



**PROSIDING**  
**SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN**  
**DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**  
**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**  
**2013**

**Volume I**  
**Bidang Pangan**  
**Bidang Energi**  
**Bidang Teknologi dan Rekayasa**



**PROSIDING  
SEMINAR HASIL PENELITIAN DAN  
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2013**

**Volume I**  
**Bidang Pangan**  
**Bidang Energi**  
**Bidang Teknologi dan Rekayasa**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2014**

## **SUSUNAN TIM PENYUSUN**

- Pengarah : 1. Dr. Ir. Prastowo, M.Eng  
(Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat IPB)  
2. Prof. Dr. Agik Suprayogi, M.Sc  
(Wakil Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Bidang Penelitian IPB)  
3. Dr. Ir. Hartoyo, M.Sc  
(Wakil Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Bidang Pengabdian kepada Masyarakat IPB)
- Ketua Editor : Prof.Dr. Agik Suprayogi, M.Sc
- Anggota Editor : 1. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc  
2. Prof. Dr. Ir. Bambang Hero Saharjo, M.Agr  
3. Dr.Ir. I Wayan Astika, M.Si
- Tim Teknis : 1. Etang Rokayah, SE  
2. Lia Maulianawati  
3. Ayu Sri Rahayu  
4. Endang Sugandi  
5. Muhamad Tholibin  
6. Rian Firmansyah
- Desain Sampul : Muhamad Tholibin

**Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian  
kepada Masyarakat  
Institut Pertanian Bogor 2013,  
Bogor 29 November 2013**

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

**ISBN: 978-602-8853-19-4  
978-602-8853-20-0**

**Juni 2014**

## 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 2013, sebanyak 547 judul kegiatan penelitian telah dilaksanakan. Penelitian tersebut dikoordinasikan oleh LPPM IPB dari beberapa sumber dana antara lain Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri (BOPTN), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), Kementerian Pertanian (Kementan) dan Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT) dimana telah dipresentasikan secara oral sebanyak 216 judul penelitian dan dalam bentuk poster sebanyak 331 judul dalam Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat IPB yang dilaksanakan pada tanggal 29 November 2013 di Institut Pertanian Bogor.

Hasil penelitian dan pengabdian kepada masyarakat tersebut sebagian telah dipublikasikan pada jurnal dalam dan luar negeri, serta sebagian dipublikasikan pada Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat IPB 2013 ini terdiri atas 2 (dua) volume yaitu:

- Volume I :
  - Bidang Pangan
  - Bidang Energi
  - Bidang Teknologi dan Rekayasa
- Volume II:
  - Bidang Sumberdaya Alam dan Lingkungan
  - Bidang Biologi dan Kesehatan
  - Bidang Sosial, Ekonomi dan Budaya

Kami ucapan terima kasih kepada Rektor dan Wakil Rektor IPB yang telah mendukung kegiatan seminar 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 dan Pengabdian kepada Masyarakat IPB 2013 ini dapat bermanfaat bagi semua. Atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Bogor, Juni 2014  
Kepala LPPM IPB,

Dr. Ir. Prastowo, M.Eng  
NIP 19580217 198703 1 004

## DAFTAR ISI

SUSUNAN TIM PENYUSUN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
<b>BIDANG PANGAN</b>	<b>Halaman</b>
Kadar Histamin dan Testosteron, Respons Fisiologis dan Histologis Ikan Karnivora Diberi Pakan Berupa Daging Ikan Transgenik - <i>Alimuddin, Sri Nuryati, Dwi Hany Yanti, Nurly Faridah, Lina Mulyani, Ayi Santika</i> .....	1
Penetapan Kriteria Rekomendasi Pemupukan yang Andal sebagai Dasar Penetapan Dosis Rekomendasi Pemupukan Tanaman Sayuran Nasional: Metode Uji P Tanah untuk Beberapa Komoditas Tanaman Sayuran di Andisol - <i>Anas Dinurrohman Susila, Endang Gunawan, Darda Efendi</i> .....	11
Karakterisasi dan Hibridisasi Beberapa Genotipe Buncis Dataran Rendah-Menengah untuk Pemuliaan Ke Arah Pembentukan Varietas Unggul Ipb - <i>Heni Purnamawati, Willy Bayuardi, Endang Gunawan, Heri Harti</i> .....	19
Optimalisasi Technology Services pada Wirausaha Benih dan Bibit Pepaya (ii) Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT) - LPPM Institut Pertanian Bogor - <i>Ketty Suketi, M. Rahmad Suhartanto, Anna Fariyanti</i> .....	34
Pembibitan Domba dan Produksi Daging “Balibu“ (Bawah Lima Bulan) Berbasis Sumber Daya Lokal sebagai Wadah Pengembangan Bisnis Mahasiswa Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor - <i>Komang G. Wirayawan, Kukuh Budi Satoto, Lilis Khotijah, Didid Diapari</i> .....	44
Model Parameter Acak Percobaan Pemupukan Fosfor pada Padi Sawah - <i>Mohammad Masjkur, Bagus Sartono, Itasia Dina Sulvianti</i> .....	56
Karasteristik Jus Dari Silase Jagung Berbeda Umur Serta Kemampuannya dalam Menghambat <i>Escherichia. Coli</i> dan <i>Salmonella</i> - <i>Nahrowi, Agus Setiyono, Franky Ninthyas Gurning</i> .....	67
Optimasi Source dan Sink untuk Meningkatkan Produksi dan Kualitas Jambu Kristal - <i>Slamet Susanto, Maya Melati, Ahmad Junaedi</i> .....	75
Pengembangan Buah Tropika Potensial dalam Rangka Peningkatan Daya Saing Industri Buah Nasional - <i>Sobir, Muhamad Syukur, M. Rahmad Suhartanto, Nina Ratna Juita, Kusuma Darma, Sulassih, Naekman N, Heri Harti, Vitria R Rahadi, Arya Widura R</i> .....	87
Pengembangan Varietas dan Teknologi Sayuran Utama dan Indigenous untuk Mendukung Ketahanan Pangan - <i>Sobir, Muhamad Syukur, Anas D.</i>	

<i>Susila, M. Rahmad Suhartanto, Suryo Wiyono, Y. Aris Purwanto, M. Arif Nasution, Ani Suryani, Liferdi, Kusmana, Syafrida Manuwoto, Yayah K. Wagiono, Awang Mahariwujaya, Dewi Sartiami .....</i>	103
<i>Pengaruh Proteksi Sumber Asam Lemak Tak Jenuh Tanaman Terhadap Karakteristik Fermentasi Rumen In Vitro - Sri Suharti, Nurhidayah, Jajat Jachja, Komang G. Wirayawan .....</i>	120
<i>Produksi Telur Itik Fungsional Kaya Asam Lemak Omega 3 dan Omega 6 Berimbang, Vitamin A dan Rendah Kolesterol Melalui Suplementasi Minyak Ikan, Minyak Sawit dan Zink Organik dalam Ransum - Sumiati, Komang G. Wirayawan, A. Darmawan .....</i>	130
<i>Validasi Metode HDDS (Household Dietary Diversity Score) untuk Identifikasi Rumah Tangga Rawan Pangan di Indonesia - Yayuk Farida Baliwati, Dodik Briawan, Vitria Melani .....</i>	143

<b>BIDANG ENERGI</b>	<b>Halaman</b>
<i>Pengelolaan Limbah Domestik yang Berwawasan Gender dalam Merespon Perubahan Iklim di Sub Daerah Aliran Sungai Cikapundung - Siti Amanah, Etty Riani, Akhmad Faqih, Tin Herawati.....</i>	159

<b>BIDANG TEKNOLOGI DAN REKAYASA</b>	<b>Halaman</b>
<i>Teknik Ekstraksi Oleoresin dari Berbagai jenis Cabai - Chilwan Pandji, Endang Warsiki, Rini Purnawati, Laras Wahyu .....</i>	177
<i>Rekayasa Produksi Alanin dari Biokonversi Langsung Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit pada Kondisi Aerobik - Djumali Mangunwidjaja, Prayoga Suryadarma, Akhmad Endang Zainal Hasan .....</i>	186
<i>Pengaruh Jenis Inokulum <i>Rhizopus Oligosporus</i> dan <i>Rhizopus Oryzae</i> Terhadap Sifat Fisio-Kimia Tempe Kacang Merah - Antung Sima Firlieyanti, Eko Hari Purnomo, Feri Kusnandar, Lulu Maknun .....</i>	197
<i>Kinetika Perubahan Warna Label Indikator Berbahan Zat Warna Buah Bit (<i>B. vulgaris L. var Cicla L.</i>) - Endang Warsiki, Indah Yuliasih, Asih Setia Utami .....</i>	208
<i>Karakterisasi Struktur Nano-Tapioka dan Aplikasinya dalam Beras Artifisial - Feri Kusnandar, Elvira Syamsir, Heni Herawati .....</i>	222
<i>Rancangan Outlet Irigasi Pipa pada Petak Sawah - M. Yanuar J. Purwanto, Erizal .....</i>	235
<i>Pengembangan Kriteria Rancangan Hidrolik pada Saluran Drainase di Kawasan Perumahan - Nora H. Pandjaitan, Prastowo, A. Sapei, H.K Wijaya .....</i>	250

Rekayasa Sel <i>Escherichia coli</i> untuk Meningkatkan Produksi Bioetanol pada Kondisi Aerobik - <i>Prayoga Suryadarma, Djumali Mangunwidjaja, Purwoko</i> .....	265
Pengkajian Terhadap Rumpon Portable untuk Pengelolaan Ikan Tuna dan Cakalang Secara Berkelanjutan - <i>Roza Yusfiandayani, Indra Jaya, Mulyono S. Baskoro</i> .....	274
Deteksi Bakteri Patogen dan Fermentatif dari Pangan Menggunakan <i>Real-Time Polymerase Chain Reaction</i> - <i>B. Sri Laksmi S. Jenie, Harsi D. Kusumaningrum, Siti Nurjanah</i> .....	292
Rekayasa Genetika Padi ( <i>oryza sativa</i> L.) dengan Gen Penyandi Metallothionein Tipe II dari <i>Melastoma malabathricum</i> L. ( <i>MaMt2</i> ) - <i>Nurul Fitriah, Utut Widyastuti, Suharsono</i> .....	309
Karakteristik teknik Pemanenan Sawit dan Pemanfaatan Energi Potensial Tandan Buah Segar (TBS) sebagai Sumber Energi Pengangkutan TBS - <i>Wawan Hermawan, Desrial</i> .....	323
Peningkatan Produktivitas Kambing Perah dengan Pemberian Biskuit Biosuplemen Pakan di Peternakan Rakyat - <i>Yuli Retnani, Idat Galih Permana, Nur R. komalasari, Rina Roslina, Amalia Ikhwanti</i> .....	338
Pemodelan Konsentrasi Oksigen Terlarut untuk Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Bahan Organik pada Air Sungai (Studi Kasus di Sungai Ciliwung) - <i>Yuli Suharnoto, Andik Pribadi, Sutoyo</i> .....	349
INDEKS PENELITI	vii

# **BIDANG PANGAN**



## KADAR HISTAMIN DAN TESTOSTERON, RESPON FISIOLOGIS DAN HISTOLOGIS IKAN KARNIVORA DIBERI PAKAN BERUPA DAGING IKAN TRANSGENIK

(Histamine and Testosterone Levels, Physiological and Histological Response of  
Carnivorous Fish Fed on Transgenic Fish Flesh)

**Alimuddin<sup>1)</sup>, Sri Nuryati<sup>1)</sup>, Dwi Hany Yanti<sup>2)</sup>, Nurly Faridah<sup>2)</sup>,  
Lina Mulyani<sup>1)</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 menguji kadar histamin, testosteron dan potensi toksisitas daging ikan mas transgenik pada ikan karnivora sebagai model. Kadar histamin diukur menggunakan metode HPLC untuk menduga potensi alergisitas ikan transgenik. Daging dari 3 ekor ikan mas digabung dan dibuat 2 ulangan. Sampel diambil saat 6, 9 dan 12 jam setelah ikan mas diletakkan pada suhu ruang (24,0–25,6°C). Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar histamin dalam daging ikan mas transgenik relatif sama dengan ikan mas nontransgenik. Dengan menggunakan metode ELISA, kadar testosteron dalam daging ikan mas transgenik juga relatif sama dengan ikan mas nontransgenik. Tiga jenis ikan model digunakan dalam uji toksisitas, yaitu ikan lele, ikan golosom dan udang galah. Ikan diberi pakan berupa potongan daging ikan mas transgenik (TG) dan nontransgenik (non-TG) dengan frekuensi 3 kali sehari, dan ikan dipelihara selama 14 hari. Hasil menunjukkan bahwa respons makan ikan uji yang diberi pakan berupa daging TG adalah sama dengan yang diberi daging non-TG. Pertambahan bobot tubuh, bobot hati, bobot limpa, kelangsungan hidup ikan uji, warna hati/limpa/empedu secara visual, dan pengataman histologi hati ikan lele, histologi hepatopankreas udang galah, dan histologi limpa ikan lele juga sama antara diberi pakan berupa daging ikan TG dan non-TG. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa efek ikan mas TG sama dengan ikan non-TG.

Kata kunci: Histamin, alergisitas, testosteron, toksisitas, ikan mas transgenik.

### ABSTRACT

This study was conducted to measure histamine and testosterone levels, and potential toxicity of transgenic fish flesh on carnivorous fish as a model. Histamine level was measured using HPLC method to estimate the allergic potential of transgenic fish. Flesh from 3 fish were combined and duplicates. Fish samples were taken at the 6, 9 and 12 hours after exposuring at room temperature (24,0 to 25,6 °C ). The analysis showed that the histamine level in the transgenic fish flesh was relatively similar to the non-transgenic fish. By using the ELISA method, testosterone level in the transgenic fish flesh was also relatively similar to the non-transgenic fish. Three fish species used in toxicity testing models, namely African catfish, golosom and giant freshwater prawn. The fish were fed a piece of transgenic flesh (TG) and non-transgenic (non-TG) with a frequency of 3 times daily, and the fish were maintained for 14 days. The results indicated that the feeding response of fish model to TG flesh was the same as that of non-TG. Body weight gain, liver weight , spleen weight, fish survival, the visual color of liver/spleen/bile, and catfish liver histology, prawn hepatopancreas histology, and catfish spleen histology were also similar between fish fed TG and non-TG flesh. Thus, it can be concluded that the transgenic fish have the same effect with non-transgenic fish.

Keywords: Histamine, allergic, testosteron, toxicity, transgenic common carp.

## PENDAHULUAN

Perakitan varietas unggul dapat dilakukan menggunakan rekayasa genetik seperti pemijahan selektif atau seleksi (selective breeding). Akan tetapi, penggunaan metode seleksi untuk perakitan varietas yang mempunyai 2 karakter unggul yang berbeda dalam waktu yang bersamaan adalah relatif kompleks. Selain itu, perakitan varietas ikan mas unggul menggunakan metode seleksi membutuhkan waktu relatif lama, karena setiap generasi membutuhkan waktu sekitar 2 tahun. Perbaikan kualitas genetik menggunakan metode seleksi juga relatif rendah, yaitu rata-rata 10% per generasi, sehingga dibutuhkan waktu sekitar 10 tahun untuk memperoleh efek perbaikan kualitas 50%. Alternatif metode rekayasa genetik yang lebih cepat menghasilkan varietas unggul adalah transgenesis. Penggunaan metode 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). Dalam rangka perakitan varietas ikan mas tumbuh cepat, kami telah menghasilkan ikan mas transgenik F0 dan F1 (Faridah *et al.* 2011), serta F2 yang mengekspresikan gen penyandi hormon pertumbuhan (growth hormone/GH) (Alimuddin *et al.* 2012).

Ikan transgenik merupakan produk rekayasa genetik (PRG). Dalam Peraturan Pemerintah RI No. 21 tahun 2005 tentang Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik bahwa keamanan hayati PRG mencakup keamanan lingkungan, keamanan pangan dan/ atau keamanan pakan. Pedoman evaluasi keamanan lingkungan ikan PRG belum disepakati, dan pada penelitian ini aspek keamanan lingkungan yang diuji adalah potensi induksi pertumbuhan ikan karnivora yang mungkin memakan ikan PRG bila terlepas ke alam. Selanjutnya, informasi dasar terkait keamanan pangan PRG antara lain adalah potensi alergisitas dan kandungan PRG adalah sepadan dengan non-PRG. Pada penelitian ini dilakukan analisis kadar histamin sebagai acuan potensi alergisitas, potensi toksisitas dan induksi pertumbuhan, serta kadar testosteron dalam daging ikan mas transgenik (PRG) dibandingkan dengan nontransgenik (non-PRG) untuk langkah awal penyediaan informasi keamanan hayati ikan mas transgenik GH.

## METODE PENELITIAN

### **Uji Alergisitas**

Kandungan histamin dalam daging ikan dianalisis sebagai parameter uji alergisitas. Kadar histamin diukur menggunakan HPLC di PT. Saraswanti Indo Genetech, Bogor. Ikan mas transgenik dan nontransgenik dimatikan, kemudian dibiarkan pada suhu ruang selama 6; 9; dan 12 jam. Suhu udara pada saat pengambilan sampel ikan adalah berkisar 24,0–25,6 °C, dan kelembapan berkisar 77–83%. Sebanyak 3 ekor ikan diambil pada setiap waktu pengujian, dagingnya disatukan dan kemudian disimpan dalam lemari pendingin -20 °C hingga akan dianalisis.

### **Uji Toksisitas**

Pada penelitian ini uji toksisitas dilakukan dengan mengamati secara visual warna hati, empedu dan limpa, serta histologi hati/hepatopankreas dan limpa. Ikan uji yang digunakan adalah ikan lele, ikan golosom dan udang galah. Ikan lele dan udang galah yang digunakan merupakan stok budidaya di Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar (BBPBAT) Sukabumi, sedangkan ikan golosom merupakan ikan liar yang ada di kolam BBPBAT.

Ikan uji dikondisikan di akuarium, sebanyak 1 ekor per akuarium. Daging ikan mas transgenik atau nontransgenik dipotong-potong kemudian diberi sebagai pakan ke ikan uji. Pemberian pakan dilakukan 3 kali sehari. Respons makan diamati setiap pemberian pakan. Bila ikan memiliki respons makan bagus (mendekati pakan dan cepat dihabiskan), maka diberi tanda plus (+), sedangkan bila respons kurang maka diberi tanda minus (-). Bobot hati, limpa dan tubuh ikan diukur pada akhir pengujian.

### **Uji Kadar Testosteron**

Daging ikan mas dari 3 ekor digabung dan kandungan testosteron dianalisis menggunakan metode ELISA. Pengujian dilakukan dengan 2 ulangan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kadar Histamin Daging Ikan Mas Transgenik**

Dengan cara penanganan sampel yang sama, rerata kadar histamin daging ikan mas transgenik dan nontransgenik setelah diletakkan pada suhu ruang selama 6–12 jam adalah relatif sama (Tabel 1). Kadar histamin tersebut masih tergolong aman, dan kadar histamin lebih dari 200 mg/kg daging dapat menyebabkan sakit (<http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/UCM252400.pdf>).

Tabel 1 Kadar histamin pada daging ikan mas transgenik dan nontransgenik

Jenis ikan	Kadar histamin (mg/kg)
Ikan nontransgenik	
K6	24,30
K9	23,66
K12	29,05
Rata-rata	25,67±2,94
Ikan transgenik	
TG6	26,56
TG9	27,24
TG12	28,70
Rata-rata	27,50±1,09

Keterangan: K6-12 adalah ikan nontransgenik dengan waktu pengambilan sampel 6, 9 atau 12 jam setelah diletakkan pada suhu ruang (24,0-25,6°C). TG6-12 adalah ikan transgenik dengan waktu pengambilan sampel 6, 9 atau 12 jam setelah diletakkan pada suhu ruang.

