.
- Sepulveda P. Gelcasting foams for porous ceramics. *Am Ceram Soc Bull* 1997;76:61–65.
- Vacanti CA, Bonassar LJ. An overview of tissue engineered bone. *Clin Orthop* 1999;367(Suppl):S375–381.
- Woyansky JS, Scott CE, Minnear WP. Processing of porous ceramics. *Am Ceram Soc Bull* 1992;71:1674–1681.

**PRODUKSI REKOMBINAN PLANTARICIN YANG MENGKODE  
BAKTERIOSIN DARI *Lactobacillus plantarum* S34 ASAL ISOLAT  
BEKASEM DAGING SAPI UNTUK MENANGGULANGI  
DEMAM TYPHOID**

(Production of Recombinant Plantaricin Encoding Bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* S34 Isolated from Bekasem Meat for Typhoid Fever Therapy)

**Suryani<sup>1)</sup>, A. Zaenal Mustopa<sup>2)</sup>, Linda Sukmarini<sup>2)</sup>,  
Rabiatul Adawiyah<sup>1)</sup>, Hasim<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Biokimia, Fakultas Matematika dan IPA, IPB.

<sup>2)</sup>Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Bogor.

**ABSTRAK**

Peptida antimikroba dari bakteriosin yang dihasilkan dari bakteri asam laktat potensial untuk diterapkan pada industri pangan dan farmasi. Karakteristik bakteriosin kelas I dan II yang tahan panas sangat potensial untuk diaplikasikan pada industri. Bakteriosin dari *L. plantarum* S34 (plantaricin S34) yang diisolasi dari bekasam, fermentasi daging dari Lampung mempunyai potensi dalam menghambat bakteri patogen seperti *Salmonella typhi* dan *Listeria monocytogenes*. Bakteriosin tersebut stabil terhadap panas, berukuran 2,89 dan 8,99 kDa. Tujuan penelitian ini adalah melakukan isolasi dan karakterisasi gen *plantaricin* dari *L. plantarum* S34. Gen *plantaricin* diamplifikasi dari DNA genom *L. plantarum* S34 dengan primer spesifik menggunakan teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Hasilnya menunjukkan 3 gen *plantaricin* EF, JK dan NC8 berhasil diisolasi dan dikarakterisasi. Analisis BLAST menunjukkan gen *plantaricin* EF, JK, dan NC8 dari *L. plantarum* S34 masing-masing tersusun atas 285 bp, 267 bp dan 200 bp. Sedangkan analisis susunan asam amino *plantaricin* EF, JK dan NC8 masing-masing sebanyak 52, 57 dan 47 asam amino. Gen *plantaricin* EF sudah berhasil dikloning ke pGEMTeasy vector selanjutnya akan di subklon ke pET system untuk melihat ekspresi dari *plantaricin* tersebut. Untuk mengembangkan obat antimikroba yang aman bagi industri farmasi, maka pada penelitian ini akan dilakukan produksi rekombinan *plantaricin* pada bakteri *E.coli*.

Kata kunci: Bacteriocin, plantaricin, *Salmonella typhi*, *L. plantarum* S34.

**ABSTRACT**

Antimicrobial peptides of bacteriocins from lactic acid bacteria have received particular attention due to their potential application in the food industry and pharmaceutical. Among bacteriocins produced by lactic acid bacteria, the Class I and II have the best potential for industrial application with their small-heat stable cationic peptides. Bacteriocin from *L. plantarum* S34 (plantaricin S34) with high antimicrobial activity to pathogenic *Salmonella typhi* and *Listeria monocytogenes* has been isolated from bekasem, a traditional fermented meat from Lampung, Indonesia. The molecular weight of 2,89 kDa and 8,9 kDa heat stable-peptide plantaricin S34 has been identified as a Class I and II bacteriocin. In the present study, the isolation and characterization of plantaricin gene from *L. plantarum* S34 has been conducted. The plantaricin gene has been amplified from genome *L. plantarum* S34 with specific primer using *Polymerase Chain Reaction* (PCR). The results of BLAST analysis showed that *plantaricin* EF, JK and NC8 genes isolated from the *L. plantarum* S34 were 285 bp, 267 bp and 200 bp respectively. The amino acid also showed that *plantaricin* encoded by the *plantaricin* EF, JK and NC8 genes consisted of 52 amino acids, 57 amino acids and 47 amino acids, respectively.

A 365 bp of PCR product plnEF has been cloned into pGEM-T Easy vector and transformed into *Escherichia coli* DH5α. Further, the gene fragment encoding mature plantaricin EF will be expressed in *Escherichia coli* BL21 using pET vector system.

Keywords: Bacteriocin, plantaricin, *Salmonella typhi*, *L. plantarum* S34 .

## PENDAHULUAN

Penyakit tipus merupakan salah satu penyakit yang sering terjadi di masyarakat. Tipus atau demam tifoid merupakan penyakit menular dan akut. Masa inkubasi tipus pada umumnya 10-14 hari. Gejala dini mencakup demam, perut kembung, sukar buang air besar, pusing, lesu, ruam, tak bersemanget, tidak nafsu makan, mual dan muntah (Pelczar and Chan, 1988). Kondisi penderita penyakit ini biasanya parah, dan bila pengobatan tidak segera diberikan penyakit ini akan berlangsung selama beberapa minggu dan dapat menyebabkan kematian.