### **Uji Toksisitas Pada Ikan Model**

#### **Respons makan, pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan model**

Berdasarkan pengamatan setiap waktu pemberian pakan selama 14 hari pengujian diketahui bahwa tidak ada perbedaan respons ikan model dalam memakan daging ikan mas TG dan NTG (Tabel 2; 3; dan 4). Secara umum respons makan ikan model relatif kurang pada awal pengujian. Hal ini dikarenakan ikan model sudah terbiasa diberi pakan berupa pelet komersial.

Selanjutnya, pertambahan bobot tubuh, rasio bobot hati terhadap bobot hati dan limpa ikan lele yang diberi pakan berupa daging ikan TG dan NTG adalah tidak berbeda (Tabel 5). Kelangsungan hidup ikan lele antara ikan yang diberi pakan berupa daging ikan mas TG dan NTG adalah sama. Dengan demikian, tidak ada efek protein GH eksogen dari daging ikan mas TG terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele.

Dengan menggunakan ikan golosom sebagai ikan uji, respons makan, kelangsungan hidup dan pertumbuhan juga tidak berbeda antara yang diberi pakan berupa daging ikan mas TG dan NTG (Tabel 4). Namun demikian, hanya satu ekor ikan yang hidup hingga akhir penelitian pada yang diberi pakan berupa daging ikan mas TG. Ikan golosom yang digunakan adalah dari kolam yang tidak dipelihara khusus, belum terdomestikasi. Hal tersebut diduga yang menyebabkan ikan golosom mudah stres dan pada akhirnya mati.

Pertambahan bobot tubuh udang galah yang diberi pakan berupa daging ikan mas TG ( $2,81 \pm 0,97$  g) dan NTG ( $2,33 \pm 0,98$  g) adalah relatif sama. Kelangsungan hidupnya adalah relatif sama, yakni 75% (9/12) dan 66,67% (8/12) masing-masing untuk udang galah diberi pakan berupa daging ikan mas TG dan NTG. Waktu udang galah mulai ada yang mati juga sama, yakni hari keenam setelah perlakuan. Jumlah udang mengalami pergantian kulit juga tidak berbeda, yakni 2 dan 1 ekor masing-masing untuk udang galah diberi pakan berupa daging ikan mas TG dan NTG. Dengan demikian, tidak ada efek protein GH eksogen dari daging ikan mas TG terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang galah.

### Histologi

Sel-sel hati pada ikan lele yang diberi makan berupa daging ikan mas TG terlihat normal seperti halnya pada ikan lele yang diberi makan berupa ikan mas NTG (Gambar 1). Sel hepatopankreas udang galah yang diberi makan berupa daging ikan mas TG juga tidak berbeda dan terlihat normal seperti halnya pada udang galah yang diberi makan berupa ikan mas NTG (Gambar 2). Selanjutnya, histologi limpa ikan lele juga menunjukkan bahwa bagian-bagian limpa seperti: pulpa merah (PM), pulpa putih (PP) dan melanomakrofag (MM) pada ikan lele yang diberi pakan berupa daging ikan mas TG tidak berbeda dan terlihat normal seperti halnya pada ikan yang diberi pakan berupa daging ikan mas NTG (Gambar 3). Dengan demikian secara histologis, ikan mas TG memiliki efek yang sama dengan ikan mas NTG.

Tabel 2 Bobot tubuh, hati dan limpa, serta respons makan ikannya lele terhadap pakan berupa daging ikan mas transgenik dan nontransgenik

Bobot awal (g)	Bobot akhir (g)	Respons makan pada hari ke- *												Bobot hati (g)	Bobot limpa (g)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>Ikan transgenik</b>																
150	170	---	--+	-+-	-+-	-+-	-+-	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	1,359	0,238
120	150	---	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	0,921	0,187
140	150	---	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	1,831	0,113
<b>Ikan nontransgenik</b>																
130	140	---	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	1,387	0,075
170	180	---	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	1,737	0,081
130	160	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	-+-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	1,300	0,087

Keterangan: \*) respons makan setiap kali pemberian pakan. Pemberian pakan dilakukan 3 kali sehari.

Tabel 3 Bobot tubuh awal dan akhir, serta respons makan ikannya golosom terhadap pakan berupa daging ikan mas transgenik dan nontransgenik

Bobot awal (g)	Bobot akhir (g)	Respons makan pada hari ke-*)												Bobot hati (g)	Bobot limpa (g)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>Ikan transgenik</b>																
80,2	95,1	+-	++-	++-	++-	++-	++-	mati	mati	++-	++-	++-	++-	++-	mati	
67,3	75,0	+-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	mati
52,2	53,5	+-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	mati
98,3	100,1	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	mati
100	109,2	+-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	mati
<b>Ikan nontransgenik</b>																
76,4	88,2	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	mati
62,5	74,5	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	mati
48,6	58,5	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	mati
88,3	95,2	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	+-	mati
100,1	112	+-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	mati

Keterangan: \*) respons makan setiap kali pemberian pakan. Pemberian pakan dilakukan 3 kali sehari.

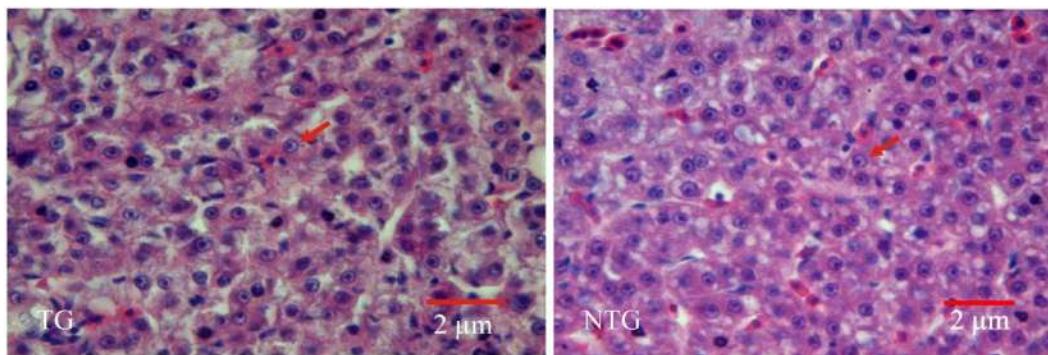
Tabel 4 Bobot tubuh awal dan akhir, serta respons makan udang galah terhadap pakan berupa daging ikan mas transgenik dan nontransgenik

Bobot awal (g)	Bobot akhir (g)	Respons makan pada hari ke-*)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Ikan transgenik</b>													
17,5	21,4	+-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
14,6	16,6	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
15,7	20,1	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
15,5	19,0	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
14,3	16,2	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
13,7	16,0	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
12,1	14,2	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
12,7	15,1	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
<b>Ikan nontransgenik</b>													
21,7	22,5	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
17,2	18,2	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
18,5	22,3	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
17,9	21,0	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
14,7	17,1	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
13,2	16,2	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
17,2	19,0	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-
14,4	17,1	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-	++-

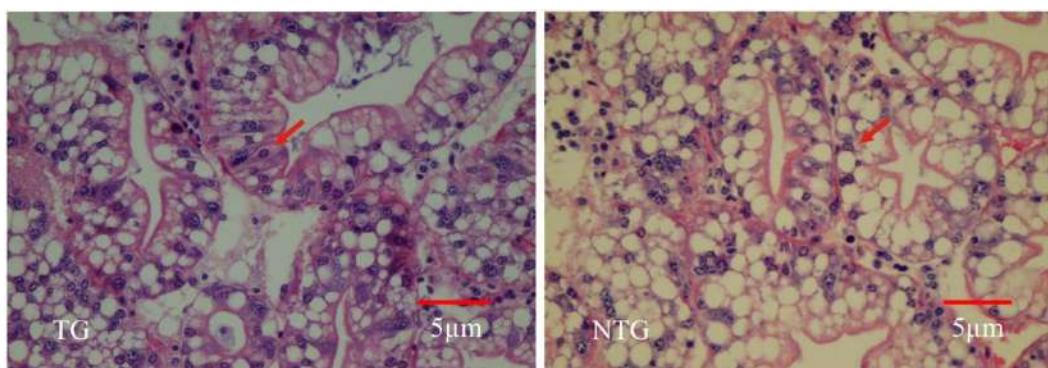
Keterangan: \*) respons makan setiap kali pemberian pakan. Pemberian pakan dilakukan 3 kali sehari.

Tabel 5 Pertambahan bobot tubuh, rasio bobot hati dan limpa terhadap perubahan bobot tubuh ikan lele diberi pakan berupa daging ikan mas transgenik dan nontransgenik

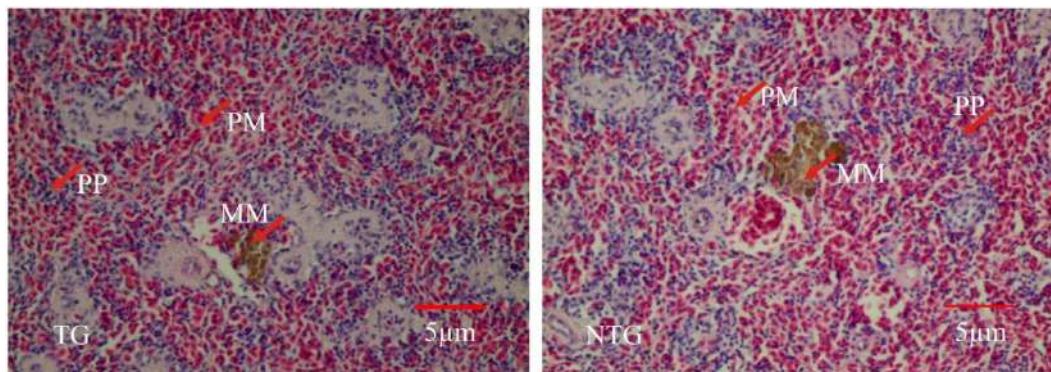
Pertambahan bobot tubuh (g)	Rasio bobot hati:pertambahan bobot tubuh	Rasio bobot limpa:pertambahan bobot tubuh
<b>Ikan transgenik</b>		
20	0,068	0,012
30	0,031	0,006
10	0,183	0,011
20,00±10,00	0,094±0,079	0,010±0,003
<b>Ikan nontransgenik</b>		
10	0,139	0,007
10	0,174	0,008
30	0,043	0,003
16,00±11,55	0,119±0,067	0,006±0,003



Gambar 1 Histologi jaringan hati ikan lele yang diberi pakan berupa daging ikan mas transgenik (TG, kiri) dan ikan mas nontransgenik (NTG, kanan).



Gambar 2 Histologi jaringan hepatopankreas udang galah yang diberi pakan daging ikan mas hasil transgenik (TG, kiri) dan ikan mas nontransgenik (NTG, kanan). Sel-sel hepatopankreas (tanda panah) pada udang TG terlihat normal seperti halnya pada ikan NTG.



Gambar 3 Histologi jaringan limpa ikan lele yang diberi pakan berupa daging ikan mas transgenik (TG, kiri) dan ikan mas nontransgenik (NTG, kanan); Berdasarkan pengamatan terhadap dua jenis preparat tersebut (TG dan NTG), terlihat bahwa bagian-bagian limpa seperti: pulpa merah (PM); pulpa putih (PP) dan melanomakrofag (MM) pada ikan lele TG terlihat normal seperti halnya pada ikan lele NTG.

### Kadar Testosteron Dalam Daging Ikan Mas Transgenik

Berdasarkan hasil analisis ELISA, kadar testosteron dalam daging ikan mas transgenik relatif sama dengan ikan non-transgenik (Tabel 6). Ikan uji yang digunakan adalah matang gonad, dan kadar testosteron pada ikan matang gonad mencapai nilai maksimal. Kadar testosteron pada ikan koki matang gonad adalah 22 ng/ml darah, volume darah ikan koki sekitar 1 ml pada bobot sekitar 20–50 g, sehingga level testosteron adalah sekitar 0,4–1 ng/g. Selanjutnya, kadar minimum (MRPL) testosteron adalah 1 ng/g ([http://crl.fougeres.anses.fr/publicdoc/2013/EURL\\_Guidance\\_Concentrations\\_Minimales\\_Recommend](http://crl.fougeres.anses.fr/publicdoc/2013/EURL_Guidance_Concentrations_Minimales_Recommend)). Dengan demikian, ikan mas transgenik memiliki kadar testosteron lebih rendah daripada MRPL.

Tabel 6 Kadar testosteron dalam daging ikan mas transgenik dan nontransgenik

Jenis ikan	Kadar testosteron (ng/g)
Ikan transgenik (TG)	
TG-1	0,510
TG-2	0,826
Rata-rata	0,670±0,223
Ikan nontransgenik (non-TG)	
Non-TG1	0,512
Non-TG2	0,485
Rata-rata	0,500±0,019

Keterangan: setiap sampel merupakan gabungan dari 3 ekor ikan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran kadar histamin, kadar testosteron dan analisis histologi hati/hepatopankreas ikan uji, ikan mas transgenik memberikan efek yang sama dengan ikan mas nontransgenik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alimuddin, Nuryati S, Faridah N, Santika A. 2012. Perakitan varietas ikan mas tumbuh cepat dan tahan infeksi virus KHV: ikan mas tumbuh cepat generasi kedua. Laporan Penelitian Unggulan IPB. DIPA IPB Nomor: 58/I3.24.4/SPK-PUS/IPB/2012.
- Devlin RH, Yesaki TY, Biagi CA, Donaldson EM. 1994. *Extraordinary growth in salmon*. Nature. 371: 209-210.
- Faridah N, Alimuddin, Hardiantho D, Prasetiyo 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.
- 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.

## PENETAPAN KRITERIA REKOMENDASI PEMUPUKAN YANG ANDAL SEBAGAI DASAR PENETAPAN DOSIS REKOMENDASI PEMUPUKAN TANAMAN SAYURAN NASIONAL: METODE UJI P TANAH UNTUK BEBERAPA KOMODITAS TANAMAN SAYURAN DI ANDISOL

(Determination of the Best Fertilizer Recommendations Criteria as a Basis for Determination National Fertilizer Rate Recommendation for Vegetables: P-Soil Test Method for Some Vegetable Cropsin Andisol)

Anas Dinurrohman Susila<sup>1)</sup>, Endang Gunawan<sup>2)</sup>, Darda Efendi<sup>1)</sup>

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

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

### ABSTRAK

Penetapan kriteria rekomendasi pemupukan yang andal sebagai dasar penetapan dosis rekomendasi pemupukan tanaman sayuran nasional, meliputi Uji Korelasi yang bertujuan untuk memperoleh pelarut yang sesuai dengan jenis tanaman dalam uji P-tanah. Penelitian dilaksanakan di tanah Andisol yang berlokasi di Kebun Percobaan Pasir Sarongge, University Farm, IPB dan Rumah kaca Pusat Kajian Hortikultura Tropika, IPB, Tajur, Bogor mulai Juli sampai November 2013. Pembuatan status hara dilakukan dengan aplikasi pupuk  $P_2O_5$  sebanyak ( $X$ ,  $3/4X$ ,  $1/2X$ ,  $\frac{1}{4}X$ ,  $0X$ , dimana  $X=1856,3 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$ ) masing-masing pada petak berukuran  $1,5 \times 25 \text{ m}^2$ , disusun dalam Rancangan Acak Kelompok 4 ulangan dan selanjutnya diinkubasi selama 3 bulan. Konsentrasi P-tanah dianalisis menggunakan pelarut HCl, Bray, Morgan, Mehlich-I, dan  $NH_4OAc$ . Tanah dari setiap perlakuan status hara diambil 6 kg per polybag digunakan untuk menanam tomat, cabe, kubis, brokoli, caisim, pakcoy, selada, kangkung dan bayam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelarut Morgan memiliki koefisien korelasi tertinggi untuk semua tanaman apabila dibanding pelarut lain. Sehingga yang sesuai untuk Uji P-tanah tomat (dengan koefisien korelasi 0,423), cabe (0,428), kubis (0,287), brokoli (0,265), caisim (0,465), pakcoy (0,318), selada (0,330), kangkung (0,287) dan bayam (0,319).

Kata kunci: Sayuran, pemupukan, rekomendasi, uji korelasi, analisi tanah.

### ABSTRACT

Determination of the best criteria for a reliable fertilizer recommendations as the basis for determining the national vegetable fertilizer recommendations rate, including the correlation test to obtain a suitable extractant for kind of plants in soil P- test. The experiment was conducted in *Andisol* located at the Pasir Sarongge Experimental Station, University Farm, IPB and the Greenhouse of Horticulture Tropical Research Center, IPB, Tajur Bogor from July to November 2013. The soil P nutrient status was developed with the  $P_2O_5$ fertilizer application as ( $X$ ,  $3/4X$ ,  $1/2x$ ,  $\frac{1}{4} X$ ,  $0X$ , where  $X = 1856,3 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$ ), respectively in plots size of  $1,5 \times 25 \text{ m}^2$ , arranged in Randomized Completely Block Design with 4 replication, then incubated for 3 months. Soil P concentration was analyzed using an extractant-HCl 25% , Bray-1, Morgan, Mehlich- I, and  $NH_4OAc$ . Soil nutrient status of each treatment were taken 6 kg per polybag to grow tomatoes , peppers, cabbage, broccoli, caisin, pakcoy, lettuce, kale, and spinach. The results showed that Morgan extractant had the highest correlation coefficient for all vegetables when compared to other extractant. According to soil P test- tomato dry weight and soil-P concentration has correlation coefficient of 0.423, chili (0,428), cabbage (0,287), broccoli

(0,265), caisin (0,465), pakcoy (0,318), lettuce (0,330), kangkung (0,287) and amaranth (0,319).

Keywords: Vegetables, fertilizer, recommendation, correlation test, soil analysis.

## PENDAHULUAN

Uji P-tanah adalah alat analisis dasar untuk menilai status unsur hara P di dalam tanah. Tanaman biasanya dapat memanfaatkan hanya sebagian kecil dari total P-tanah. Jumlah P-tanah yang dimanfaatkan tanaman tersebut berkorelasi erat dengan P-tanah labil (sebagian P yang tidak terikat kuat oleh colloid tanah). Uji P tanah bukan merupakan analisis untuk Total P dalam tanah akan tetapi mencerminkan berapa banyak P yang tersedia untuk digunakan oleh tanaman. Uji P tanah merupakan komponen kunci untuk menentukan kebutuhan rekomendasi pemupukan Phosphorus. Apabila diperlukan pemupukan tanaman, maka hasil analisis tanah merupakan alat sebagai dasar penetapan rekomendasi untuk dapat menghasilkan produksi yang optimum (Sawyer dan Mallarino, 1999; Dobermann, *et al.* 2002; Daniels, *et al.* 2008).

Nilai uji tanah tidak akan berarti apabila tidak diawali oleh penelitian korelasi uji tanah (Evans *et al.* 1987; Susila *et al.* 2010). Uji korelasi dapat dilakukan di dalam rumah kaca dengan media tanam berasal dari lahan yang memiliki kandungan hara tanah bervariasi mulai dari sangat rendah sampai dengan sangat tinggi. Prinsip uji korelasi tanah adalah penggunaan bahan kimia dengan konsentrasi rendah yang dapat mengekstrak unsur hara tertentu yang dikehendaki dan dibutuhkan tanaman (Johnson *et al.* 1984). Uji korelasi yang baik adalah dasar dari desain prosedur uji tanah secara keseluruhan yang dapat menghemat waktu dan energi, serta hasil yang dapat dipercaya (Peck dan Soltanpour, 1990; Horta dan Torrent, 2007).

Unsur hara tertentu yang dibutuhkan tanaman dapat berkorelasi dengan serapan hara oleh tanaman, pertumbuhan tanaman dan akhirnya berpengaruh secara langsung dengan produksi tanaman (Warncke *et al.* 2004). Kettering dan Barley (2010) menyatakan bahwa “*Agronomic Soil Test*” merupakan salah satu pendekatan analisis tanah yang berkembang pada awal tahun 2000. Pendekatan ini merupakan upaya pembuatan rekomendasi pemupukan yang lebih terfokus pada

respon hasil tanaman (produksi relatif). Uji korelasi dan uji kalibrasi dihubungkan langsung dengan performa agronomi perkembangan, pertumbuhan dan hasil tanaman sehingga pendekatan ini cenderung lebih ekonomis dibandingkan dengan pendekatan lainnya. Larutan pengekstrak seperti Mechlich-1, Bray-1, Morgan, HCl 25%, Trough, dan ekstraktan lain telah digunakan untuk melaksanakan uji korelasi dan studi kalibrasi hasil analisis P-tanah dengan respon tanaman dalam banyak penelitian. Hal ini merupakan pertimbangan yang sangat penting karena terdapat banyak metode yang dikembangkan untuk menguji tanah P-tanah yang tersedia bagi tanaman. Masing-masing pelarut dapat memiliki indeks interpretasi yang sangat berbeda (Sawyer dan Mallarino, 1999). Kidder *et al.* (2003) menggunakan Mechlich-1 untuk intrepretasi keperluan fosfor dalam lingkungan hortikultura, dan membagi status hara P tanah menjadi 5 tingkat, yakni sangat rendah jika kuantitas  $P < 10$  ppm, rendah 10-15 ppm, sedang 16-30 ppm, tinggi 31-60 ppm dan sangat tinggi  $> 60$  ppm.

Kelling *et al.* (1998) menjelaskan beberapa faktor yang mempengaruhi rekomendasi fosfor adalah tingkat keperluan tanaman (masing-masing tanaman rememelukan berbagai tingkat P tersedia yang berbeda untuk menghasilkan produksi optimum), kesuburan lapisan tanah (subsoil memasok hara dari tanah), potensi hasil dari tanah dan tingkat produksi yang diinginkan oleh petani. Chang *et al.* (2004) melaporkan bahwa pendekatan yang terbaik untuk meminimalkan kesalahan pada proses rekomendasi pemupukan adalah penetapan rekomendasi spesifik lokasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jenis pelarut Uji P-tanah yang sesuai dengan jenis tanaman sayuran. Penelitian ini dilaksanakan dalam rangka membangun rekomendasi pemupukan tanaman sayuran nasional yang ramah lingkungan dengan dasar analisis tanah untuk produksi sayuran di *Andisol* Cipanas.

## METODE PENELITIAN

Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Pasir Sarongge, University Farm, IPB, 1200 m dpl, dengan jenis tanah *Andisol*. Percobaan dalam polybag dilakukan di rumah kaca, kebun Pusat Kajian Hortikultura Tropika LPPM, IPB, di Tajur, 250 m dpl. Penelitian dimulai dengan pembangunan status hara P tanah

yang dilakukan pada tanggal 18 Juli 2013. Aplikasi pupuk dilakukan dengan dosis 0X,  $\frac{1}{4}X$ ,  $\frac{1}{2}X$ ,  $\frac{3}{4}X$  and X, dimana  $X=1856,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ , atau berturut-turut setara dengan 0, 464; 1, 928; 2, 1392,2; dan  $1856,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ . Ukuran petak percobaan adalah 5 m X 1,5 m, masing-masing dosis aplikasi hara diulang 4 kali. Lahan selanjutnya diinkubasi selama 3 bulan.

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada tanggal 18 Oktober 2013, sebagian dikirim ke laboratorium untuk analisis kandungan P dengan 5 metode Uji P-tanah Bray 1 ( $0,025 \text{ N HCl} + 0,03 \text{ NNH}_4\text{F}$ ), HCl 25%, Mechlih 1( $0,05 \text{ NHCl}$  and  $0,025 \text{ NH}_2\text{SO}_4$ ), Morgan ( $0,72 \text{ N NaOAc} + 0,52 \text{ N CH}_3\text{COOH}$ ), dan  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ( $\text{NH}_4 - \text{OAc}$  1 M pH 4,8). Sebagian contoh tanah dikeringkan, dihaluskan dan dipakai untuk media tanam 6 kg per polybag. Jenis tanaman yang digunakan adalah tomat (*Lycopersicon esculentum*), cabe (*Capsicum anuum*), caisin (*Brassica rapa* cv. Caisim), pakcoy (*Brassica rapa* cv. Pakcoy), kubis (*Brassica oleracea*), kangkung (*Ipomoea aquatic*), bayam (*Amaranth sp*), selada (*Lactuca sativa*), brokoli (*Brassica oleracea* cv. Brocoli). Seluruh benih tanaman disemai kecuali kangkung. Setelah bibit berumur 4 minggu dipindah tanamkan satu tanaman per polybag dan diletakkan di dalam rumah kaca. Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Pada umur 5 minggu tanaman dipanen dan ditimbang bobot basah dan bobot keringnya. Bobot kering tanaman selanjutnya dikorelasikan dengan konsentrasi P-tanah berdasarkan hasil analisis 5 pelarut yang diuji. Selanjutnya ditetapkan pelarut tersesuai yakni pelarut yang mempunyai nilai koefisien korelasi tertinggi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ekstrasi metode Bray 1 dapat mengekstrak P-tanah paling besar, yaitu antara 11,78–18,05 ppm, disusul oleh  $\text{NH}_4\text{OAc}$  antara 5,35–6,50 ppm, dan Mechlih 1 sebesar 3,85–4,08 ppm. Morgan menempati posisi ke-4 dalam kekuatan mengekstrak P dari koloid tanah Andisol yakni sebesar 3,23–3,60 ppm. Sedangkan HCl 25% merupakan pelarut terlemah yang dapat menarik P-tanah dari koloid tanah yakni antara 0,05–0,07 ppm. Peningkatan dosis aplikasi pupuk P seharusnya diikuti dengan kenaikan kandungan P-tanah, namun pada kenyataanya

terjadi penurunan di beberapa ekstraktant. Kemungkinan hal disebabkan oleh faktor inkubasi yang dilakukan hanya selama 3 bulan, padahal biasanya inkubasi pupuk P dilakukan selama 6 bulan. Kandungan P-tanah berdasarkan beberapa metode ekstraksi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1 Kandungan P-tanah terekstrak menggunakan beberapa pelarut pada berbagai tingkat aplikasi hara P yang diinkubasikan selama 3 bulan pada *Andisol* Cipanas

Dosis P (kg ha <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Bray -1	HCL25%	Morgan	Mehligh -1	NH4 OAc
	ppm -----				
0 (0X)	11,78	0,09	3,23	3,88	6,08
464,1 (1/4X)	15,53	0,07	3,28	4,08	6,13
928,2 (1/2X)	16,25	0,05	3,45	3,83	6,25
1392,2 (3/4X)	18,05	0,06	3,53	4,00	6,50
1856,3 (X)	12,15	0,06	3,60	3,85	5,35

Aplikasi pupuk P mulai dosis 0 hingga dosis 1856,3 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dapat meningkatkan bobot kering tanaman tomat, cabe, caisin, pakcoy, kubis, kangkung, selada, brokoli, akan tetapi terjadi penurunan pada bobot kering bayam. Peningkatan bobot kering terjadi sampai dosis 1392,2 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, setelah itu terjadi penurunan bobot kering pada saat dosis pupuk naik menjadi 1856,3 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabel 2).

Tabel 2 Berat kering setiap jenis tanaman pada berbagai tingkat aplikasi Hara P yang diinkubasikan selama 3 bulan pada *Andisol* Cipanas

Dosis P (kg ha <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Tomat	Cabe	Caisim	Pakcoy	Kubis	Kangkung	Bayam	Selada	Brokoli
	g -----								
0 (0X)	12,8	13,7	11,0	10,7	11,7	5,2	5,1	7,4	10,9
464,1 (1/4X)	14,8	16,2	13,6	13,1	12,9	5,3	4,0	9,9	12,2
928,2 (1/2X)	16,7	17,4	13,4	12,1	13,0	7,3	4,7	9,7	12,3
1392,2 (3/4X)	23,1	18,2	10,9	11,8	13,8	7,6	4,3	7,3	13,1
1856,3 (X)	18,5	18,9	9,9	11,1	16,7	6,5	3,8	6,2	16,0

Peningkatan kandungan P-tanah dengan meningkatnya dosis pupuk yang diinkubasikan pada beberapa metode analisis menunjukkan bahwa perlakuan inkubasi telah dapat membuat kisaran P yang cukup lebar untuk melakukan uji korelasi. Demikian juga peningkatan bobot kering ke sepuluh tanaman sayuran yang diuji dengan peningkatan aplikasi pupuk P menunjukkan bahwa pemilihan lokasi penelitian untuk Uji kalibrasi P telah sesuai. Respon peningkatan bobot

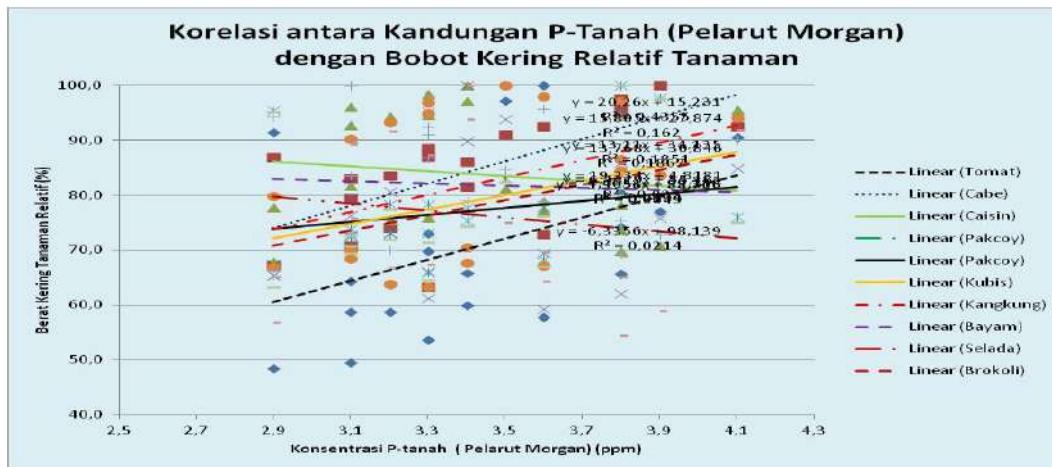
kering tanaman akibat perlakuan dosis P terjadi karena kondisi P tanah sangat rendah di lokasi percobaan.

Kuatnya suatu metode ekstraksi menarik hara P-tanah tidak menjamin adanya korelasi yang baik dengan pertumbuhan tanaman sayuran. Ekstraktant dikatakan baik apabila dapat menggambarkan perakaran tanaman mengekstrak hara dari koloid tanah yang tercermin dalam pertumbuhan tanaman atau bobot kering tanaman. Setiap tanaman mempunyai kemampuan yang berbeda dalam mengekstrak hara dari dalam tanah. Metode ekstraksi yang mempunyai korelasi yang baik dengan bobot kering tanaman merupakan metode yang cocok untuk tanaman tersebut. Dalam percobaan ini Pelarut Morgan memberikan koefisien korelasi tertinggi diantara metode lain yang diuji untuk semua jenis tanaman yang diuji, sehingga metode Morgan selanjutnya dapat dipakai untuk menganalisi kandungan P-tanah untuk kesembilan jenis sayuran pada tanah *Andisol*.

Seperti terlihat pada Tabel 3, metode Morgan untuk Uji P-tanah memiliki koefisien korelasi positif pada tomat (0,423); cabe (0,428); kubis (0,287); brokoli (0,265); caisim (0,465); pakcoy (0,318); selada (0,330); kangkung (0,287); dan bayam (0,319). Koefisien korelasi tertinggi terjadi pada tanaman tomat dan terendah terjadi pada tanaman Kangkung. Sementara itu korelasi antara konsentrasi P-tanah (Morgan) dengan bobot kering relatif beberapa jenis tanaman sayuran di *Andisol* disajikan pada Gambar 1.

Tabel 3 Koefisien korelasi antara konsentrasi p-tanah (ppm) dengan bobot kering tanaman relative (%) untuk beberapa jenis tanaman sayuran

Tanaman	Nama Latin	Koefisien Korelasi				
		P-Bray I	HCL	Morgan	Mechlich-1	NH <sub>4</sub> OAC
Tomat	<i>Lycopersicon esculentum</i>	0,075	-0,451	0,428	-0,052	-0,205
Cabe	<i>Capsicum anuum</i>	0,016	-0,387	0,423	-0,059	-0,243
Caisim	<i>Brassica rapa cv. Caisim</i>	0,085	-0,336	0,465	-0,004	-0,246
Pakcoy	<i>Brassiva rapa cv. Pakcoy</i>	0,079	-0,217	0,430	0,043	-0,287
Kubis	<i>Brassica oleracea</i>	-0,126	-0,242	0,318	-0,136	-0,219
Kangkung	<i>Ipomoea aquatica</i>	-0,129	-0,277	0,287	-0,239	-0,151
Bayam	<i>Amaranth sp.</i>	-0,048	-0,281	0,319	-0,140	-0,185
Selada	<i>Lactuca sativa</i>	0,025	-0,315	0,330	-0,121	-0,216
Brokoli	<i>Brassica oleracia cv. Brocoli</i>	-0,019	-0,230	0,265	-0,038	-0,244



Gambar 1 Korelasi antara konsentrasi P-tanah (Morgan) dengan bobot Kering relative beberapa jenis tanaman sayuran di *Andisol*.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah analisis P-tanah yang akan digunakan untuk memprediksi rekomendasi pemupukan tanaman tomat, cabe, kubis, brokoli,caisim, pakcoy, selada, kangkung dan bayam di *Andisol* dapat dipakai pelarut Morgan ( $0,72\text{ N NaOAc} + 0,52\text{ N CH}_3\text{COOH}$ ).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberi dana untuk penelitian ini dalam program Penelitian Mandat Pusat, BOPTN melalui dana DIPA Institut Pertanian Bogor Tahun Anggaran 2013 kode MAK : 2013.089.521219.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chang J, Clay DE, Carlson CG, Reese CL, Clay SA, Ellsbury MM. 2004. Defining yield goals and management zones to minimize yield and nitrogen and phosphorus fertilizer recommendation errors. *Agronomy Journal*. 96:825–831.
- Dobermann A, George T, Thevs N. 2002. Phosphorus fertilizer effects on soil phosphorus pools in acid upland soils. *Soil Science Society of American Journal*. 66(2):652–660.

- Daniels M, Daniel T, VanDevender K. 2008. Soil Phosphorus Levels: Concerns and Recommendations. The University of Arkansas Cooperative Extension Service. <http://www.uaex.edu>.
- Evans C E. 1987. Soil Test Calibration. Madison Special Publication no. 21. Hal 23–39.
- Horta MC, Torrent J. 2007. The Olsen P methods as an agronomic and environmental test for predicting phosphate release from acid soil. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 77:283–292
- Johnson GV, Issac RA, Donohue SJ, Tucker MR, Woodruff JR. 1984. Procedure used by state soil testing laboratories in the southern region of the United States, USA. *Southern Crop Ser. Bull.* Oklahoma Stae University. 190:16
- Kelling KA, Bundy LF, Combs SM, Peters JB. 1998. Soil test recommendation for field, vegetable, and fruit crops. Cooperative Extention-University of Wisconsin-Extention. <http://uwex.edu/ces/pubs/>.
- Kettering QM, Barley P. 2010. Phosphorus soil testing methods. Nutrient Management Spear Program.Cornell University Cooperative Extension. Agronomy Fact Sheet Series No.15.
- Kidder G, Hanlon EA, Yeager TH, Miller GL. 2003. IFAS Standardized Fertilization Recommendations for Environmental Horticulture Crops1. IFAS Extention, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Peck TR, Soltanpour PN. 1990. The principle of soil testing, In: Walsh and, Barret JM (1997). *Methods of soil Analysis 3.Chemical Methods*. Madison. Wisconsin. USA:SSSA and American Soc.Agr.
- Sawyer JE, Mallarino AP. 1999. Differentiating and understanding the Mehlich 3, Bray, and Olsen soil phosphorus tests. Presented at the 19th Annual Crop Pest Management Short Course, University of Minnesota, November 22, 1999, St. Paul, Minnesota.
- Susila AD, Kartika JG, Prasetyo T, Palada M. 2010. Fertilizer Reccomendation: Correlation and Calibration Study of soil P Test for Yard Long Bean (*Vigna unguilata* ). Jurnal agronomi Indonesia 38(3): 52-64.
- Warncke D, Dahl J, Jacobs L, Laboski C. 2004. Nutrient Recommendation for Field Crop in Michigan. Extension Bulletin E 2904. Michigan State University: 3.

**KARAKTERISASI DAN HIBRIDISASI BEBERAPA GENOTIPE BUNCIS  
DATARAN RENDAH-MENENGAH UNTUK PEMULIAAN KE  
ARAH PEMBENTUKAN VARIETAS UNGGUL IPB**  
(Characterization and Hybridization Genotypes of  
Common Beans on Low-Medium Land for Breeding Establishment of IPB  
Variety Superior)

**Heni Purnamawati, Willy Bayuardi, Endang Gunawan, Heri Harti**  
Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT), LPPM IPB

**ABSTRAK**

Penelitian dilaksanakan untuk mengantisipasi meningkatnya permintaan akan buncis yang termasuk salah satu komoditas sayuran yang dikonsumsi sebagai sumber protein nabati. Terbatasnya lahan pertanian di dataran tinggi mendorong perluasan penanaman buncis di dataran menengah atau rendah. Adanya penurunan produksi mengakibatkan perlunya menyediakan varietas buncis yang adaptif pada kondisi agroklimat dataran rendah-menengah. Serangkaian penelitian disusun ke arah pembentukan varietas unggul buncis baru yaitu 1) identifikasi dan karakterisasi genotipe dari koleksi plasma nutfah, 2) pembentukan populasi dasar baru yang memiliki keragaman luas, 3) persilangan untuk membentuk varietas buncis hibrida dan menyerbuk terbuka (OP) yang adaptif dengan kondisi agroklimat Indonesia terutama dataran menengah dan rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari beberapa genotipe buncis, serta memperoleh hasil persilangan diantaranya. Berdasarkan karakter morfologi dan pertumbuhan tanaman diperoleh 9 asesi yang adaptif di dataran rendah-menengah yaitu phtb1, phtb2, phtb4, phtb5, phtb6, phtb7, phtb9, phtb11 dan phtb12. Dari 9 asesi yang adaptif diseleksi 4 asesi yaitu phtb1, phtb7, phtb11 dan phtb12 sebagai bahan pembentukan populasi dasar untuk pengembangan varietas unggul buncis adaptif dataran rendah-menengah.

Kata kunci: Buncis, pemuliaan, karakterisasi, varietas unggul.

**ABSTRACT**

The research was conducted in anticipation of increasing demand for common beans as a source of vegetable protein. Limited of agricultural land in the highlands caused the expansion of common beans production to medium-or low land. The common bean varieties that have high productivity and adaptive in medium and low land was needed. A series of studies was compiled to improve a new common bean high yielding varieties, namely 1) identification and characterization of genotypes from the germplasm collection, 2) establishment of a new base population that has a broad diversity, 3) crosses to form bean varieties of hybrid and open-pollinated (OP) which is adaptive to medium and low land. This study aims to investigate the characteristics of some common bean genotypes and gain new genotype from crossing on each other. Based on morphological characteristics and gained 9 genotype common beans which adaptive in medium and low land, that was phtb1, phtb2, phtb4, phtb5, phtb6, phtb7, phtb9, phtb11 and phtb12. four genotype ie, phtb1, phtb7, phtb11 and phtb12 were selected as base population to improve new varieties of medium-lowland green bean.