Penyakit demam tifoid merupakan problem yang serius bagi kesehatan masyarakat, terutama di negara-negara yang sedang berkembang seperti Indonesia yang memiliki iklim tropis. Tifoid bersifat endemik dan selalu ditemukan sepanjang tahun di Indonesia, menyerang hampir semua kelompok usia masyarakat, mulai dari usia balita, anak-anak, dan dewasa. Prevalensi tifoid menunjukkan kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun dengan rata-rata 500 kasus per 100.000 penduduk dengan angka kematian antara 0,6–5% sebagai akibat dari keterlambatan mendapat pengobatan serta tingginya biaya pengobatan (Depkes, 2006).

Penanganan demam tifoid yang masih sering digunakan adalah istirahat, perawatan, diet, terapi penunjang, serta pemberian antibiotik. Antibiotik adalah zat kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang mempunyai kemampuan, untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh mikroorganisme lain. Obat antimikroba yang sering diberikan adalah kloramfenikol, tiamfenikol, kotrimoksazol, sefalosporin generasi ketiga, ampicilin, dan amoksisilin. Kloramfenikol merupakan obat pilihan utama untuk mengobati demam tifoid.

Beberapa efek samping yang mungkin timbul pada pemberian kloramfenikol adalah mual, muntah, mencret, mulut kering, stomatitis, pruritus ani, penghambatan eritropoiesis, Gray-Syndrom pada bayi baru lahir, anemia

hemolitik, exanthema, urticaria, demam, gatal-gatal, anafilaksis, dan terkadang Syndrom Stevens-Johnson. Reaksi interaksi kloramfenikol dengan paracetamol akan memperpanjang waktu paruh plasma dari kloramfenikol. Interaksinya dengan obat sitostatika akan meningkatkan resiko suatu kerusakan sumsum tulang. Pemakaian antibiotik secara irasional dapat menimbulkan kekebalan atau resistensi bakteri terhadap antibiotik tersebut, meningkatkan toksitas, dan efek samping obat sehingga perlu dilakukan upaya eksplorasi alternatif agen antimikroba yang bersifat aman dalam penanggulangan demam tifoid.

Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk menemukan obat antimikroba. Penelitian yang sudah dilakukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhii* diantaranya penggunaan rimpang temu kunci (Lestari, 2005), patikan kebo (Ambarwati, 2005), dan cacing tanah (Winarsih, 2006; Nurwati, 2006). Penelitian-penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui efektivitas ekstrak tanaman dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhii*.

Bakteri asam laktat dapat memproduksi substansi berupa peptida yang disebut dengan bakteriosin. Bakteriosin telah terbukti memiliki efek antimikrobial dan dapat menghambat beberapa virus seperti virus influenza A dan virus herpes simplex (Serkedjieva *et al.* 2000, Wachsman *et al.* 2003, Todorov *et al.* 2005).

Isolat *Lactobacillus plantarum* S34 yang diisolasi dari daging bekasam (produk pangan daging terfermentasi, makanan khas Indonesia dari daerah Wae Kanan, Lampung) memiliki potensi menghambat bakteri patogen diantaranya adalah *Escherichia coli* (NBRC 14237), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6539), *Staphylococcus typhosa* (P2KIM colección), *Bacillus subtilis* (BTCC 612), dan *Listeria monocytogenesis* (BTCC B693). Sementara, virus yang aktivitasnya dapat dihambat oleh bakteriosin, khususnya bakteriosin yang dihasilkan oleh *L. plantarum* S34 adalah virus hepatitis C (Mustopa *et al.* 2010; Solehudin 2010).

## METODE PENELITIAN

### **Kultivasi *Lactobacillus plantarum* S34**

*Lactobacillus plantarum* S34 yang dibiakkan dalam penelitian ini berasal dari koleksi kultur Laboratorium Bakteriologi dan Virologi Molekular, Pusat

Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong yang diisolasi dari bekasam daging sapi. Tahapan awal yang dilakukan sebelum isolasi genom *L. plantarum* kultivasi adalah peremajaan bakteri pada media MRS broth yang mengandung natrium azida.

### **Isolasi DNA Genom dari *Lactobacillus plantarum* S34**

Isolasi genom *Lactobacillus plantarum* menurut Sambrook & Rusell (2001) diawali dengan pemanenan pelet dari kultur bakteri, dilanjutkan dengan pelisisan sel, dan diakhiri dengan pemisahan serta pemekatan DNA. Uji kualitatif DNA (visualisasi) dilakukan melalui teknik elektroforesis agarose 1%, adapun uji kuantitatif dilakukan dengan menentukan konsentrasi dan kemurnian DNA genom melalui spektrofotometri pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 260/280 nm.

### **Amplifikasi Gen Plantaricin melalui PCR**

Campuran reaksi PCR yang dibuat sebanyak 50  $\mu\text{L}$  yang terdiri dari 36.75  $\mu\text{L}$  ddH<sub>2</sub>O, 5  $\mu\text{L}$  buffer, 1.5  $\mu\text{L}$  MgCl<sub>2</sub> 50 mM, 1.25  $\mu\text{L}$  dNTP Mix 10 mM, 0.5  $\mu\text{L}$  untuk masing-masing primer *forward* dan *reverse*, 0.5  $\mu\text{L}$  *Taq* polimerase platinum, dan 4  $\mu\text{L}$  genom hasil isolasi. Primer yang digunakan terlampir pada Tabel 3.