Key words: Common bean, breeding, characterization, superior varieties.

## PENDAHULUAN

Buncis merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat penting. Sebagai komoditas dunia, buncis termasuk salah satu komoditas sayuran yang konsumsi sebagai sumber protein nabati. Walaupun kandungan proteininya tidak setinggi bentuk polong keringnya, namun masih lebih tinggi dibandingkan sayuran lainnya. Kandungan dan komposisi gizi polong buncis per 100 gram (IPGRI, 2003) adalah 35,00 kal kalori; 2,40 g protein; 0,20 g lemak; 7,70 g karbohidrat; 0,60 mg abu; 65,00 mg Ca; 48,00 P dan 1,00 mg Fe. Selain sumber protein nabati, buncis bagus dikonsumsi oleh penderita diabetes karena mampu menurunkan gula darah ke tingkat normal.

Konsumsi buncis di Indonesia setiap tahunnya masih rendah yaitu sekitar 1.08 kg/kapita. Konsumsi buncis diprediksikan terus meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat untuk mengkonsumsi makanan bergizi tinggi dan cukup serat. Selain untuk kebutuhan dalam negeri, buncis banyak diminati oleh pasar luar negeri. Jepang dan Singapura merupakan negara Asia yang membutuhkan pasokan buncis beku secara kontinyu dalam jumlah yang tinggi. Dalam sepuluh tahun terakhir, permintaan buncis beku dari negara Jepang adalah 400 ton/bulan dan Singapura sebanyak 100 ton/bulan. Volume ekspor buncis dari Indonesia baru dapat memenuhi 5-7% nya saja, yaitu 5–10 ton/bulan. Peningkatan permintaan konsumsi buncis dalam negeri dan masih tingginya kekurangan ekspor buncis ke luar negeri perlu diantisipasi dan diimbangi dengan suplai yang cukup. Permasalahannya adalah produksi nasional buncis di Indonesia masih rendah. Salah satu penyebab masih rendahnya produksi buncis di indonesia adalah terbatasnya luas area penanaman dan masih rendahnya produktivitas buncis di sentra produksi. Produktivitas buncis nasional masih sangat rendah berturut-turut dari tahun 2005 – 2010 adalah 5,67; 5,39; 5,34; 5,33; 5,82 dan 6,73 ton/ha (Deptan, 2011), sedangkan potensi produktivitas dari varietas buncis yang ada antara 20-25 ton polong basah/ha.

Umumnya di Indonesia, buncis diproduksi di sentra-sentra sayuran dataran tinggi. Saat ini lahan di dataran tinggi semakin terbatas dan cenderung berkurang karena bersaing dengan penanaman sayuran dataran tinggi lainnya. Selain itu

adanya larangan penanaman tanaman non kayu di daerah konservasi karena umumnya dataran tinggi di Indonesia merupakan kaki dan lereng pegunungan. Salah satu upaya perluasan penanaman buncis baru adalah menanam di dataran menengah atau rendah. Permasalahan lainnya yang muncul adalah tidak semua varietas buncis mampu berproduksi secara optimal dan secara kualitas tidak sebaik buncis yang ditanam di dataran tinggi.

Di sebagian sentra produksi tertentu terdapat jenis buncis yang produktivitasnya mendekati potensi genetiknya namun jika ditanam di daerah lain terutama dataran yang lebih rendah, produktivitas dan kualitasnya menjadi menurun. Belum lagi, varietas buncis unggul tertentu yang kualitas polongnya sesuai dengan spesifikasi ekspor keberadaan benihnya terbatas dan kalaupun tersedia harganya cukup mahal karena harus diimpor.

Dengan mencermati kenyataan yang ada, disadari bahwa kegiatan pemuliaan tanaman buncis sangatlah diperlukan untuk dapat menghasilkan varietas-varietas unggul baru yang dapat menjadi *trend-setter* dan adaptif di dataran menengah dan rendah. Pilihan konsumen pada suatu tipe buncis yang memiliki karakteristik tertentu dapat menjadi masukan bagi pemulia untuk mempertajam arah programnya. Melalui pendekatan pemuliaan berdasarkan keinginan pasar (*market-driven breeding approach*), diharapkan hasilnya akan menguntungkan petani, konsumen, dan industri benih.

Dalam kaitannya dengan ketersediaan benih dan peningkatan kualitas polong basah, hasil-hasil pemuliaan buncis diharapkan dapat: (a) mengurangi ketergantungan pasokan (*supply*) benih pada negara lain serta menjamin ketersediaan dan kontinuitas pasokan benih, (b) memungkinkan adanya benih yang harganya lebih murah dan (c) memperoleh produktivitas dan kualitas buah yang lebih baik, karena varietasnya lebih adaptif dengan kondisi agroklimat di Indonesia.

Sejak Pusat Kajian Buah Tropika (PKBT) LPPM IPB berkembang menjadi Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT) pada awal tahun 2012, kewenangan dan tanggung jawab *core* penelitian institusi/lembaga bertambah ke komoditas hortikultura lainnya yaitu sayuran. Komoditas buncis menjadi salah satu prioritas

pengembangan varietas sayuran di PKHT selain sayuran penting lainnya yaitu tomat, cabe dan terong.

Serangkaian kegiatan pemuliaan tanaman buncis dilakukan ke arah pembentukan varietas unggul baru. Sejumlah genotipe buncis hasil eksplorasi dari berbagai lokasi telah terkumpul sebagai koleksi plasma nutfah buncis PKHT. Untuk menghasilkan varietas buncis unggul baru, perlu dilakukan serangkaian penelitian yaitu 1) identifikasi dan karakterisasi genotipe dari koleksi plasma nutfah, 2) pembentukan populasi dasar baru yang memiliki keragaman luas, dan 3) persilangan untuk membentuk varietas buncis hibrida dan menyerbuk terbuka (OP) yang adaptif dengan kondisi agroklimat Indonesia terutama dataran menengah dan rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari beberapa genotipe buncis, serta memperoleh hasil persilangan diantaranya. Penelitian ini merupakan tahap awal dari kegiatan pemuliaan ke arah pembentukan varietas unggul buncis baru baik hibrida maupun menyerbuk terbuka (OP) yang adaptif dataran menengah dan rendah.

## METODE PENELITIAN

Kegiatan pengembangan varietas buncis dalam rangka meningkatkan daya saing produk hortikultura Indonesia dilakukan di Kebun Percobaan Pusat Kajian Buah Tropika IPB dan lahan petani di Kabupaten Bogor Jawa Barat. Kegiatan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

### Karakterisasi Genotipe Buncis Hasil Eksplorasi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 12 genotipe buncis, yang terdiri dari varietas hibrida F1, turunan dari varietas hibrida F1 (F2) dan varietas menyerbuk terbuka (*open-pollinated variety*). Pengolahan tanah dilakukan dengan peralatan pertanian konvensional. Untuk hibridisasi, digunakan pinset dan alumunium foil. Untuk menyimpan bunga jantan digunakan termos es. Untuk pengamatan, digunakan meteran, jangka sorong, timbangan kasar, dan *hand refractometer* untuk mengukur kandungan padatan terlarut total pada polong.

## Seleksi Genotipe Buncis Hasil Karakterisasi

Bahan yang digunakan adalah nomor genotipe buncis yang telah terseleksi awal dari kegiatan karakterisasi. Tanaman yang akan diseleksi ditanam pada lingkungan dataran rendah dan menengah sehingga diperoleh genotipe yang mampu tumbuh dan berproduksi optimal di lingkungan tersebut. Seleksi ini ditujukan untuk mendapatkan calon varietas komersial yang sesuai untuk lingkungan dataran rendah-menengah.

## Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak faktor tunggal dengan empat ulangan. Analisis data dilakukan dengan bantuan software SAS v9.0, SPSS v11.5, dan MS Excel 2003, meliputi:

1. Sidik ragam, untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan diantara genotipe yang dievaluasi. Jika terdapat beda nyata, dilakukan uji perbandingan nilai tengah dengan metode Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.
2. Sidik gerombol (*cluster analysis*), untuk mengetahui tingkat kemiripan atau perbedaan diantara genotipe yang dievaluasi.

## Pelaksanaan Percobaan

Lahan percobaan diolah dan dibentuk bedengan-bedengan, diberi pupuk dasar, kemudian ditutup mulsa. Benih ditanam dengan cara ditugal ke masing-masing lubang tanam. Bibit ditanam dengan jarak 40 cm x 50 cm. Pemasangan ajir (turus bambu) dilakukan pada 5 hari setelah tanam. Ajir dipasang di setiap lubang dan tanaman diikat pada ajir tersebut. Pengikatan pertama dilakukan pada 10 hari setelah tanam.

Pemupukan susulan berupa NPK 16:16:16 diberikan tiga kali, yakni ketika tanaman berumur 14; 25; 35; hari, dengan dosis masing-masing 10; 20; dan 20 g/liter, diaplikasikan sebanyak 200 ml larutan pupuk per tanaman. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara kimiawi melalui penyemprotan insektisida, fungisida, dan bakterisida. Hibridisasi (persilangan) dilakukan dengan melakukan emaskulasi (pembuangan benang sari) pada bunga hermaprodit diantara ruas ke-9 sampai ke-14. Bunga yang telah diemaskulasi ditutup pada sore

hari, kemudian diserbuki dengan serbuk sari dari genotipe lain pada keesokan paginya. Pemanenan dilakukan ketika polong telah masak fisiologis.

## Pengamatan

Pengamatan dilakukan saat menjelang panen pada lima tanaman contoh yang dipilih secara acak pada tiap satuan percobaan. Karakter-karakter yang diamati meliputi:

1. Tipe pertumbuhan tanaman: 1=semak, 2=merambat
2. Diameter batang (cm)
3. Warna batang: 1=hijau, 2=coklat, 3=kehijauan
4. Ukuran daun: 1=kecil, 2=besar
5. Bentuk daun
6. Warna daun: 1=hijau muda, 2=hijau, 3=hijau tua
7. Permukaan daun: 1=mengkilap, 2=suram, 3=kasap, 4=berkerut, 5=berbulu, 6=bersisik, 7=berlilin
8. Umur mulai berbunga (HST)
9. Warna dan jumlah bunga/tanaman
10. Umur mulai panen polong muda (HST)
11. Jumlah polong total/tanaman
12. Umur mulai panen polong/biji kering (HST)
13. Bentuk polong: 1=bulat, 2=pipih
14. Panjang polong (cm)
15. Diameter polong (cm)
16. Warna kulit polong muda: 1=hijau, 2= hijau tua, 3=kuning, 4=ungu, 5=multiwarna
17. Tekstur polong: 1=halus tak berserat, 2=berserat halus, 3=berserat kasar, atau 1=lembut, 2=sedang, 3=crispy
18. Rasa polong muda: 1=hambar, 2=manis
19. Padatan terlarut total polong (%Brix)
20. Bobot polong (kg)
21. Jumlah biji: 1= tiga, 2=lima, 3= >lima
22. Bentuk biji: 1=bulat, 2=obicular, 3=bulat telur, 4=lonjong, 5=ginjal
23. Warna kulit biji: 1=putih, 2=hitam, 3=merah, 4=kuning, 5=putih-hitam, 6=putih-merah

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengembangan Koleksi Plasma Nutfah Buncis Dataran Menengah-Rendah

Kegiatan pengembangan koleksi plasma Buncis dataran menengah – rendah di PKHT IPB sudah dilakukan sejak 2 tahun yang lalu. Jumlah koleksi buncis yang sudah dimiliki PKHT IPB baru berjumlah 7 asesi yang berasal dari dalam dan luar negeri. Namun demikian untuk melengkapi koleksi asesi plasma nutfah dilakukan kegiatan eksplorasi di berbagai sentra produksi buncis lainnya.

Kegiatan eksplorasi dilakukan sejak minggu ke-2 bulan Juni 2013. Eksplorasi ini dilakukan untuk menambah koleksi plasma nutfah genotipe buncis yang sudah terkumpulkan di tahun-tahun sebelumnya. Kegiatan eksplorasi dilakukan di sentra produksi buncis wilayah Bogor, Sukabumi, Cianjur, Lembang dan Garut. Selain itu juga ada asesi buncis yang berasal dari Jawa Timur. Jumlah koleksi buncis saat ini berjumlah 27 asesi. Dari hasil eksplorasi tahap pertama tersebut diperoleh tambahan 3 genotipe buncis yang ditanam di sentra produksi sayuran pada ketinggian 400–600 m dpl.

Sebagian koleksi yaitu sebanyak 12 asesi sudah ditanam dan diamati karakterisasinya. Sebagian koleksi akan ditanam dan diamati karakterisasinya pada tahun kedua penelitian. Koleksi yang ditanam adalah buncis dengan kode phtB 1 sampai phtB 12. Buncis tersebut berasal dari luar negeri yaitu 3 asesi (Taiwan dan Jepang), 9 asesi berasal dari eksplorasi dalam negeri yaitu Bogor, Garut, Ciamis, Cipanas, Malang dan Jember.

### Karakterisasi dan Evaluasi Hasil Seleksi Plasma Nutfah

Karakterisasi dan seleksi plasma nutfah dimulai dengan kegiatan penanaman koleksi di lapangan. Lahan percobaan diolah dan dibentuk bedengan-bedengan, diberi pupuk dasar SP-36, kemudian ditutup mulsa.

Lahan yang sudah ditutup mulsa dibiarkan selama dua hari. Benih ditanam dengan cara ditugal ke masing-masing lubang tanam dengan jumlah 2–3 benih per lubang. Jarak tanam yang digunakan adalah 30 x 50 cm. Pada tahap kegiatan ini, jumlah genotipe yang di karakterisasi sebanyak 12 asesi yang berasal dari koleksi

plasma nutfah PKHT IPB ditambah dengan asesi baru hasil eksplorasi tahap I. Masing-masing asesi terdiri dari 4 ulangan.

Pemasangan ajir (turus bambu) dilakukan pada 5 hari setelah tanam. Ajir dipasang di setiap lubang dan selanjutnya tanaman diikat pada ajir tersebut. Tanaman diikat apda ajir pada umur 10 hari setelah tanam. Pemupukan susulan berupa NPK 16:16:16 diberikan tiga kali, yakni ketika tanaman berumur 14; 25; 35 hari, dengan dosis masing-masing 10; 20; dan 20 g/liter, diaplikasikan sebanyak 200 ml larutan pupuk per tanaman. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara kimiawi melalui penyemprotan insektisida, fungisida, dan bakterisida

Pengamatan karakteristik tanaman dimulai pada saat tanaman sudah berbunga. Dari 12 asesi yang ditanam hanya 9 asesi yang tumbuh dengan baik. 3 asesi tidak tumbuh yaitu asesi phtB3 (asal Taiwan), phtB8 dan phtB10 (asal Garut). Koleksi tanaman buncis yang tumbuh dengan baik adalah phtB1 (asal Taiwan), phtB2 (asal Jepang), phtB 4, 6 dan 7 (Asal Bogor), phtB 5 (asal Jember), phtB9 (asal Ciamis), phtB11 (asal Cipanas) dan phtB12 (asal Malang). Asesi phtB4, phtB5, phtB7, phtB9 memang berasal dari dataran rendah-menengah sehingga dapat beradaptasi dengan baik di lokasi pertanaman Tajur, Bogor. Namun, koleksi buncis yang berasal dari daerah dataran tinggi yaitu koleksi phtB6, phtB11 dan phtB12 juga dapat tumbuh baik di daerah dataran rendah-menengah (Tajur). Bahkan asesi yang berasal dari luar juga menunjukkan pertumbuhan yang cukup baik. Data karakteristik vegetatif dan generatif tanaman dapat dilihat pada Tabel 1. Ada 26 karakteristik tanaman yang diamati yaitu karakteristik vegetatif generatif, padatan total terlarut, kadar air dan produksi.

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dari 9 asesi yang ditanam, 8 asesi menunjukkan tipe pertumbuhan tanaman merambat indeterminate dan 1 asesi dengan tipe pertumbuhan tanaman tegak (semak) determinate (Gambar 1). Buncis merambat memiliki tinggi lebih dari 2 m, sementara yang semak kurang dari 0,5 m. Diameter batang berkisar antara 0.65–0.89 mm. Diameter batang terendah dimiliki oleh asesi phtB6 dan tertinggi asesi phtB11. Warna batang hijau dimiliki 6 asesi dan warna batang coklat oleh 3 asesi (Gambar 2). Semua ukuran daun

buncis dengan tipe merambat indeterminate besar, sedangkan yang semak determinate kecil. Semua asesi buncis yang ditanam memiliki bentuk daun menyirip. Asesi phtB1, phtB2, phtB6, phtB7 dan phtB11 memiliki warna daun hijau dan asesi phtB4, phtB5 dan phtB12 memiliki warna hijau tua. Delapan asesi mempunyai permukaan daun kasap, dan 1 asesi yaitu phtB11 mempunyai permukaan daun berbulu.



Gambar 1 Tipe pertumbuhan tanaman buncis. Merambat (kiri) dan tegak (kanan).



Gambar 2 Warna batang a. hijau, b. coklat.