Tabel 3. Primer yang digunakan untuk amplifikasi gen plantaricin

No	Primer	Suhu annealing	Ukuran amplikon (bp)	Sekuen primer	Reference
1	<i>plnJK</i>	56	306	F: ACG GGG TTG TTG GGG GAG GC R: TTA TAA TCC CTT GAA CCA CC	Cho <i>et al.</i> (2010)
2	<i>plnEF</i>	60	365	F: GGT GGT TTT AAT CGG GGC GG R: ACT TGA TGG CTT GAA CTA TCC	Cho <i>et al.</i> (2010)
3	<i>plnC8</i>	60	207	F: GGT CTG CGT ATA AGC ATC GC R:AAATTGAAACATATGGGTGCTTAA ATTCC	Maldonado <i>et al</i> (2003)
4	<i>pln1.25<math>\beta</math></i>	50	249	F: TTA GCA TTG ATT GAT GGA GGA R: GCA TCC TAT GTG A GG CTG CTG	Cho <i>et al.</i> (2010)
5	<i>plnS</i>	54	466	F:ACTAAATATCACTGTGGTAAAGTA AAG R:GA CCGAAACAATCATGGGAAG	Sáenz <i>et al.</i> (2009)

*Polymerase Chain Reaction* (PCR) untuk amplifikasi gen plantaricin dilakukan dengan kondisi denaturasi awal (*initial denaturation*) pada suhu 94°C

selama 1 menit, denaturasi (*denaturation*) pada suhu 94°C selama 1 menit, penempelan primer (*annealing*) pada suhu 50-60°C selama 30 detik, pemanjangan (*extension*) pada suhu 72°C selama 1 menit, dan pemanjangan akhir (*final extension*) pada suhu 72°C selama 5 menit. Jumlah siklus yang dilakukan dalam proses PCR ini adalah sebanyak 35 siklus.

### **Sequencing dan Analisis Gen *plantaricin***

*Sequencing* nukleotida dilakukan pada koloni yang membawa gen *plantaricin* dengan mengisolasi plasmidnya terlebih dahulu. Sekuensing dilakukan dengan menggunakan metode *single pass DNA sequencing*. Urutan nukleotida yang diperoleh dari hasil *sequencing* digunakan untuk menentukan kehomologian nukleotida yang dimiliki oleh gen *plantaricin* dari *L. plantarum* S34 dengan gen *plantaricin* dari *L. plantarum* lain yang terdapat *gene bank*.

### **Kloning gen yang menyandikan *plantaricin***

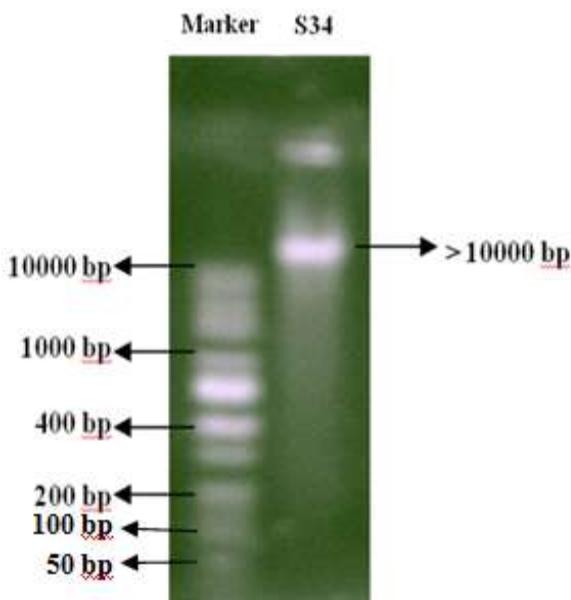
Gen *plantaricin* yang sudah dikonfirmasi dengan sekuensing selanjutnya dikloning ke dalam vektor pGEMT easy dan ditransformasikan ke dalam *E. coli* DH5α. Hasil transformasi dengan seleksi biru putih menunjukkan adanya *E.coli* yang berwarna putih dan biru. Selanjutnya koloni yang berwarna putih yang diduga membawa gen-gen *plantaricin* diuji dengan PCR colony untuk memastikan hasil kloning disisipi oleh gen-gen *plantaricin*. Untuk mengkonfirmasi insert yang disisipkan tersebut adalah gen *plantaricin* maka dilakukan sekuensing pada plasmid rekombinan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Isolasi DNA Genom dari *Lactobacillus plantarum* S34**

Isolasi genom *Lactobacillus plantarum* menurut Sambrook & Russell (2001) diawali dengan pemanenan pelet dari kultur bakteri, dilanjutkan dengan pelisisan sel, dan diakhiri dengan pemisahan serta pemekatan DNA. Uji kualitatif DNA (visualisasi) dilakukan melalui teknik elektroforesis agarose 1%, adapun uji kuantitatif dilakukan dengan menentukan konsentrasi dan kemurnian DNA genom melalui spektrofotometri pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) 260/280 nm. Hasil uji kualitatif DNA genom yang diperoleh dari *L. plantarum* S34 memiliki ukuran