Tabel 2 Data karakteristik 9 asesi tanaman Buncis

Karakteristik	Nilai/Akses							
	phtB1	phtB2	phtB4	phtB5	phtB7	phtB9	phtB11	phtB12
Tipe pertumbuhan tanaman (1=determinate, 2=indeterminate)	2	2	2	2	2	2	1	2
Tinggi tanaman (cm)	217.54	261.33	271.35	283.1	292.15	205.68	199.95	42.83
Diameter batang (cm)	0.71	0.85	0.71	0.71	0.65	0.81	0.82	0.89
Warna batang (1=hijau, 2=coklat, 3=kehijauan)	2	1	2	2	2	2	1	0.74
Ukuran daun (1=kecil, 2=besar)	2	2	2	2	2	2	1	1
Bentuk daun	menyirip	menyirip	menyirip	menyirip	menyirip	menyirip	menyirip	menyirip
Warna daun: 1=hijau muda, 2=hijau, 3=hijau tua	2	2	3	3	2	2	1	2
Permukaan daun: 1=mengkilap, 2=suram, 3=kasap, 4=berkerut, 5=berbulu, 6=bersisik, 7=berlilin	3	3	3	3	3	3	5	3
Umur mulai berbunga (HST)	33	32	30	30	35	37	33	35
Warna bunga	ungu	ungu	ungu	ungu	ungu	ungu	ungu	putih
Umur mulai panen polong muda (HST)	47	49	44	44	49	49	47	49
Jumlah polong total/tanaman	72	63	61	70	58	62	57	60
Umur mulai panen polong/biji kering (HST)	62	62	59	59	61	61	61	59
Bentuk polong: 1=bulat, 2=pipih								
Panjang polong(cm)	14.89	0.00	16.30	16.01	0.00	16.20	14.23	14.53
Diameter polong (cm)	0.74	0.00	0.87	1.74	0.00	0.85	0.81	0.70
Warna kulit polong muda: 1=hijau, 2=hijau tua, 3=kuning, 4=ungu, 5=multiwarna	1	1	1	1	1	1	2	1
Tekstur polong 1=halus tak berserat, 2=berserat halus, 3=berserat kasar	3	3	3	3	3	3	3	3

Tabel 2 Lanjutan

Karakteristik	Nilai/Aksesi					
	phtB1	phtB2	phtB4	phtB5	phtB7	phtB9
Rasa polong muda (1 = hambar, 2 = manis)	2	1	1	1	2	1
Padatan terlarut total polong (%Brix)	6.60	4.57	4.20	3.17	3.57	5.10
Bobot polong (g)	11.8	10	13.4	13.2	10.4	10.6
Jumlah biji	9	7	7	9	6	9
Bentuk biji (1 = bulat, 2=obicular, 3= bulat telur, 4= lonjong, 5 = ginjal)	5	5	5	5	5	5
Warna kulit biji 1=putih, 2=hitam, 3=merah, 4=kuning, 5=putih-hitam, 6= putih merah)	2	2	2	2	2	2
Bobot polong per tanaman (kg)	1960.35	989	1649.15	1735.4	1139.3	1203.7
Kadar Air (%)	89.27	92.3	85.75	92.4	90.68	87.13

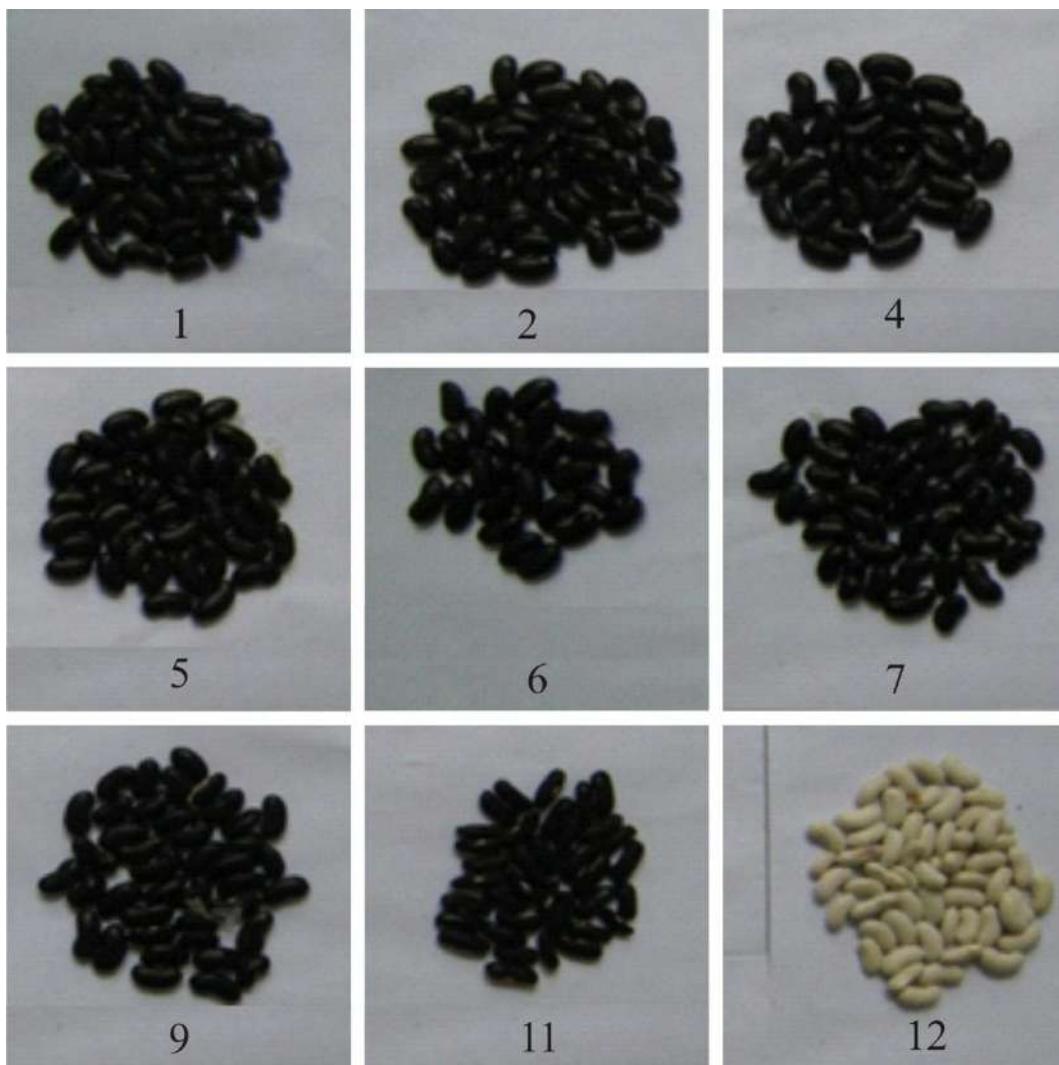
Tanaman mulai berbunga pada umur 30 hari setelah tanam yaitu asesi phtB4, phtB5 dan phtB 11. Asesi phtB7 mulai berbungaan paling lama yaitu 37 hari setelah tanam. Semua asesi memiliki warna bunga ungu, kecuali asesi phtB12 dengan bunga berwarna putih.

Umur panen polong muda mulai 44–49 hari setelah tanam. Jumlah polong total per tanaman berkisar antara 58–73 hari setelah tanam. Asesi phtB6 panen memiliki jumlah polong lebih sedikit dan asesi phtB1 memiliki jumlah polong lebih tinggi. Delapan asesi memiliki warna kulit muda hijau dan 1 asesi yaitu phtB11 memiliki warna polong muda hijau tua. Semua asesi memiliki tekstur polong berserat kasar. Tiga asesi memiliki rasa polong muda manis (phtB1, phtB7 dan phtB11), sementara asesi lainnya memiliki rasa polong muda hambar. Nilai padatan total terlarut (PTT) berkisar antara 3,7–7,13<sup>0</sup>brix. Asesi yang memiliki nilai PTT tinggi adalah phtB11, phtB7, phtB 1 dan phtB 12.

Produktivitas tanaman dapat dilihat dari bobot polong dan jumlah biji. Bobot polong berkisar antara 6,4–13,4. Bobot polong paling rendah dimiliki oleh asesi phtB9 dan phtB11. Sementara bobot polong tertinggi oleh dimiliki phtB5. Bobot polong per tanaman tertinggi dimiliki oleh asesi phtB1, phtB12, phtB 5 dan phtB 4. Berdasarkan data karakteristik tanaman maka asesi yang potensial dikembangkan di dataran rendah-menengah adalah phtB1, phtB7, phtB11 dan phtB12.

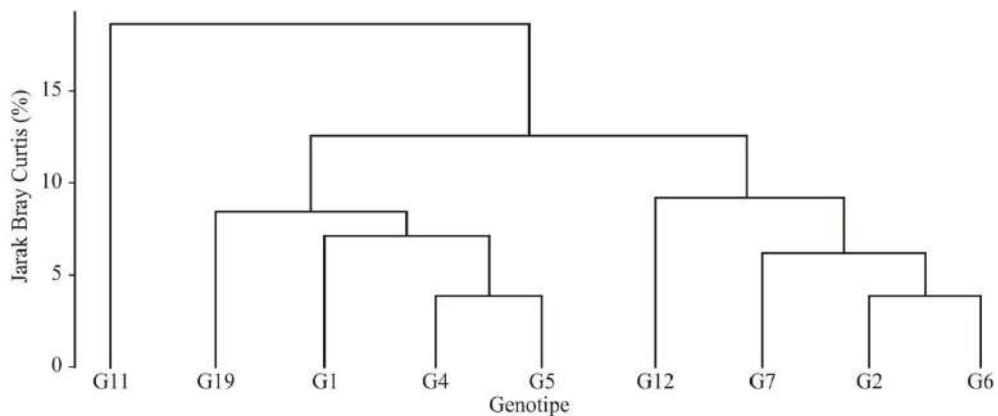


Gambar 3 Bentuk biji 9 asesi buncis.



Gambar 4 Warna kulit biji 9 asesi buncis.

Dari data karakteristik tanaman dapat dibuat sidik gerombol (*cluster analysis*), untuk mengetahui tingkat kemiripan atau perbedaan diantara genotipe yang dievaluasi (Gambar 5).



Gambar 5 Dendogram yang menunjukkan jarak genetik antar sembilan genotipe buncis berdasarkan 23 karakter morfologi.

Gambar 5 menunjukkan hasil analisis gerombol yang dibuat dengan informasi jarak Bray-Curtis antar sembilan genotipe buncis yang dievaluasi. Pembuatan dendrogram dilakukan dengan metode keterpautan rata-rata (*average linkage*). Pada tingkat perbedaan sekitar 10% terdapat tiga kelompok genotipe buncis. Kelompok 1 hanya berisi genotipe G11, kelompok 2 beranggotakan G9; G1; G4; dan G5, sedangkan kelompok 3 berisi G12; G7; G2; dan G6. Dalam penelitian berikutnya, persilangan dapat dirancang untuk dilakukan antar gerombol untuk mendapatkan keragaman yang cukup besar pada generasi F<sub>2</sub>, sebagai modal dasar untuk melakukan seleksi untuk merakit varietas buncis baru. Lebih lanjut, G11 terlihat paling berbeda dengan genotipe-genotipe lainnya, sehingga genotipe tersebut diduga berpotensi luas untuk dijadikan sebagai salah satu tetua persilangan untuk membangkitkan keragaman.

## KESIMPULAN

Berdasarkan karakter morfologi dan pertumbuhan tanaman diperoleh 9 asesi yang adaptif di dataran rendah-menengah yaitu phtB1, phtB2, phtB4, phtB5, phtB6, phtB7, phtB9, phtB11 dan phtB12. Dari 9 asesi yang adaptif diseleksi 4 asesi yaitu phtB1, phtB7, phtB11 dan phtB12 sebagai bahan pembentukan populasi dasar untuk pengembangan varietas unggul buncis adaptif dataran rendah-menengah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan pada saudara Rizal Mahdi, Yoga Santoso dan segenap petugas kebun percobaan PKHT Tajur yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Deptan. 2011. Basis data Produksi Tanaman Pangan dan Hortikultura. Pusat Data dan Informasi Pertanian. [www.deptan.go.id](http://www.deptan.go.id). [Oktober 2012].

- IPGRI. 2003. Descriptors for Green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Robinson RW. 2000. Rational and Method for Producing Hybrid Cucurbit Seed. In: Basra, A. S. (eds). Hybrid Seed Production in Vegetable: Rational and Method in Selected Crops. The Haworth Press, Inc. New York. 135p.
- Singh, SP, Gepts P, Debouck DG. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. Fabaceae). Econ. Bot. 46, 379-396.

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

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

**Ketty Suketi, M. Rahmad Suhartanto, Anna Fariyanti**  
Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT), LPPM IPB

**ABSTRAK**

Kegiatan optimalisasi *technology services* dalam pengembangan wirausaha benih dan bibit pepaya yang dicapai PKHT-IPB pada tahun 2013 adalah: (1) Pengembangan varietas unggul yang terdiri dari kebun koleksi plasma nutfah pepaya di kebun Tajur dan Pasirkuda, serta calon varietas unggul. (2). Diseminasi dan komersialisasi produk hasil inovasi yaitu benih dan bibit pepaya (varietas: Arum Bogor, Carisy, Callina dan Sukma) melalui: pendampingan serta monitoring kepada kelompok tani pepaya di Cicurug dan Parakansalak Sukabumi dan kelompok tani pepaya Lembu Purwo dan Tambak Mulyo Kebumen. (3) Diseminasi melalui: Program KKP Tematik Faperta IPB dan Gelar Teknologi Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB. (4) Pelatihan teknologi produksi dan pasca panen yang terdiri dari teknologi pembibitan, budidaya dan pengendalian hama penyakit terpadu (PHT) di PTPN VIII Jawa Barat. (5) *Updating* data website PKHT. (6) Penyempurnaan SOP Produksi Pepaya dan Modul Pelatihan. Keluaran dari kegiatan ini adalah sumber daya genetik sebagai sumber bahan varietas unggul buah pepaya koleksi PKHT-IPB tetap dikelola dengan baik, serta diseminasi dan komersialisasi produk hasil inovasi PKHT-IPB melalui kerjasama dengan mitra, sehingga bermanfaat bagi petani, pengusaha dan masyarakat Indonesia.

Kata kunci: Benih unggul, diseminasi, komersialisasi, pengelolaan kebun, plasma nutfah.

**ABSTRACT**

PKHT-IPB has been successful in optimizing the technology services provided for business development of papaya seeds and seedlings in 2013: (1) Development of superior varieties, including development of papaya germplasm collection at Tajur and Pasirkuda research station and candidates of superior papaya hybrid and ‘Ponti’; (2) Dissemination and commercialisation of the newly developed varieties (Arum Bogor, Carisy, Callina and Sukma) to papaya farmer groups in Cicurug and Parakansalak at Sukabumi, and Lembu Purwo and Tambak Mulyo at Kebumen through close supervision and monitoring; (3) Dissemination of the newly developed varieties through KKP Tematik Program of Faculty of Agriculture, IPB, and through Technology Exhibition at Department of Agronomy and Horticulture, IPB; (4) Training in Production and Postharvest Technology that includes nursery and production technology and integrated plant protection, conducted at PTPN VIII West Java; (5) Updating PKHT website; (6) Revision of Papaya Production SOP and Training Modules. Two important outcomes of the program are the genetic diversity as a genetic resource for the development of superior papaya varieties is well-managed; and dissemination and commercialization of PKHT-IPB innovation through development of linkages will benefit the farmers, industry and the wider Indonesian community.

Keywords: Superior seeds, dissemination, commercialization, orchard management germplasm.

## PENDAHULUAN

Pusat Kajian Hortikultura Tropika - LPPM IPB telah menghasilkan produk varietas unggul dan jasa pelayanan berbasis teknologi inovasi hasil penelitian pada komoditi pepaya berdasarkan kriteria permintaan pasar. Varietas tersebut adalah pepaya varietas Carisya, Callina dan Sukma (PKBT 2003, Rusnas 2009). Menurut Sujiprihati dan Suketi (2010) karakter varietas unggul pepaya yang diinginkan oleh pasar yaitu: karakter pohon yang rendah (*dwarf*), masa pembungaan cepat, produktivitas 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.

Berdasarkan data 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 (PHT), panen dan pascapanen hingga teknik pemasaran yang tepat.

Beberapa capaian PKHT-IPB yang utama pada komoditi pepaya adalah berupa: (1) Pengembangan varietas unggul yang terdiri dari kebun koleksi plasma nutfaf pepaya yang berada di kebun Tajur (varietas Carisya, Callina) dan Pasirkuda (varietas Sukma), dan calon varietas unggul lainnya; (2) Teknologi produksi dan pasca panen yang terdiri dari teknologi pembibitan, budidaya dan pengendalian hama penyakit terpadu.

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, Nurmaliha *et al.* 2010). 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 dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Diseminasi produk hasil inovasi berupa: (a) benih varietas unggul dan (b) teknologi budidaya berbasis SOP.
2. Komersialisasi benih dan bibit pepaya Carisya, Callina dan Sukma yang menurut Suketi *et al.* (2010) dan Suketi (2011) pepaya Carisya (IPB 3) dikategorikan untuk pepaya ukuran buah/tipe kecil, pepaya Callina (IPB 9) untuk ukuran buah/tipe sedang dan pepaya Sukma (IPB 6) untuk ukuran buah/tipe besar.

Tujuan kegiatan PPM pada tahun kedua (2013) adalah untuk melanjutkan diseminasi dan komersialisasi produk hasil inovasi yaitu benih dan bibit pepaya (varietas: Carisya, Callina dan Sukma) serta penerapan teknologi budidaya buah berbasis SOP di berbagai mitra untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas buah pepaya. Kegiatan penelitian ini secara umum diharapkan dapat memberikan manfaat kepada petani pepaya, penangkar benih dan industri pengolahan pepaya. Ketersediaan buah pepaya berkualitas yang terjamin dapat memenuhi kebutuhan konsumen sesuai dengan preferensinya. Manfaat kegiatan dapat dikelompokkan menjadi:

1. *Academic Excellent*: Kegiatan IbIKK "Optimalisasi Technology Services pada wirausaha benih dan bibit pepaya PKHT-IPB" diharapkan dapat mendorong timbulnya jiwa *entrepreneurship* bagi mahasiswa dan membuka peluang untuk publikasi berupa tulisan ilmiah dan buku ajar mengenai tanaman buah.
2. *Economic Value*: Penyediaan dan diseminasi varietas serta teknologi pada masyarakat akan meningkatkan kapasitas ekonomi dan berkembangnya agribisnis buah tropika sehingga akan meningkatkan pendapatan petani.
3. *Sosial Impact*: Meningkatnya keterampilan dan wawasan masyarakat tentang agribisnis buah akan menyebabkan peningkatan kualitas buah nasional dan peningkatan daya saing buah nasional.

Keluaran yang diharapkan dari kegiatan ini adalah sumber daya genetik pepaya sebagai sumber bahan varietas unggul buah koleksi PKHT-IPB tetap dikelola dengan baik dan ditingkatkan keunggulannya, terdiseminasi produk dan teknologi hasil penelitian PKHT-IPB, sehingga dapat dimanfaatkan oleh petani dan masyarakat Indonesia. Varietas pepaya unggul dan teknologi yang tepat diharapkan dapat menunjang tercapainya kualitas, kuantitas, dan kontinuitas buah pepaya yang mampu memenuhi pasar.

## METODE PENELITIAN

Optimalisasi *technology services* dalam pengembangan wirausaha benih dan bibit pepaya yaitu mencakup kegiatan: (1) pengelolaan kebun plasma nutfah dan pohon induk/calon varietas PKHT-IPB, (2) diseminasi produk dan teknologi budidaya berdasarkan SOP (3) komersialisasi benih dan bibit pepaya (Callina, Sukma dan Carisy). Kegiatan pengelolaan kebun percobaan PKHT – IPB adalah: pemeliharaan dan pengembangan kebun plasma nutfah dan pohon induk pepaya serta optimalisasi kebun produksi benih. Kegiatan diseminasi produk dan teknologi budidaya berdasarkan SOP adalah: penyebarluasan informasi melalui internet atau *web* PKHT, pelatihan, pembinaan terhadap mitra baik petani maupun pelaku agribisnis lainnya, pendampingan dan monitoring petani mitra, uji produksi pepaya di kebun petani mitra dan *updating website* PKHT. Kegiatan komersialisasi benih dan bibit berupa penyediaan jasa konsultasi dan transfer teknologi melalui media yang ada.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan yang telah dilakukan adalah: pemeliharaan kebun koleksi plasma nutfah dan pohon induk pepaya; pembentukan kebun produksi benih di petani mitra; diseminasi melalui Program KKP Tematik Faperta IPB, Gelar Teknologi Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB serta pelatihan teknologi produksi di PTPN VIII Jawa Barat, *updating website* dan penyempurnaan SOP pepaya.

Untuk mempertahankan keberadaan varietas Callina di pasar pepaya maka perlu terus dilakukan upaya perbaikan melalui pemeliharaan dan peningkatan

potensi genetik pepaya Callina secara berkelanjutan. Untuk mengantisipasi permintaan benih pepaya yang terus meningkat perlu dilakukan optimalisasi kebun produksi benih 3 varietas pepaya. Tanaman induk yang sudah diremajakan adalah varietas Callina sebanyak 270, Carisya 500, dan Sukma 520 tanaman (Gambar 1). Sebagai pendamping varietas Callina di pasaran, PKHT sedang mempersiapkan varietas lainnya yaitu varietas Calipso. Untuk selanjutnya varietas Calipso bisa menjadi pilihan alternatif untuk petani pepaya yang akan mengusahakan jenis pepaya kecil. Sampai dengan minggu kedua Desember 2013 tanaman Pepaya Calipso 80 tanaman sudah berumur 3 bulan setelah tanam.

Selain peremajaan terhadap populasi pohon induk di kebun IPB, dilakukan juga penanaman pohon induk baru di kebun petani mitra. Penanaman dan pembangunan kebun induk di petani mitra ini ditujukan untuk memproduksi benih sebar yang akan didiseminasi kepada petani pengguna benih pepaya. Pembangunan kebun induk ini dilakukan di Cicurug Sukabumi (Gambar 2).