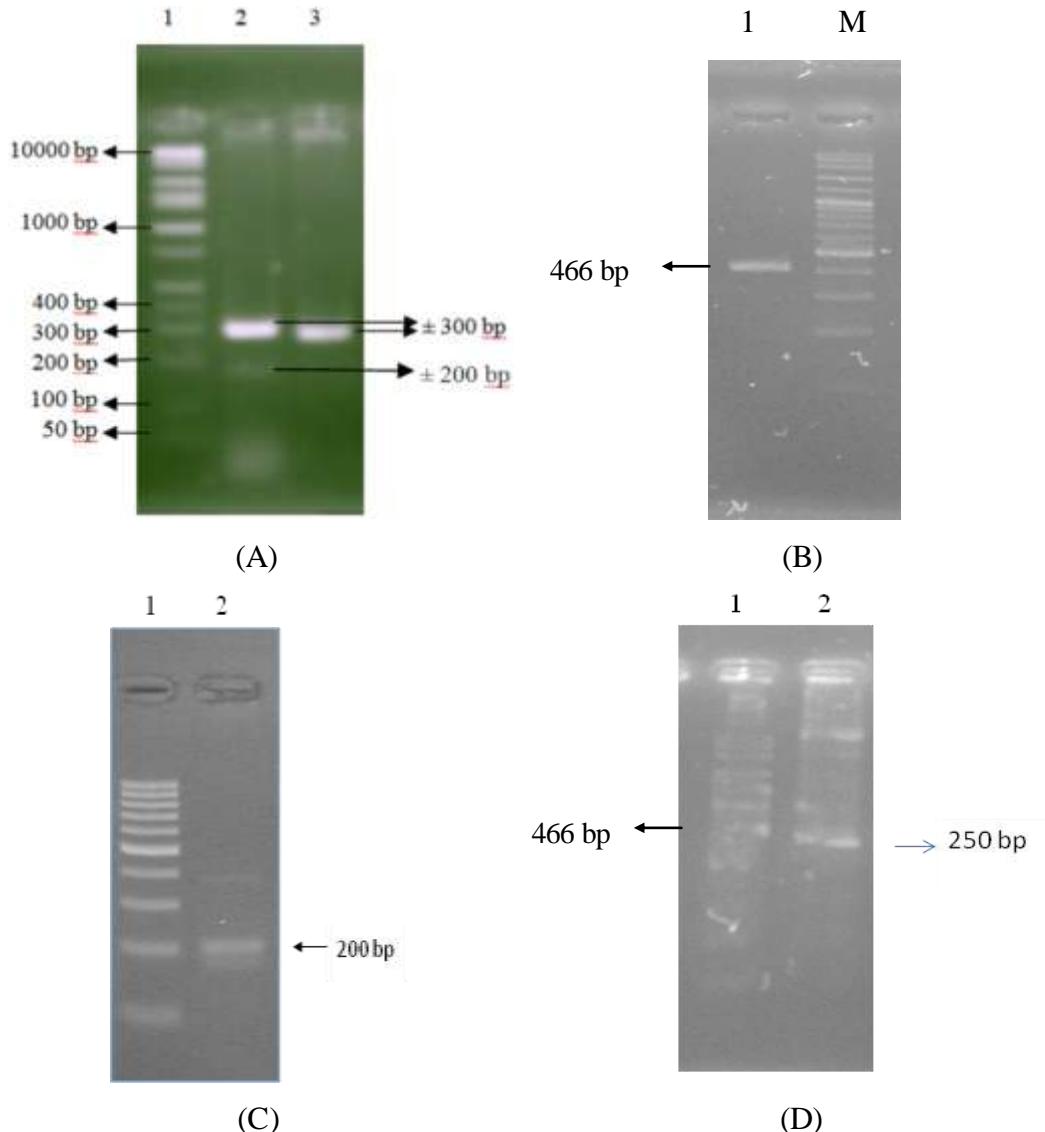
lebih dari 10 Kb (Gambar 1). Hasil uji kuantitatif menunjukkan bahwa DNA hasil isolasi memiliki konsentrasi sebesar 76.4 ng/ $\mu$ L dan kemurnian sebesar 0.195. DNA genom yang diperoleh dari *L. plantarum* S34 digunakan sebagai cetakan DNA untuk amplifikasi gen *plantaricin* melalui PCR.



Gambar 1. DNA genom *L. plantarum* S34.

### **Amplifikasi Gen Plantaricin melalui PCR**

*Polymerase Chain Reaction* (PCR) untuk amplifikasi gen *plantaricin* dilakukan dengan kondisi denaturasi awal (*initial denaturation*) pada suhu 94°C selama 1 menit, denaturasi (*denaturation*) pada suhu 94°C selama 1 menit, penempelan primer (*annealing*) pada suhu 50-60°C selama 30 detik, pemanjangan (*extension*) pada suhu 72°C selama 1 menit, dan pemanjangan akhir (*final extension*) pada suhu 72°C selama 5 menit. Jumlah siklus yang dilakukan dalam proses PCR ini adalah sebanyak 35 siklus. Hasil amplifikasi gen menunjukkan pita pada ukuran 365 bp (plnEF), 300 bp (plnJK), 460 bp (plnS), 200 bp (pln NC8) dan 250 bp (pln 1,25 $\beta$ ) (Gambar 2 A, B, C dan D). Hal ini sesuai dengan product PCR Cho dkk, 2010, pln EF 365 bp, pln JK (306 bp), pln 1,25  $\beta$  249 bp; Suez dkk 2009 plnS 466 bp dan Maldonado dkk 2003 pln NC8 2007 bp.