Gambar 1 Peremajaan pohon induk pepaya Callina di kebun PKHT Tajur (kiri) dan Sukma di kebun PKHT Pasirkuda (kanan).



Gambar 2 Kebun induk pepaya Callina di kebun petani mitra Cicurug Sukabumi.

Kegiatan pendampingan dan monitoring terus dilakukan terhadap petani dan pelaku agribisnis pepaya. Pendampingan serta monitoring yang sedang dilakukan sejak Maret 2013 yaitu kepada kelompok tani pepaya Gugah Nurani di Desa Nangerang Cicurug Sukabumi, Petani pepaya Bojonglongok Parakan Salak Sukabumi, petani pepaya Karang Tengah Cianjur dan kelompok tani pepaya Lembu Purwo dan Tambak Mulyo Kebumen (Gambar 3).



Gambar 3 Kondisi kebun pepaya Callina di petani mitra Kebumen Jawa Tengah: di Desa Lembu Purwo Kecamatan Mirit (kiri) dan di Desa Tambak Mulyo Kecamatan Puring (kanan).

Keberadaan media elektronik internet dimanfaatkan secara optimal sebagai sarana untuk penyebarluasan dan komunikasi antara tim IbIKK PKHT dengan petani pengguna benih dan produk PKHT IPB. Bentuk penyebarluasan informasi dan paket teknologi juga dilakukan melalui pelatihan. Penyebarluasan informasi dilakukan melalui website PKHT yang selalu *up to date* dan dapat diakses semaksimal mungkin oleh semua mitra PKHT (Gambar 4). Kegiatan pelatihan dilaksanakan di Kebun PTPN VIII Panglejar Jawa Barat pada tanggal 1–4 Juli 2013. Materi yang diberikan dalam pelatihan tersebut adalah budidaya pepaya secara lengkap mulai dari persiapan lahan, pembibitan, manajemen hara/pemupukan, pengendalian organisme pengganggu tanaman, panen dan pasca panen/*fresh handling*. Pelatihan ini diikuti oleh 30 orang peserta yang berasal dari 15 kebun PTPN VIII yang tersebar di Jawa Barat dan Banten.



Gambar 4 Diseminasi melalui kegiatan pelatihan paket SOP pepaya di kebun PTPN VIII Panglejar Jawa Barat (kiri) dan melalui melalui web-site: [www.pkht.or.id](http://www.pkht.or.id) (kanan).

Kegiatan uji produksi pepaya di beberapa lokasi kebun petani yang memiliki perbedaan elevasi tempat dilakukan sebagai salah satu upaya verifikasi dalam perbaikan dan revisi SOP produksi pepaya yang sedang disusun. Kegiatan ini dilakukan di 3 lokasi dengan elevasi tempat yang berbeda, yaitu 1) Ciseeng Bogor dan Karang Tengah Cianjur yang mewakili elevasi 150–200 m dpl, 2) Cicurug dan Parakansalak Sukabumi yang mewakili elevasi 500–600 m dpl dan Ciawi yang mewakili elevasi 300–400 m dpl. Kegiatan ini sampai dengan bulan September ini sedang dalam pengamatan panen dan kualitas buah (Gambar 5).

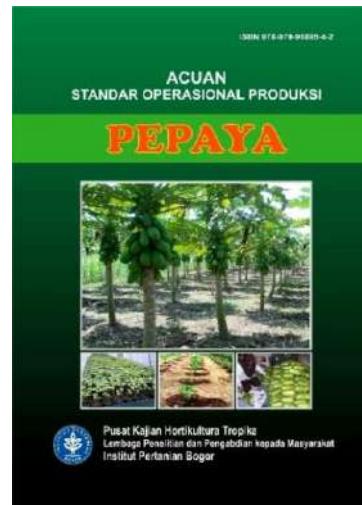


Gambar 5 Keragaan pohon pepaya Callina yang ditanam di Cicurug Sukabumi pada elevasi 540 m dpl.

Revisi dan perbaikan buku dilakukan untuk SOP Pepaya yang sudah disusun tahun 2012 (Gambar 6). Selain SOP pepaya, perbaikan dan revisi juga

dilakukan terhadap modul-modul pelatihan. Modul pelatihan ini disusun sebagai bahan pegangan dan panduan bagi peserta saat melaksanakan pelatihan budidaya pepaya. Isi modul pelatihan lebih mudah dipahami dan komprehensif dibandingkan panduan singkat SOP pepaya dan terbagi dalam 3 bahasan yaitu: pembibitan, budidaya dan pascapanen.

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–Desember 2013 mencapai 6.484 *pack* benih yang terdiri dari 6.306 *pack* benih pepaya Callina, 114 *pack* benih pepaya Sukma dan 64 *pack* benih pepaya Carisya (Tabel 1).



Gambar 6. Buku SOP Pepaya 2013 yang direvisi.

Tabel 1 Diseminasi benih pepaya PKHT–IPB periode Januari–Desember 2013

Varietas	Jumlah Benih ( <i>pack</i> )	Prediksi	
		Populasi Tanaman (pohon)	Luas Penanaman (ha)
Callina	6.306	1.340.025	1.117
Carisya	64	13.600	11
Sukma	114	24.225	19
Total	6.484	1.377.850	1.148

Berdasarkan catatan diseminasi benih pepaya pada tahun 2013 dapat diprediksi total luas penanaman pohon pepaya dari PKHT IPB kurang lebih 1.148 ha yang terdiri dari 1.117 ha Pepaya Callina, 20 ha pepaya Sukma, dan 11 ha pepaya Carisya. Populasi tanam pepaya mencapai 1.377.850 tanaman.

## KESIMPULAN

Kegiatan optimalisasi *technology services* dalam pengembangan wirausaha benih dan bibit pepaya yang dicapai PKHT-IPB pada tahun 2013 adalah: (1) Pengembangan varietas unggul yang terdiri dari kebun koleksi plasma nutfah pepaya di kebun Tajur dan Pasirkuda, serta calon varietas unggul (2). Diseminasi dan komersialisasi produk hasil inovasi yaitu benih dan bibit pepaya (varietas: Arum Bogor, Carisya, Callina dan Sukma) melalui: pendampingan serta monitoring kepada kelompok tani pepaya di Cicurug dan Parakansalak Sukabumi dan kelompok tani pepaya Lembu Purwo dan Tambak Mulyo Kebumen. (3) Diseminasi melalui: Program KKP Tematik Faperta IPB dan Gelar Teknologi Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB. (4) Pelatihan teknologi produksi dan pasca panen di PTPN VIII Jawa Barat. (5) *Updating* data website PKHT dan (6) Penyempurnaan SOP Pepaya dan modul pelatihan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah membiayai pengabdian ini melalui Program Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (PPM) Multi Tahun, sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan dalam Rangka Pelaksanaan Program Pengabdian kepada Masyarakat Multi Tahun, Tahun Anggaran 2013 dengan Nomor: 344SP2H/ KPM/ DIT.LITABMAS/ V/2013, tanggal 13 Mei 2013.

## 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.

Riset Unggulan Strategis Nasional [RUSNAS]. 2009. Riset Unggulan Strategis Nasional: Dalam Realitas Kurun Waktu 2000-2009. RISTEK. Deputi Bidang Pengembangan Sistem Iptek Nasional. Kementerian Negara Riset dan Teknologi.

Sujiprihati S, Suketi K. 2010. Budi Daya Pepaya Unggul. Penebar Swadaya. Jakarta.

Suketi K, Poerwanto R, Sujiprihati S, Sobir, Widodo WD. 2010. Analisis Kedekatan Hubungan Antar Genotipe Pepaya Berdasarkan Karakter Morfologi dan Buah. Jurnal Agronomi Indonesia. 38(2): 130-137.

Suketi K. 2011. Studi morfologi bunga, penyerbukan dan perkembangan buah sebagai dasar pengendalian mutu buah pepaya IPB [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

**PEMBIBITAN DOMBA DAN PRODUKSI DAGING “BALIBU“  
(BAWAH LIMA BULAN) BERBASIS SUMBER DAYA LOKAL SEBAGAI  
WADAH PENGEMBANGAN BISNIS MAHASISWA FAKULTAS  
PETERNAKAN INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

(Sheep Breeding and Meat Production of ”BALIBU” (Under Five Months Old)  
Based on Local Feed Resources For Students Business Development at Faculty of  
Animal Science, Bogor Agricultural University)

**Komang G. Wiryawan, Kukuh Budi Satoto, Lilis Khotijah, Didid Diapari**  
Dep. Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB

**ABSTRAK**

Pada saat ini permintaan domba muda lepas sapih bobot sekitar 16 kg, kondisi sehat sekitar 1500 ekor per bulan. MT Farm sebagai peternak besar di Bogor baru mampu memenuhi permintaan sekitar 300–500 ekor. Kondisi ini memberikan peluang pasar yang sangat besar bagi program IbIKK untuk bergerak dalam pembibitan dan produksi domba bakalan berupa BALIBU (bawah lima bulan). Program IbIKK bertujuan untuk menghasilkan produk berkualitas berupa domba ”BALIBU” sehat, Bobot 20–25 kg, daging rendah lemak, hewan kurban, anak domba betina dan jantan yang seragam BCS 3–3,5, betina calon pengganti induk, pejantan bibit, pupuk organik dan paket teknologi tepat guna pemeliharaan domba untuk meningkatkan efisiensi dan memberikan pendapatan usaha untuk mendukung pengembangan institusi. Tujuan lain adalah mendukung kegiatan akademik dan kemahasiswaan dalam meningkatkan profesionalisme lulusan sesuai kompetensi keilmuannya dalam mengembangkan peternakan. Pada program IbIKK ini dilakukan sistem pemeliharaan domba, manajemen pemberian pakan dan sistem perkawinan yang terprogram, sehingga diharapkan produktivitas induk dan kualitas anak yang dihasilkan lebih terjamin kualitasnya, dibanding hasil peternak pada umumnya. Program ini telah menghasilkan produk utama sesuai dengan yang diharapkan dan diterima pasar serta memberikan manfaat lain dalam mendukung kegiatan akademik berupa bertambahnya wawasan berwirausaha bagi dosen pengelola, penyediaan materi penelitian, praktikum, magang dan lapangan pekerjaan bagi masyarakat sekitar kampus.

Kata kunci: Domba BALIBU, efisiensi, IbIKK, pembibitan, produksi.

**ABSTRACT**

Currently the demand of post weaning, healthy lambs with 16 kg body weight is approximately 1500 per/month. MT Farm as a middle farm enterprise in Bogor is only able to supply around 300–500 heads. This condition opens an opportunity for establishment of IbIKK program which is specialising in breeding and production of feeder lamb aged under 5 months old (BALIBU). IbIKK program aimed to produce high quality, healthy BALIBU with body weight of 20–25 kg, low fat; slaughtered sheep, female and male uniform offspring with BCS between 3–3.5, female as ewes replacement, rams, organic fertilizer and appropriate technology for sheep rearing to improve efficiency and to increase income to support institution development. Other objectives of the program were to support academic and student's entrepreneurship to improve alumni professionalism according to their competency in developing animal husbandry. In the IbIKK program was conducted a sheep rearing system, feeding management and breeding program, so that it is expected the ewes productivity and offspring quality produced is more guaranteed compared to conventional farmers. This program has produced the main product as expected and already accepted by the market. In addition, this program also supported the academic activity and improving

entrepreneurship knowledge for academic staff; providing facility for research, practical class, internship, and job opportunity for people around campus.

Keywords: BALIBU, sheep, efficiency, IbIKK, breeding, productivity.

## PENDAHULUAN

Secara umum, domba lokal mempunyai potensi genetik dan produktivitas yang baik, namun karena sebagian besar masih dilakukan peternak rakyat dengan kemampuan terbatas (skala usahanya kecil, bersifat sambilan, ilmu pengetahuan dan teknologi yang dimiliki sangat sederhana dan tradisionil, masih dipelihara dengan cara dilepas, dan hanya sebagain kecil saja yang dikandangkan, makanan yang diberikan hanya rumput dengan kualitas seadanya, serta sistem perkawinan yang tidak terprogram), maka produktivitas domba lokal masih sangat rendah (angka kelahiran sekitar 100–140%, persentase kelahiran anak kembar sekitar 20–30%, angka kematian anak sekitar 20–74%, dan pertumbuhan dan pertambahan bobot badan sangat kecil, sekitar 25–50 gram/hari), dan kualitas domba yang dihasilkan sangat beragam.

Ternak domba sebagai sumber daging, juga merupakan salah satu hewan yang cukup disenangi untuk digunakan sebagai hewan qurban dan aqiqah. walaupun secara statistik belum ada data yang pasti tentang berapa jumlah ternak domba yang dipakai untuk kedua kegiatan tersebut, namun berdasarkan survei yang dilakukan kepada beberapa pedagang pengumpul di kabupaten/kota Bogor yang salah satunya adalah mitra kerjasama (MT Farm), Pada saat ini permintaan akan domba muda lepas sapih dengan bobot sekitar 16 kg, kondisi sehat yaitu sekitar 1500 ekor per bulan. MT Farm sendiri baru mampu memenuhi permintaan tersebut sekitar 300- 500 ekor. Kondisi ini memberikan peluang pasar yang yang sangat besar bagi program IbIKK untuk bergerak dalam pembibitan dan produksi domba bakalan berupa BALIBU (bawah lima bulan). Pada program IbIKK ini dilakukan sistem pemeliharaan domba dan manajemen pemberian pakan serta sistem perkawinan yang terprogram, sehingga dengan menjalankan cara pemeliharaan yang baik, maka diharapkan produktivitas induk dan kualitas anak yang dihasilkan akan lebih terjamin kualitasnya, dibandingkan dengan yang dihasilkan peternak pada umumnya.

Program IbIKK pembibitan dan produksi daging BALIBU bertujuan untuk menghasilkan produk utama berupa: Domba “BALIBU” (bawah lima bulan) yang sehat, bobot badan sekitar 20–25 kg, dengan daging berkadar lemak rendah; hewan kurban berkualitas umur 12–14 bulan, bobot badan sekitar 30–35 kg; anak domba betina dan jantan yang seragam dan berkualitas dengan nilai BCS sekitar 3–3,5; domba betina calon pengganti induk ; pejantan bibit ; anak domba jantan untuk penggemukan; paket teknologi tepat guna dalam pemeliharaan domba dan pupuk organik berkualitas, selain peningkatan efisiensi dan memberikan pendapatan usaha untuk mendukung pengembangan institusi (Laboratorium, Bagian, Departemen atau Fakultas), maka program IbIKK juga bertujuan untuk mendukung kegiatan akademik dan kemahasiswaan melalui penyediaan materi praktikum, magang pelatihan bisnis dan tugas akhir, sehingga dapat meningkatkan profesionalisme lulusan sesuai kompetensi keilmuannya dalam mengembangkan peternakan.

## METODE PENELITIAN

Kegiatan IbIKK dilaksanakan di Laboratorium Lapang Nutrisi Ternak Daging dan Kerja, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan IPB sejak tahun 2011 sampai 2013. Fasilitas yang digunakan berupa kandang koloni dan kandang individu serta kebun rumput. Peralatan yang digunakan ialah; perlengkapan makan dan minum, alat kesehatan, timbangan pakan dan ternak, alat kebersihan kandang, pompa air. Kondisi lokasi kegiatan program IbIKK dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Fasilitas kegiatan program IbIKK pembibitan dan produksi BALIBU.

## Domba

Kegiatan ini menggunakan domba calon induk yang siap kawin dan induk bunting, serta pejantan. Domba yang digunakan adalah domba persilangan (lokal) dan domba garut dan domba texel. Domba dibeli dari peternak sekitar Bogor dan peternak Garut dengan bobot badan sekitar 20 kg, sehat, lincah, tidak membawa penyakit menular. Domba dikandangkan secara kelompok dan sebagian secara individu. Pengelompokan dilakukan berdasarkan kondisi fisiologis domba: anak, bunting, melahirkan, siap kawin, jantan.

## Pakan

Pakan yang digunakan terdiri atas rumput lapang, konsentrat, onggok, bungkil kelapa, bungkil kedele, urea, susu, vitamin, mineral serta obat-obatan. Rumput lapang diperoleh dari kebun rumput milik Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan dan lokasi sekitar kampus. Konsentrat dan bahan pakan lain, obat-obatan dan vitamin diperoleh dari KPS dan CV Tani Mulyo atau industri pakan yang ada di sekitar Bogor. Jenis dan kandungan zat makanan bahan konsentrat yang digunakan dalam kegiatan ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan zat makanan (% As fed)

Zat makanan	Konsentrat jadi	Onggok	Rumput lapang	Bungkil Kedelai	Bungkil Kelapa
			%		
BK	85,38	85,12	24	85,73	89,24
Abu	5,61	4,90		6,56	5,28
PK	18,32	2,69	8,2	44,04	16,84
SK	6,45	16,80	21,7	4,98	13,1
LK	3,42	0,57	1,4	2,64	19,07
Beta-N	51,56	60,16	44,2	27,51	34,95
TDN*	79,16	78,3	56	83,2	78,7
Ca*	-	0,58	0,37	0,38	0,17
P*	-	0,26	0,23	0,72	0,62

Keterangan: Hasil Analisa Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan (2009) dan \*) Sutardi (1981).

Beberapa ransum yang disusun sendiri dengan menggunakan pakan lokal digunakan dalam pemeliharaan domba program IbIKK , diantaranya yaitu ransum untuk pertumbuhan, flushing, kebuntingan dan laktasi, dan susu pengganti. Ransum pertumbuhan, bunting dan laktasi disajikan pada Tabel 2, 3, dan 4.

Tabel 2 Ransum domba pertumbuhan (RG) yang digunakan dalam program IbIKK

Bahan Pakan	Kode Ransum			
	RG1	RG2	RG3	RG4
	----- % -----			
Onggok	17,00	17,00	17,00	17,00
Bungkil Kelapa	50,50	49,00	49,00	49,00
CaCO <sub>3</sub>	1,50	1,50	1,50	1,50
Garam	0,25	0,25	0,25	0,25
Premix	0,15	0,15	0,15	0,15
Urea	0,60	0,60	0,60	0,60
Rumput	30,00	30,00	30,00	30,00
Minyak Jagung	-	1,50	-	-
Minyak Ikan Lemuru	-	-	1,50	-
Minyak Ikan Terproteksi	-	-	-	1,50
Protein**	15	15	15	15
TDN**	69	69	69	69

Tabel 3 Ransum domba bunting (RB) yang digunakan dalam program IbIKK

Bahan Pakan	Kode Ransum		
	RB1	RB2	RB3
	----- % -----		
Rumput	30,50	29,50	30,10
Jagung	20,50	-	8,77
Onggok	-	17,72	8,23
Bk. Kelapa	46,00	50,50	51,60
CaCO <sub>3</sub>	2,60	2,00	1,00
Garam	0,20	0,14	0,16
Premix	0,20	0,14	0,14

Tabel 4 Ransum Laktasi (RL) yang digunakan dalam program IbIKK\

Bahan	Kode Ransum		
	RL1	RL2	RL3
	----- % -----		
Rumput Lapang	40	40	40
Konsentrat Komersil	60	50	45
Tepung Ikan	0	10	0
Bungkil kedelai	0	0	15

### Prosedur Pemeliharaan

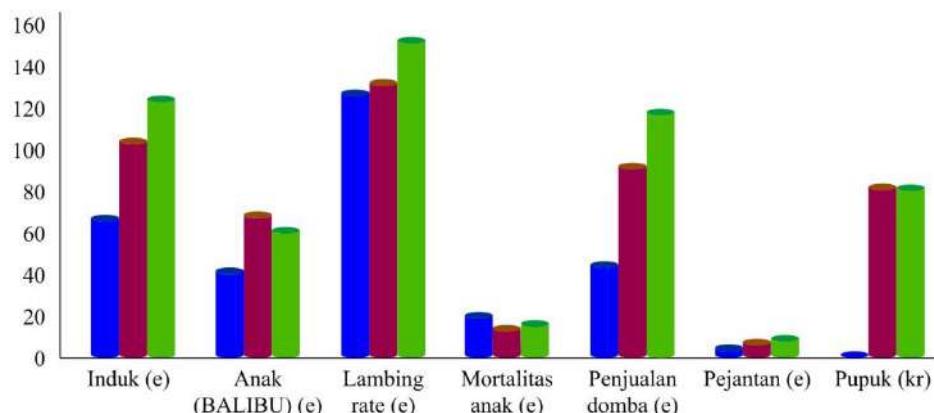
Pemeliharaan dimulai dengan menangani ternak domba yang baru datang, yaitu dengan terlebih dahulu memberi kalung identitas dan mengkondisikan ternak dengan lingkungan kandang pada program IbIKK. Selama pemeliharaan pemberian pakan, pengawasan kesehatan, perkawinan, penanganan kelahiran dilaksanakan secara terprogram dan dilaksanakan secara rutin dibantu oleh tenaga kinarya kandang sebanyak 2 orang.