Gambar 2. (A) Amplikon gen *plantaricin* EF dan JK dari *L. plantarum* S34: 1) marker; 2) gen *plantaricin* EF; 3) gen; (B) Amplikon gen *plantaricin* S dari *L. plantarum* S34. M) marker; 1) gen *plantaricin*; (C) Amplikon gen *plantaricin* NC8 dari *L. plantarum* S34: 1) marker; 2) gen *plantaricin* NC8; dan (D) Amplikon gen *plantaricin* 1,25 $\beta$  dari *L. plantarum* S34: 1) marker; 2) gen *plantaricin* 1,25 $\beta$ .

#### **Sequencing dan Analisis Gen *plantaricin***

*Sequencing* nukleotida dilakukan pada hasil PCR *product* untuk memastikan bahwa yang diisolasi tersebut adalah gen *plantaricin*. Sekuensi dilakukan dengan menggunakan metode *single pass DNA sequencing*. Urutan nukleotida yang diperoleh dari hasil *sequencing* digunakan untuk menentukan kehomologian nukleotida yang dimiliki oleh gen *plantaricin* dari *L. plantarum* S34 dengan gen *plantaricin* dari *L. plantarum* lain yang terdapat *gene bank*.

Hasil analisis BLAST hasil sequencing gen *plantaricin* EF dari *L. plantarum* S34 memiliki kehomologan sebesar 98% dengan nukleotida yang dimiliki oleh *L. plantarum* V90 (FJ809773.1), *L. plantarum* BFE5092 (GU584090.1), *L. plantarum* C11 (X94434.2), *L. plantarum* J23 (DQ323671.2), *L. plantarum* J51 (DQ340868.2), *L. plantarum* NC8 (AF522077.2), dan *L. plantarum* WCFS1 (AL935253.1).

*Plantaricin* EF dari *L. plantarum* S34 berdasarkan hasil analisis ExPASy dan SoftBerry disusun oleh 52 asam amino (Gambar 3). Analisis asam amino *L. plantarum* S34 dengan *L. plantarum* WCSF1, C.1.1, TL1, RG14, RG11, R66, JDML dengan clustal W menunjukkan tingkat homologi yang sangat tinggi (Gambar 4).

### 5'3' Frame 1

```
cattttttggtaagtgttcgacatgttggatgcattgggttcagttgcaggcattcggt  
gttattttgaaaagtattcgtaattttcttggggagatcaacaattatgaaaaaaaaattt  
M K K F  
ctagtttgcgtgaccgtgaattaaattctatttcaagtggcgccccatgcctatacg  
L V L R D R E L N S I S S G V F H A Y S  
gcgcgtggcggttcgaaataattataaaagtgcgttgggcctgcggattggatcattagc  
A R G V R N N Y K S A V G P A D W I I S  
gctgtccgaggattcatccacggatgttcaagccatcaagtaaa  
A V R G F I H G -
```

Gambar 3. Sekuen nukleotida dan asam amino plantaricin EF *L. plantarum* S34.

Analisis BLAST terhadap hasil sequencing gen *plantaricin* JK dari *L. plantarum* S34 memiliki kehomologan sebesar 98% dengan nukleotida yang dimiliki oleh *L. plantarum* subsp *plantarum* ST-III (CP002222.1), *L. plantarum* BFE5092 (GU584090.1), *L. plantarum* C11 (X94434.2), *L. plantarum* V90 (FJ809773.1), *L. plantarum* NC8 (AF522077.2), dan *L. plantarum* WCFS1 (AL935253.1).

*Plantaricin* JK dari *L. plantarum* S34 berdasarkan hasil analisis ExPASy dan SoftBerry disusun oleh 56 asam amino (Gambar 5). Analisis asam amino *L. plantarum* S34 dengan *L. plantarum* NC8, WCSF1, V90, C.1.1 dan BFE5092 dengan clustal W menunjukkan tingkat homologi yang sangat tinggi (Gambar 6).

Nukleotida gen *plantaricin* NC8 dari *L. plantarum* S34 tersebut berdasarkan hasil analisis menggunakan BLAST memiliki kehomologan sebesar 100% dengan nukleotida yang dimiliki oleh *L. plantarum* YM5-2 (JQ900767.1), *L. plantarum* 8PA3 (HQ651181.2), *L. plantarum* J51 (DQ340868.2), *L. plantarum* NC8 (AF522077.2)

*Plantaricin* NC8 dari *L. plantarum* S34 berdasarkan hasil analisis ExPASy dan SoftBerry disusun oleh 47 asam amino (Gambar 7). Analisis asam amino *L. plantarum* S34 dengan *L. plantarum* NC8α dengan clustal W menunjukkan tingkat homologi yang sangat tinggi (Gambar 8).

CLUSTAL 2.1 multiple sequence alignment

PlnLF <i>plantarum</i> WCSF1_NP_784216.	MKKFLVLRDRELNAISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWVISAVRGFI	50
PlnFL <i>plantarum</i> C11_X94434.2_	MKKFLVLRDRELNAISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWVISAVRGFI	50
plnFL <i>plantarum</i> TL1_GU138150.1_	MKKFLVLRDRELNAISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWVISAVRGFI	50
plnFL <i>plantarum</i> RG14_GU138151.1_	MKKFLVLRDRELNAISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWVISAVRGFI	50
plnFL <i>plantarum</i> RG11_GU138152.1_	MKKFLVLRDRELNAISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWVISAVRGFI	50
plnFL <i>plantarum</i> RI11_GU138153.1_	MKKFLVLRDRELNAISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWVISAVRGFI	50
plnFL <i>plantarum</i> RS5_GU138154.1_	MKKFLVLRDRELNAISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWVISAVRGFI	50
PlnFL <i>plantarum</i> JDMI_YP_00306193	MKKFLVLSDRELNAISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWVISAVRGFI	50
PlnEFL <i>plantarum</i> S34	MKKFLVLRDRELNSISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWIISAVRGFI	50
plnFL <i>plantarum</i> _AB552849.1_	MKKFLVLRDRELNSISGGVFHAYSARGVRNNYKSAVGPADWIISAVRGFI	50
	*****	*****:*****:*****:*****:*****
PlnLF <i>plantarum</i> WCSF1_NP_784216.	HG-----	52
PlnFL <i>plantarum</i> C11_X94434.2_	HG-----	52
plnFL <i>plantarum</i> TL1_GU138150.1_	HGYSSSHQV	59
plnFL <i>plantarum</i> RG14_GU138151.1_	HGYSSSHQV	59
plnFL <i>plantarum</i> RG11_GU138152.1_	HGYSSSHQV	59
plnFL <i>plantarum</i> RI11_GU138153.1_	HGYSSSHQV	59
plnFL <i>plantarum</i> RS5_GU138154.1_	HGYSSSHQV	59
PlnFL <i>plantarum</i> JDMI_YP_00306193	HG-----	52
PlnEFL <i>plantarum</i> S34	HG-----	52
plnFL <i>plantarum</i> _AB552849.1_	HG-----	52
	**	

Gambar 4. Hasil analisis asam amino dengan Clustal W plnEF *L. plantarum* S34 dengan *L. plantarum* WCSF1, C.1.1, TL1, RG14, RG11, R66, JDMI.

### 5'3' frame 2

cggggaaatctggctagtttagaaaggtttatgtatggcgaagctggcagagcaatccgt	
cgttaataaatggacttaattaaggagcgtatattatgaaaattaaactgtttta	M K I K L T V L
aatgaatttgaagaattaactgctgacgctaaaaagaatatttctggtgccgtcgagt	N E F E E L T A D A E K N I S G G R R S
cgtaaaaatggaaattggatacgctattggttatgcgtttggcgccgttgaacggccgtg	R K N G I G Y A I G Y A F G A V E R A V
cttggtggttcaaggattataaaaa	L G G S R D Y K

Gambar 5. Sekuen nukleotida dan asam amino plantaricin JK *L. plantarum* S34.

PlnKLplantarumNC8_AF522077.2_	MKIKLTVLNEFEELTADAENIISGGRRSRKNGIGYAIGYAAGVAVERAVLG 50
PlnKLplantarumWCSF1_AL935253.1	MKIKLTVLNEFEELTADAENIISGNRRSRKNGIGYAIGYAAGVAVERAVLG 50
PlnKLplantarumV90_FJ809773.1_	MKIKLTVLNEFEELTADAENIISGGRRSRKNGIGYAIGYAAGVAVERAVLG 50
PlnKLplantarumC11_X94434.2_	MKIKLTVLNEFEELTADAENIISGGRRSRKNGIGYAIGYAAGVAVERAVLG 50
PlnKLplantarumBFE5092_GU584090	MKIKLTVLNEFEELTADAENIISGGRRSRKNGIGYAIGYAAGVAVERAVLG 50
PlnJKLplantarumS34	MKIKLTVLNEFEELTADAENIISGGRRSRKNGIGYAIGYAAGVAVERAVLG 50
	*****. *****.
PlnKLplantarumNC8_AF522077.2_	GSRDYNK 57
PlnKLplantarumWCSF1_AL935253.1	GSRDYNK 57
PlnKLplantarumV90_FJ809773.1_	GSRDYNK 57
PlnKLplantarumC11_X94434.2_	GSRDYNK 57
PlnKLplantarumBFE5092_GU584090	GSRDYNK 57
PlnJKLplantarumS34	GSRDYNK- 56
	*****.

Gambar 6. Hasil analisis asam amino dengan Clustal W pln JK *L.plantarum* S34 dengan *L. plantarum* NC8, WCSF1, V90, C.1.1 dan BFE5092.

**5'3' Frame 2**

ctcggtataagcatgcacaaacgattgaaaaagtttaataaaaggctttatcattaagg  
 agttggagatacatggataatggaaaaatttggaaaaatttagtacatctaaccttagaaaaagatctt  
 M D K F E K I S T S N L E K I S  
 ggcggtgatataacaaccaagttatggagctttggggatattatcttggcaaggaaagca  
 G G D L T K I L W S S W G Y Y L G K K A  
 ctttgttggaaatttaaaggcacccatgttcattt  
 R W N L K H P Y V O F |

Gambar 7. Sekuen nukleotida dan asam amino plantaricin NC8 *L.plantarum* S34.

plnNC8L.plantarumS34 MDKFEKISTSLEKISGGDLTTKLWSWGYYLGKKARWNLKHPYVQF 47  
plnNCBalphaL.plantarumNC8 MDKFEKISTSLEKISGGDLTTKLWSWGYYLGKKARWNLKHPYVQF 47  
\*\*\*\*\*

Gambar 8. Hasil analisis asam amino dengan Clustal W pln NC8 *L.plantarum* S34 dengan *L. plantarum* NC8.