Pemberian pakan dilakukan 2 kali sehari, pagi diberikan konsentrat, siang hari rumput, air minum diberikan *ad libitum*. Penimbangan bobot badan dilakukan pada saat kelahiran, penyapihan dan penjualan. Perkawinan dilakukan secara alami dengan mencampurkan pejantan ke dalam kelompok betina yang siap dikawinkan. Pengawasan kesehatan dilakukan dengan bekerjasama dan berkonsultasi kepada dokter hewan dari Fakultas Kedokteran Hewan IPB.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Produksi

Pada program ini Pemeliharaan domba dilakukan di dalam kandang koloni dan individu. Masing-masing koloni terdiri dari 10 ekor induk, sedangkan pejantan dimasukkan ke dalam kandang individu yang terpisah dari kelompok induk, sehingga perkawinan terjadi secara alami. Beberapa target produksi hasil kegiatan program IbIKK selama tiga tahun disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Perkembangan capaian kegiatan program IbIKK selama 3 tahun.

Pada tahun kedua, angka *lambing rate* mencapai sekitar 135%, nilai ini lebih baik dari tahun pertama (rata-rata 125%), meskipun ada peningkatan dibanding sebelum adanya program IbIKK dan tahun pertama, namun belum mencapai 150% seperti yang ditargetkan. Pada tahun ketiga angka *lambing rate* sudah bisa mencapai sekitar 150%, terjadi peningkatan dibanding tahun kedua dan kesatu. Peningkatan *lambing rate* terjadi karena manajemen pemeliharaan yang semakin baik, sehingga pada tahun ketiga program IbIKK, jumlah induk yang melahirkan kembar lebih dari 2, yaitu 3 bahkan 4 ekor semakin bertambah. Hal ini terjadi karena usia indukan yang semakin bertambah, semakin bertambah umur

ternak, maka potensi kelahiran kembar semakin meningkat. König *et al.* (2006) menyatakan bahwa kelahiran anak kembar dipengaruhi oleh umur induk domba. Induk domba berumur satu tahun memiliki kemungkinan menghasilkan anak kembar rendah yaitu berkisar 10% dibandingkan induk domba yang berumur 2–3 tahun yaitu kemungkinan melahirkan anak kembar sebesar 40–50%. Di samping itu pemberian pakan pada saat sebelum perkawinan (*flushing*) juga merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk meningkatkan jumlah kelahiran kembar. *Flushing*, yaitu penambahan sumber energi berupa biji-bijian seperti yang dijelaskan beberapa peneliti (Molle *et al.* 1995; Acuero, 2000; Kusina *et al.* 2001; Abu EL-Ella, 2006; Camero *et al.* 2008; Sabra dan Hasan, 2008) bahwa program *flushing* dapat meningkatkan persentase kelahiran anak kembar pada kambing. *Flushing* selama dua minggu dapat meningkatkan *lambing rate* sebesar 10–20%. (Bush dan Thompson, 2011).

Tingkat kematian anak prasapih terutama dari anak-anak kembar sudah lebih sedikit dibanding tahun sebelumnya, namun belum bisa mencapai 10%. Angka mortalitas anak pra sapih masih cukup tinggi (lebih dari 10%), namun angka ini masih lebih baik dari angka mortalitas anak di peternakan rakyat yang dapat mencapai lebih dari 20%. Astuti *et al.* (2008) menyatakan adanya kematian anak saat lahir yang tinggi (lebih dari 20%) pada domba bunting yang hanya mengkonsumsi rumput saja, hal ini disebabkan sangat rendahnya Hb dan kadar glukosa darah jauh di bawah nilai normal, berbeda dengan domba bunting yang mendapat ransum penguat dan herbal mineral blok menunjukkan performa reproduksi yang lebih baik. Sebagian besar anak-anak yang mati adalah anak dengan tipe kelahiran kembar 2 atau 3. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Inounu, 1996) bahwa kemampuan hidup anak domba kelahiran tunggal sebesar 90%, kelahiran kembar dua 68% dan kelahiran kembar 3 atau lebih adalah 60–65% atau pernyataan Gatenby *et al.* (1997) yang menyatakan bahwa mortalitas anak kelahiran tunggal 5,5%, kembar dua 9,8% dan kembar tiga atau lebih adalah 27,8%. Diare dan infeksi tali ari menjadi salah satu penyebab kematian anak. Disamping itu pemeliharaan induk beranak dalam kandang koloni juga kemungkinan menjadi penyebab masih tingginya angka mortalitas tersebut.

## Penjualan Produk

Berdasarkan Gambar 2, terlihat adanya peningkatan jumlah produk yang terjual selama 3 tahun kegiatan. Beberapa produk yang terjual adalah anak domba pra sapih, domba BALIBU, jantan penggemukan, induk bunting dengan kisaran harga pasar yang berbeda. Jenis produk dan harga pasar kegiatan IbIKK selama tiga tahun disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Jenis produk IbIKK yang terjual dan harga pasar

Jenis Produk	Harga
Anak domba pra sapih (<2 bulan)	Rp 300.000- 400.000/ekor
Domba BALIBU	Rp 45.000- 55.000/kg BB
Induk bunting	Rp 1.000.000 -1.500.000/ekor
Jantan dewasa	Rp 45.000-50.000/kg BB
Domba qurban	Rp 55.000-60.000/kg BB
Pupuk organik	Rp 3.000/karung

Berdasarkan kisaran harga tersebut (Tabel 5), terlihat ada perbedaan harga pasar untuk setiap jenis produk yang dihasilkan program IbIKK. Jantan hasil penggemukan mendapat harga pasar paling tinggi, karena bertepatan dengan hari raya Idul Qurban, dimana konsumen akan berani membeli dengan harga pasar yang tinggi, dibanding pada hari-hari biasa. Hal ini ditunjukkan dengan nilai keuntungan yang lebih besar pada usaha penggemukan dibanding penjualan BALIBU dan yang lainnya. Secara umum harga pasar dari produk IbIKK lebih baik dari produk hasil masyarakat pada umumnya, karena secara kualitas lebih baik. Hasil analisis usaha produk yang terjual, untuk produksi BALIBU dan Penggemukan berdasarkan kisaran harga pasar disajikan pada Tabel 6 dan 7.

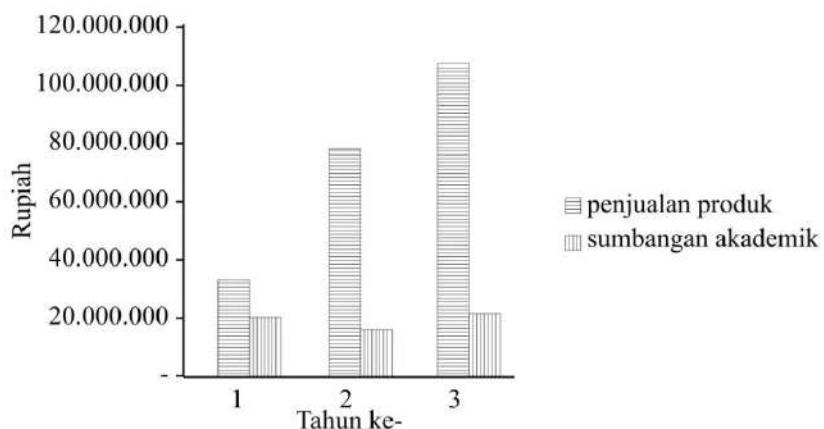
Tabel 6 Analisis usaha produksi BALIBU tahun 2013

Uraian	Pemasukan (Rp)	Pengeluaran (Rp)
Biaya pemeliharaan 40 ekor induk bunting (8 bulan)		1.9200.000
BALIBU yang dihasilkan ( $125\% \times 40$ ) = 50 ekor		
biaya BALIBU selama 3 bulan Rp 40000 x 50 x 3)		6.000.000
Upah dll		1.000.000
Total biaya BALIBU (biaya induk + Biaya BALIBU)		26.200.000
Total penjualan BALIBU ( $50 \times 25 \text{ kg} \times \text{Rp } 45.000$ )	43.750.000	
Pendapatan	17.550.000	
Pendapatan (Rp/ekor)		351.000

Tabel 7 Analisis usaha penggemukan dalam program IbIKK tahun 2013

Uraian	Pemasukan	Pengeluaran
Pembelian 30 ekor domba jantan lokal		10.885.000
Konsentrat (500g x 30 ekor x Rp2200x 200 hari)		6.000.000
Rumput (1.5 kg x 30 ekor x Rp 500 x 200 hari)		4.500.000
Insentif teknisi kandang		1.500.000
Total biaya pemeliharaan		22.885.000
Penjualan 30 ekor domba rataan BB 27.5 kg @Rp 55000	45.375.000	
Pendapatan	22.490.000	
Harga (Rp/ekor)	1.512.500	
Keuntungan (Rp/ekor)	749.667	

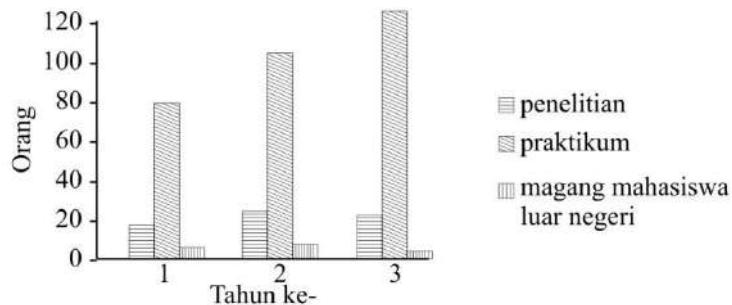
Perkembangan nilai penjualan produk IbIKK selama 3 tahun disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Perkembangan nilai penjualan produk selama 3 tahun kegiatan IbIKK.

### Manfaat Akademik dan Dampak Sosial

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa program IbIKK yang mempunyai tujuan utama untuk melaksanakan kegiatan pembibitan dan memproduksi Domba BALIBU, juga memberikan manfaat lain dalam menunjang kegiatan akademik di Fakultas Peternakan. Selama tiga tahun kegiatan dapat membantu menyediakan materi penelitian tugas akhir bagi sekitar 54 mahasiswa, menyediakan materi praktikum secara rutin untuk beberapa mata kuliah program sarjana dan pasca sarjana yang diasuh di Fakultas Peternakan.



Gambar 4 Jumlah mahasiswa yang memanfaatkan fasilitas program IbIKK selama 3 tahun.

Apabila dinominalkan, maka Program IbIKK ini dapat menyumbang dana akademik untuk penelitian sekitar 5 juta rupiah untuk setiap topik penelitian. Bagi masyarakat sekitar kampus, program IbIKK telah menyediakan lapangan pekerjaan dengan sumbangan nominal hampir 1,5 juta per bulan. Program IbIKK juga telah memberikan kesempatan kepada tim pengelola (dosen) untuk menerapkan teknologi yang diperoleh dari hasil penelitiannya untuk komersial. Disamping itu dapat juga menerima dan memberikan kegiatan pelatihan kewirausahaan kepada masyarakat peternak, magang liburan mahasiswa dan beberapa kunjungan formal maupun informal dari masyarakat umum. Berdasarkan hal ini menunjukkan bahwa program IbIKK dapat berdampak positif pada proses pembelajaran civitas akademika Fakultas Peternakan IPB dan masyarakat sekitar kampus Fakultas Peternakan IPB.

## KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa capaian hasil yang diperoleh, program IbIKK dapat menghasilkan produk utama berupa domba BALIBU jantan dan calon induk, induk bunting, jantan penggemukan, pejantan bibit yang dapat diterima pasar dengan harga yang lebih baik dari produk masyarakat pada umumnya. Mortalitas anak yang dicapai program IbIKK masih perlu diperbaiki melalui perbaikan manajemen pemeliharaan dan pengawasan kesehatan yang lebih terprogram. Program IbIKK telah memberikan manfaat yang baik bagi kegiatan akademik Fakultas Peternakan melalui penambahan wawasan berwirausaha bagi dosen pengelola, penyediaan materi penelitian, praktikum dan magang bagi mahasiswa,

serta dampak sosial ekonomi yang baik bagi masyarakat sekitar kampus melalui penyediaan lapangan kerja.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan terima kasih kepada Dikti Kemdikbud yang telah mendanai program IbIKK dengan No. Kontrak: 024/SP2H/PPM/DP2M/III/2011, tanggal 14 Maret 2011. SPK Nomor 176/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/l/2012 Tanggal 6 Maret 2012 dan SPK Nomor 344/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/V/2013, tanggal 13 Mei 2013. Terima kasih juga disampaikan kepada LPPM-IPB yang telah membantu dalam kelancaran administrasi serta Dekan Fakultas Peternakan dan Ketua Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan yang telah mengijinkan penggunaan fasilitas untuk kegiatan program IbIKK.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abu El –Ella AA ( 2006). Response of Barki ewes to treatment with with gonadotrophin hormones and energy supplementation (flushing) Egypt.*J. Sheep Goat Desrt Anim Sci.* 1(1):73-88.
- Astuti DA, Ekastuti DR, Marwah, Suryani. 2008. Profil darah dan status hematologi domba lokal yang dipelihara secara tradisional di kawasan hutan Gunung Walat Sukabumi. *J. Ilmu Ternak UNSYAH.* (1):1-5.
- Astuti DA, Suharti S, Asep Sudarman. 2008. Suplementasi herbal mineral blok pada domba reproduksi. Seminar National IPTEKDA, LIPI. November 2008, Solo Indonesia.
- Bush LF, James T. 2011. Feeding Ewes. North Central Regional Extension Publication 235. [www.tvsp.org/pdf/sheep/ewe-feeding.pdf](http://www.tvsp.org/pdf/sheep/ewe-feeding.pdf). [24Agustus 2011].
- Gatenby RM. 1997. Sheep Production in Tropics and Subtropics. First Published. Longman Inc, New York.
- Inounu I, Iniguez LC, Bradford GE, Subandriyo, Tiesnamurti B. 1996. Performance production of prolific Javanese ewes. Small Ruminant Research, Elsevier Science Publisher 12: 244-258.
- Konig S, Hubner G, Sharifi AR, Bohlsen E, Detterer J, Simianer H, Holtz W. 2006. Relationship between somatic cell score and success of first inseminations in dairy cattle estimated with logistic models. Zuchungskunde. 78, 89–101.

- Kusina NT, T. Hamudikuwanda H, Ndlovu LR, Muzanenhamo S. 2001. Effect of different dietary energy level intake on efficacy of estrus synchronization and fertility in Mashoma goats does. *Small Ruminant Research*. 39 (3): 283-288.
- Mattos R, Charles R. Staples, William W. Thatcher. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Reviews of Reproduction*. Journals of Reproduction and Fertility 5, 38–45.
- Molle G, Branca S, Ligios S, Sitzia M, Casu S, Landau S, Zoret Z. 1995. Effect of grazing background and flushing supplementation on reproductictive performance in Sarda ewes. *Small Ruminat. Res.* 17: 245-245.
- Sabra HA, Hassan SG. 2008. Effect of new regime of nutritional flushing on reproductive performances of Egyptian Barki ewes. *Global Veterineria* 2 (1) 28-31.
- Sumantri C, Einstiana A, Salamena JF, Inounu I. 2007. Keragaan dan hubungan phylogenik antar domba lokal di Indonesia melalui pendekatan analisis morfologi. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 12(1):42-54.

## MODEL PARAMETER ACAK PERCOBAAN PEMUPUKAN FOSFOR PADA PADI SAWAH

(Random Parameter Model of Phosphorus Fertilizer Experiment for Rice Paddy)

**Mohammad Masjkur, Bagus Sartono, Itasia Dina Sulvianti**

Dep. Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB

### ABSTRAK

Rekomendasi pemupukan P padi sawah disusun berdasarkan kurva respons pemupukan umum menggunakan regresi kuadratik dengan parameter tetap. Namun demikian, hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa penentuan dosis optimum pemupukan spesifik lokasi lebih akurat menggunakan model parameter acak dari pada model parameter tetap. Penelitian ini bertujuan mengetahui pendugaan parameter terbaik model respons pemupukan P pada padi sawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model respons pemupukan P pada padi sawah, baik tanpa mempertimbangkan P tanah ataupun dengan mempertimbangkan P tanah nilai AIC model parameter acak < model parameter tetap. Jika tanpa mempertimbangkan P tanah, model terbaik adalah model kuadratik dengan pengaruh acak dari intersep, sedangkan jika mempertimbangkan P tanah model terbaik juga model kuadratik dengan pengaruh acak dari intersep. Namun demikian, kandungan P tanah tidak nyata menerangkan keragaman intersep pada model kuadratik.

Kata kunci: Parameter acak, parameter tetap, fungsi respons, pupuk P.

### ABSTRACT

Phosphorus fertilizer recommendation for lowland rice developed based on generalized curves of fertilizer response using quadratic regression with the fixed parameter. However, the field study research showed that determination of the optimum doses for site-specific fertilization was more accurate using random parameter model than the fixed parameter model. This study aimed to reveal the best parameter estimation of the model response to P fertilization on rice. The results showed that P fertilizer response models on rice without soil-P covariable or with soil-P covariable, the AIC values of random parameter model < fixed parameter model. The best model without covariable was quadratic model with random effect of intercept, whereas the best model with covariable was also quadratic model with random effect of intercept. However, the soil-P covariable was not significant explaining the variance of intercept of quadratic model.

Keywords: Random parameter, fixed parameter, response function, P fertilizer.

### PENDAHULUAN

Rekomendasi pemupukan P pada padi sawah disusun berdasarkan kurva respon pemupukan umum (*generalized curve*) untuk masing-masing kelas uji tanah menggunakan regresi kuadratik dengan metode kuadrat terkecil (MKT) dengan asumsi sisaan menyebar normal, bebas dan ragam sama. Berdasarkan persamaan kurva respon ini ditentukan takaran optimum untuk setiap kelas uji tanah mengikuti kaidah analisis ekonomi (Setyorini *et al.* 2003; Sulaeman, 2010).

Namun demikian, hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa fungsi plateau lebih baik menyuaikan data pemupukan daripada fungsi respons hara pembatas (*limiting nutrient*) atau model fungsi polinomial (Anderson and Nelson, 1976; Cerrato and Blackmer, 1990; Makowski *et al.* 1999; Tembo *et al.* 2003; Tumusiime *et al.* 2011). Beberapa peneliti mengajukan model yang menghubungkan respons hasil tanaman dengan sifat-sifat tanah sebelum diberikan pemupukan (Nelson *et al.* 1985; Makowski *et al.* 2001; Kastens *et al.* 2003; Makowski and Lavielle, 2006). Selain itu, asumsi bahwa parameter model mempunyai nilai tetap (*fixed values*) dan sisakan model bersifat bebas dan mempunyai ragam sama pada metode kuadrat terkecil tidak realistik bagi data percobaan pemupukan multilokasi yang dapat berbeda respons dan tingkat ketelitiannya dari satu lokasi ke lokasi lainnya.