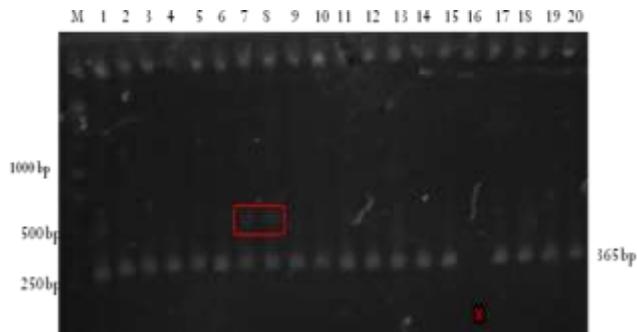
### **Kloning gen yang mengkode bakteriosin**

Gen plantaricin yang sudah dikonfirmasi dengan sekvensing dikloning ke dalam vektor pGEMT easy. Selanjutnya ditransformasikan ke dalam *E. coli* DH5 $\alpha$ . Hasil transformasi dengan seleksi biru putih menunjukkan adanya *E.coli* yang berwarna putih dan biru (Gambar 9).



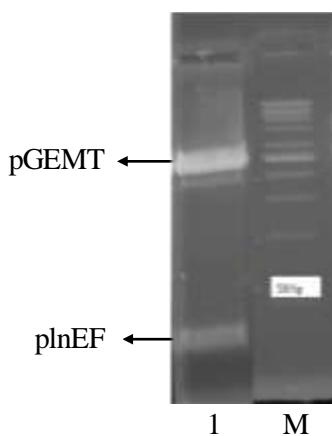
Gambar 9. Hasil transformasi plasmid pGEMT-EF.

Koloni yang berwarna putih yang diduga membawa gen plantaricin EF diuji dengan PCR colony untuk memastikan hasil kloning disisipi oleh gen-gen plantaricin (Gambar 10). Hingga saat ini sudah dilakukan kloning terhadap gen plantaricin EF



Gambar 10. Hasil PCR Coloy pln EF.

Koloni yang menunjukkan hasil positif dari PCR colony, selanjutnya diisolasi plasmidnya (plasmid rekombinan). Plasmid rekombinan tersebut selanjutnya dipotong dengan enzim restriksi *Nco*1 dan *Sal*1. Hasilnya menunjukkan terdapat 2 pita berukuran  $\pm$ 2.700 bp (pGEMT easy vector) dan 360 bp (plantaricin EF) (Gambar 11). Plasmid rekombinan tersebut selanjutnya di sekruensing lagi untuk memastikan bahwa insert yang disisipkan tersebut adalah plantaricin EF. Hasil konfirmasi sekruensing menunjukkan bahwa gen *plantaricin* EF dari *L. plantarum* S34 memiliki kehomologan sebesar 99% dengan nukleotida yang dimiliki oleh *L. plantarum* V90 (FJ809773.1) dan *L. plantarum* WCFS1 (AL935253.1).



Gambar 11. Plasmid rekombinan (plnEF) M (1 kb DNA ladder); 1 (plasmid rekombinan di digesti dengan *Sal* I & *Nco* I.

## KESIMPULAN

Gen *plantaricin* EF, JK dan NC8 berhasil diisolasi dari genom *L. plantarum* S34 melalui proses amplifikasi PCR. Jumlah asam amino *plantaricin* EF, JK dan NC8 tersebut masing-masing sebanyak 52 aa, 57 aa dan 47 aa. Gen *plantaricin* EF sudah berhasil dikloning ke pGEMTeasy vector.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Institut Pertanian Bogor yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah program Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2012 Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, Y. 2005. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kloroform dan Ekstrak Metanol Patikan Kebo (*Euphorbia hirta* L) terhadap *Salmonella thyposa* [Skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Cho GS, Huch M, Hanak A, Holzapfel WH, Franz CMAP. 2010. Genetic analysis of *plantaricin* EFI locus of *Lactobacillus plantarum* PCS20 reveals an unusual *plantaricin* E gene sequence a result of mutation. *Int J Food Microbiol* 141: 117–124.
- Departemen Kesehatan (Depkes). 2006. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 364/Menkes/SK/V/2006 tentang Pedoman Pengendalian Demam Tifoid, hal. 1–39.
- Lestari, S. 2005. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Rimpang Temu Kunci (*Boesenbergia pandurata* (Roxb) Schlecht) terhadap *Staphylococcus hemolitik non pneumoniae* dan *Salmonella thypi* serta Uji Bioautografinya [Skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Maldonado, A., J. L. Ruiz-Barba, and R. Jiménez-Díaz. 2003. Purification and genetic characterization of *plantaricin* NC8, a novel coculture-inducible two-peptide bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* NC8. *Appl. Environ. Microbiol.* 69:383–389.
- Mustopa, A.Z., R. Balia, W.S. Putranto, M. Ridwan, & M. Solehudin. 2010. Penapisan bakteri asam laktat yang diisolasi dari bekasam daging sapi dalam menghasilkan bakteriosin untuk menghambat bakteri patogen.

Prosiding Seminar Nasional Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran ke-2: 679–685.

Nurwati, R. 2006. Pengaruh Serbuk Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella thypi* dengan Metode Sumuran [Skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pelczar, M. and Chan. 1988, Dasar-Dasar Mikrobiologi 2. Alih Bahasa Hadioetomo, R.S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S., dan Angka, S.L. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Sambrook J dan Russel DW. 2001. *Molecular cloning: a laboratory manual vol 2 third edition*. Cold Spring Harbour: Cold Spring Laboratory Pr.

Serkedjieva J, Da nova S, Ivanova I. 2000. Antiinfluenza virus activity of a bacteriocin produced by *Lactobacillus delbrueckii*. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 88: 285–298.

Saenz Y, Rojo-Bezares B, Novaro L, Diez L, Somalo S, Zarazaga M, Ruiz-Larrea F, Torres C. 2009. Genetic diversity of the pln locus among oenological *Lactobacillus plantarum* strains. *International Journal of Food Microbiology* 134 (2009) 176–183.

Solehudin M. 2010. Penapisan komponen bioaktif bakteri asam laktat yang diisolasi dari bekasam terhadap pertumbuhan *Eschericia coli*, *Staphylococcus aureus* dan RNA helikase virus hepatitis C [skripsi]. Sumedang: Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran Sumedang.

Todorov, S. D., Wachsman, M. B., Knoetze, H., Meincken, M., & Dicks, L. M. T. (2005). An antibacterial and antiviral peptide produced by *Enterococcus mundtii* ST4V isolated from soy beans. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 25, 508e513

Wachsman MB *et al*. 2003. Enterococin CRL35 inhibits the last stage of HSV-1 and HSV-2 replication in vitro. *Antiviral Research* 58: 17–24.

Winarsih. 2006. Pengaruh Ekstrak Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella thypi* dengan Metode Paper Disk [Skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

## INDEKS PENELITI

### A

- A. Zaenal Mustopa, 322  
Adha Sari, 43  
Agus Purwito, 1, 71  
Aida Wulansari, 1  
Akhmad Rizali, 43  
Ali Husni, 1, 71  
Ali Khomsan, 127  
Ali Nurmansyah, 43  
Alimuddin, 15  
Anna Fariyanti, 84  
Ardiansyah, 29  
Aryani Sismen S., 296  
Ayi Santika, 15  
Azis Boing Sitanggang, 247

### B

- Budi I. Setiawan, 29

### C

- Cesilia Meti Dwiriani, 263  
Chusnul Arif, 29  
Clara M. Kusharto, 280

### D

- Dadang Sukandar, 127  
Damayanti Buchori, 43  
Dewi Apri Astuti, 97  
Dian Hernawati, 219  
Dias Indrasti, 247  
Diny Dinarti, 161  
Dodik Briawan, 219  
Dyah Iswantini, 231

### E

- Eko Hari Purnomo, 247  
Elvira Syamsir, 219  
Evy Damayanthi, 263

### G

- Giyanto, 57

### H

- Hangesti Emi Widyasari, 280  
Hardiana Widystuti, 113  
Harmini, 142

Hasim, 322

Hengky Novarianto, 161

### I

- Idat Galih Permana, 203  
Ikeu Tanzaha, 280  
Ilma Ovani, 263  
Ismail Maskromo, 161

### J

- Juniar Atmokusuma, 142

### K

- Karyanti, 71  
Ketty Suketi, 84

### L

- Lidy Herawati, 203  
Linda Sukmarini, 322  
Luki Abdullah, 97  
Lyonawati, 231

### M

- M. Nurhuda Nugraha, 43  
M. Rahmad Suhartanto, 84  
M. Yasin Farid, 43  
Masaru Mizoguchi, 29  
Megayani Sri Rahayu, 161  
Meldy L.A. Hosang, 161  
Muh Aries, 219  
Musa Hubeis, 113

### N

- Nahrowi, 97  
Nastiti Kusumorini, 296  
Nety Hernawati, 127  
Novik Nurhidayat, 231  
Nur Aisyah Nuzulia, 313  
Nur Hadi Wijaya, 113  
Nur R. Komalasari, 203  
Nuri Anda wulan, 176  
Nurly Faridah, 15

### P

- Parmita Aulia, 313

*R*

- Rabiatul Adawiyah, 322  
Ratna Winandi Asmarantaka, 142  
Rustam, 57  
Ryoichi Doi, 29

*S*

- Satyanto K. Saptomo, 29  
Setia Utami Dewi, 313  
Setyanto Tri Wahyudi, 313  
Siti Jahroh, 142  
Sri Nuryati, 15  
Sudarsono, 43, 161  
Sudradjat, 161  
Sugeng Santoso, 189

Suharlina, 97

Suryani, 322  
Sutrisno Koswara, 176

*T*

- Tetsu Ito, 29  
Tri Asmira Damayanti, 189  
Trivadila, 231  
Tsugihiro Watanabe, 29

*Y*

- Yudhi Adrianto, 219  
Yuli Retnani, 203

# *Mencari dan Memberi yang Terbaik*



Lembaga Penelitian dan  
Pengabdian kepada Masyarakat  
Certificate No. QSC 01048  
ISO 9001: 2008

## **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