Beberapa peneliti mengajukan metode berbeda dalam pendugaan parameter model respons pemupukan berdasarkan pada model parameter acak. Pada tipe model ini, model fungsi respons sama bagi semua lokasi, tetapi nilai parameter bervariasi antar lokasi. Biasanya parameter model dianggap sebagai peubah acak yang menyebar normal. Unsur yang perlu diduga adalah nilai harapan dan matriks ragam-peragam dari sebaran parameter. Unsur-unsur ini menggambarkan bagaimana nilai-nilai parameter bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. (Wallach, 1995; Makowski *et al.* 2001; Makowski *et al.* 2002; Makowski and Lavielle, 2006; Tumusiime *et al.* 2011a).

Makowski *et al.* (2002) dan Tumusiime *et al.* (2011a) menunjukkan bahwa model parameter acak lebih baik daripada model parameter tetap untuk menggambarkan respons pemupukan multilokasi. Keuntungan ekonomi dari dosis optimum pemupukan berdasar model parameter acak lebih tinggi daripada dosis optimum berdasar pada model parameter tetap.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pendugaan parameter terbaik model respons pemupukan P pada padi sawah bagi rekomendasi pemupukan P spesifik lokasi.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan data percobaan multilokasi pemupukan P pada padi sawah. Setiap percobaan terdiri dari lima taraf perlakuan pemupukan P. Respons yang diukur adalah berat gabah kering bersih (ku/ha). Sifat tanah yang diukur adalah kandungan hara P total (HCl 25%) sebelum percobaan. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan (Moersidi *et al.* 1990; Puslitanak, 1992; 1993; 1994).

Fungsi-fungsi respons yang digunakan untuk menggambarkan respons pemupukan P pada padi sawah adalah linear plateau, kuadratik dan Spillman-Mitscherlich dengan atau tanpa mempertimbangkan kadar hara P total (HCl 25%) awal percobaan.

Model stokastik respons linear plateau adalah sebagai berikut,

dimana  $y_{il}$  adalah hasil padi pada plot ke- $i$  lokasi ke- $l$ ;  $F_{il}$  = taraf pemupukan P;  $\mu_\gamma$  = rataan hasil plateau;  $s_l$  = pengaruh acak *slope*;  $v_l$  = pengaruh acak plateau dari lokasi;  $\mu_l$  = pengaruh acak *intercept* dari lokasi; dan  $\varepsilon_{il}$  = sisaan acak yang menyebar normal.

Model stokastik respons eksponensial Spillman-Mitscherlich adalah sebagai berikut,

$$y_{il} = \alpha - (\beta + s_l) \exp ((-\gamma + v_l) F_{il}) + u_l + \varepsilon_{il} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

dimana  $\alpha$  adalah hasil potensial atau maksimum yang dapat dicapai dengan penambahan pupuk P pada kondisi percobaan;  $\beta$  = peningkatan hasil dengan penambahan pupuk P;  $\gamma$  = rasio penambahan output  $\alpha$  terhadap output  $y$ ; dan  $\varepsilon_{il}$  = sisaan acak dan bebas.

Model stokastik respons kuadratik adalah sebagai berikut,

dimana  $\alpha$  adalah parameter intersep yang nilainya dapat naik atau turun dari lokasi ke lokasi karena pengaruh acak lokasi  $\mu_1$ ;  $\beta$ = koefisien respons linear dengan

pengaruh acak  $v_l$ ;  $\gamma$  = koefisien respons kuadratik dengan pengaruh acak  $s_l$ ; dan  $\varepsilon_{il}$  = sisaan acak dan bebas yang menyebar normal.

Jika model merupakan nonstokastik, maka peubah acak  $s_l$ ,  $v_l$ , dan  $\mu_l$  bernilai nol. Pada model stokastik pengaruh acak  $s_l$ ,  $v_l$ , dan  $\mu_l$  dimasukkan secara sekuensial, yaitu model acak1 (dengan pengaruh acak  $\mu_l$ ), model acak2 (dengan pengaruh acak  $\mu_l$  dan  $v_l$ ) dan model acak3 (dengan pengaruh acak  $s_l$ ,  $v_l$ , dan  $\mu_l$ ). Jika model mempertimbangkan kadar hara P total awal percobaan, maka peragam ( $\omega_l$ ) berhubungan dengan intersep secara linear, yaitu  $E(\alpha|\omega_l) = \mu_\alpha + \delta\omega_l$ .

Model respons diduga menggunakan prosedur nonlinear campuran. Peubah respons adalah hasil padi, dan peubah penjelas adalah pupuk P dan kadar hara P total tanah. Pemilihan model terbaik menggunakan kriteria *Akaike Information Criterion* (Makowski *et al.* 2002; Makowski and Lavielle, 2006; Tumusiime *et al.* 2011a; Tumusiime *et al.* 2011b).

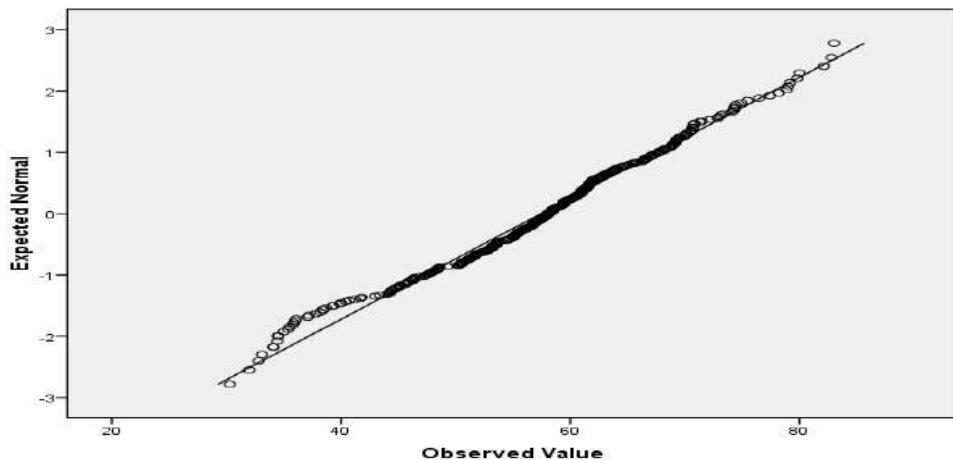
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data percobaan pemupukan fosfor padi sawah multilokasi terdiri dari 25 unit percobaan. Kadar P berkisar dari 35–201 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g (Tabel 1).

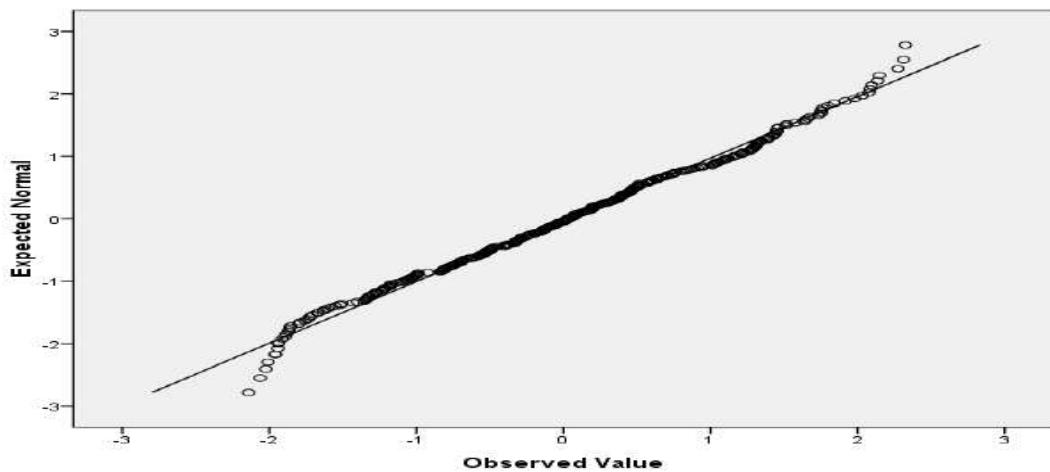
Tabel 1 Lokasi percobaan dan kandungan P-total (HCl 25%)

Lokasi	PHCl 25% (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Lokasi	PHCl 25% (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
<b>Jawa</b>			
Watusalam	89	Sungaitarab	52
Benda	39	Kubung	77
Lohbener	93	Sungaisarik	35
Cilamaya	72	Balaiselasa	35
Balen	132	Tilatangkamang	62
Sumbang	127	Sidoarjo	159
Sirnagalih	104	Karyadadi	77
Pusakanegara	63	Wonokerto	163
Plumbon	81	<b>Lombok</b>	
Maron	51	Sakra	82
Ketitang	86	Jonggat	105
Kemiri	72	Masbagik	201
Gurah	56		
Gentasari	47		

Pemeriksaan kenormalan data menunjukkan bahwa data berat gabah kering tidak menyebar normal. Nilai statistik Kolmogorov-Smirnov sebesar 0,061 dengan nilai-P=0,002. Plot peluang normal tidak menunjukkan pola garis lurus (Gambar 1). Hasil transformasi Johnson menunjukkan bahwa data berat gabah kering menyebar normal. Nilai statistik Kolmogorov-Smirnov sebesar 0,035 dengan nilai-P=0,200. Plot peluang normal menunjukkan pola garis lurus (Gambar 2). Dengan demikian analisis selanjutnya menggunakan data hasil transformasi.



Gambar 1 Plot peluang normal hasil padi.



Gambar 2 Plot peluang normal transformasi hasil padi.

### Model Tanpa Peragam

Hasil penyesuaian model dan dugaan parameter dapat dilihat pada Tabel 2, 3 dan 4. Pada model parameter tetap tanpa mempertimbangkan P tanah, koefisien intersep ( $\beta_0$ ) model linear plateau nyata (nilai-P < 0,05), sedangkan koefisien

slope ( $\beta_1$ ) dan plateau ( $\mu_p$ ) tidak nyata (nilai-P >0,05). Pada model Spillman-Mitscherlich koefisien-koefisien a,b dan c dan model kuadratik koefisien  $\beta_0,\beta_1$  dan  $\beta_2$  tidak nyata (nilai-P >0,05). Nilai AIC dan BIC ketiga model tersebut secara berurutan adalah Kuadratik < Linear Plateau < Spillman-Mitscherlich. Hal ini berarti bahwa model kuadratik lebih baik dari model Linear Plateau dan Spillman-Mitscherlich dalam menyuaiakan model parameter tetap bagi respons pemupukan P.

Pada model parameter acak (model1) tanpa mempertimbangkan P tanah, penyuaiian model linear plateau tidak konvergen. Pada model Spillman-Mitscherlich koefisien-koefisien a,b, c tidak nyata (nilai-P >0,05), tetapi pengaruh acak dari intersep ( $\sigma_{ul}$ ) nyata (nilai-P < 0,05). Pada model kuadratik koefisien  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  tidak nyata (nilai-P >0,05), tetapi pengaruh acak dari intersep ( $\sigma_{ul}$ ) nyata (nilai-P <0,05). Nilai AIC dan BIC model parameter acak (model1) dari model Spillman-Mitscherlich dan kuadratik lebih kecil dari model parameter tetap. Hal ini berarti bahwa model parameter acak (model1) lebih baik daripada model parameter tetap dalam menyuaiakan model bagi respons pemupukan P. Nilai AIC dan BIC model parameter acak (model1) Kuadratik < Spillman-Mitscherlich menunjukkan bahwa model terbaik adalah Kuadratik.

Pada model parameter acak (model2) tanpa mempertimbangkan P tanah, koefisien intersep ( $\beta_0$ ), slope ( $\beta_1$ ) dan pengaruh acak dari plateau ( $\sigma_{vl}$ ) model linear plateau tidak nyata (nilai-P >0,05); sedangkan koefisien plateau ( $\mu_p$ ) dan pengaruh acak dari intersep ( $\sigma_{ul}$ ) nyata (nilai-P <0,05). Pada model Spillman-Mitscherlich dan kuadratik penyuaiian model parameter acak (model2) tidak konvergen, sehingga tidak dapat diterapkan (*not applicable*). Dengan demikian model terbaik model2 parameter acak tanpa mempertimbangkan P tanah adalah linear plateau. Adapun model3 parameter acak tanpa mempertimbangkan P tanah pada model linear plateau, Spillman-Mitscherlich dan kuadratik tidak dapat disuaikan (*not applicable*).

Tabel 2 Parameter dugaan model Linear Plateau

Parameter	Tetap		Acak2	
	Tanpa peragam	Dengan peragam	Tanpa peragam	Dengan peragam
$\beta_0$	-0,0101	-0,0243	0,0222	0,3537
$\sigma^2_{ul}$				
$\beta_1$			0,0069	0,0051
$\sigma^2_{sl}$	0,0010	0,0019	0,0022	0,0010
$\mu_p$	0,0258	0,0230	0,0322	0,4428
$\sigma^2_{vl}$			0,0019	0,0207
$\delta$		-0,0003		-0,0072
$\sigma^2_\epsilon$	0,0102	0,0102	0,0023	0,0024
-2 Log-like	1055,0	1054,9	611,8	618,3
AIC	1063,0	1064,9	623,8	632,3
BIC	1078,6	1084,4	631,2	640,8

Tabel 3 Parameter dugaan model Spilmann-Mitscherlich

Parameter	Tetap		Acak1	
	Tanpa peragam	Dengan peragam	Tanpa peragam	Dengan peragam
a	0,0131	-0,1066	0,0743	-0,0232
$\sigma^2_{ul}$			0,0075	0,0074
b	-0,0023	-0,0127	0,1076	0,1075
$\sigma^2_{sl}$				
c	-0,0069	-0,0030	0,0210	0,0211
$\sigma^2_{vl}$		0,0013		0,0011
$\delta$				
$\sigma^2_\epsilon$	0,0102	0,0102	0,0024	0,0024
-2 Log-like	1055,2	1054,2	613,1	613,0
AIC	1063,2	1064,2	623,1	625,0
BIC	1078,8	1083,8	629,2	632,4

Tabel 4 Parameter dugaan model Kuadratik

Parameter	Tetap		Acak1	
	Tanpa peragam	Dengan peragam	Tanpa peragam	Dengan peragam
$\beta_0$	-0,0285	-0,1339	-0,0295	0,1243
$\sigma^2_{ul}$			0,0083	0,0087
$\beta_1$	0,0016	0,0015	0,0018	0,0018
$\sigma^2_{sl}$				
$\beta_2$	-7,99E-6	-8E-6	-7,45E-6	-7,29E-6
$\sigma^2_{vl}$				
$\delta$		0,0013		-0,0017
$\sigma^2_\epsilon$	0,0102	0,0102	0,0024	0,0023
-2 Log-like	1054,8	1053,9	612,4	612,1
AIC	1062,8	1063,9	622,4	624,1
BIC	1078,5	1083,4	628,5	631,5

## Model Dengan Peragam

Pada model parameter tetap dengan mempertimbangkan P tanah, koefisien intersep ( $\beta_0$ ) model linear plateau nyata (nilai-P <0,05). tetapi koefisien slope ( $\beta_1$ ), plateau ( $\mu_p$ ) dan P tanah ( $\delta$ ) tidak nyata (nilai-P >0,05). Pada model Spillman-Mitscherlich koefisien-koefisien a,b,c dan koefisien P tanah ( $\delta$ ) tidak nyata (nilai-P >0,05). Adapun pada model kuadratik koefisien intersep ( $\beta_0$ ), koefisien  $\beta_1$  ,  $\beta_2$  dan P tanah ( $\delta$ ) tidak nyata (nilai-P >0,05). Nilai AIC dan BIC model parameter tetap dengan mempertimbangkan P tanah secara berurutan adalah Kuadratik < Spillman-Mitscherlich < Linear Plateau menunjukkan bahwa model kuadratik lebih baik dari model Linear Plateau dan Spillman-Mitscherlich dalam menyuaikan model parameter tetap dengan mempertimbangkan P tanah.

Pada model1 parameter acak dengan mempertimbangkan P tanah, penyuaian model linear plateau tidak konvergen. Pada model Spillman-Mitscherlich koefisien-koefisien a,b, c dan P tanah ( $\delta$ ) tidak nyata (nilai-P >0,05), tetapi pengaruh acak dari intersep ( $\sigma_{ul}$ ) nyata (nilai-P <0,05). Pada model kuadratik koefisien  $\beta_0$  , $\beta_1$  dan  $\beta_2$  dan P tanah ( $\delta$ ) tidak nyata (nilai-P >0,05), tetapi pengaruh acak dari intersep ( $\sigma_{ul}$ ) nyata (nilai-P <0,05). Nilai AIC dan BIC model1 parameter acak dengan mempertimbangkan P tanah Kuadratik < Spillman-Mitscherlich menunjukkan bahwa model terbaik adalah Kuadratik.

Pada model2 parameter acak dengan mempertimbangkan P tanah, koefisien intersep ( $\beta_0$ ), slope ( $\beta_1$ ), dan plateau ( $\mu_p$ ) model linear plateau tidak nyata (nilai-P >0,05), tetapi pengaruh acak dari intersep ( $\sigma_{vl}$ ) dan pengaruh acak dari plateau ( $\sigma_{ul}$ ) serta P tanah nyata (nilai-P <0,05). Model2 parameter acak Spillman-Mitscherlich dan kuadratik dengan mempertimbangkan P tanah tidak dapat disuaikan. Dengan demikian model terbaik model2 parameter acak dengan mempertimbangkan P tanah adalah linear plateau. Adapun model3 parameter acak dengan mempertimbangkan P tanah tidak dapat disuaikan (*not applicable*) pada respons pemupukan P padi sawah.

## Perbandingan Model Terbaik

Perbandingan model menunjukkan bahwa model respons pemupukan P pada padi sawah, baik tanpa mempertimbangkan P tanah ataupun dengan

mempertimbangkan P tanah nilai AIC model1 parameter acak <model2 parameter acak < model parameter tetap, menunjukkan bahwa model terbaik adalah model1 parameter acak (Tabel 5). Jika tanpa mempertimbangkan P tanah, model terbaik adalah model kuadratik dengan pengaruh acak dari intersep (model acak1), sedangkan jika mempertimbangkan P tanah model terbaik juga model kuadratik dengan pengaruh acak dari intersep (model acak1).

Tabel 5 Perbandingan model terbaik

Statistik	Tanpa peragam			Dengan peragam		
	Tetap	Acak1	Acak2	Tetap	Acak1	Acak2
Model terbaik	K	K	LRP	K	K	LRP
-2 Log-like	1054,8	612,4 (L0)	611,8	1053,9	612,1 (L1)	618,3
AIC	1062,8	622,4	623,8	1063,9	624,1	632,3
BIC	1078,5	628,5	631,2	1083,4	631,5	640,8

Uji ratio likelihood digunakan untuk menguji hipotesis  $\delta=0$  pada model1 parameter acak kuadratik, jika parameter  $\delta$  didefinisikan sebagai  $E(\alpha|\omega_l) = \mu_\alpha + \delta\omega_l$ . Misalkan  $L_1$  and  $L_0$  menunjukkan nilai logaritma likelihood dari model dengan dan tanpa peragam. Pada hipotesis nol  $\delta=0$ , statistik uji  $2*(L_1-L_0)$  adalah menyebar  $\chi^2$  dengan 1 derajat bebas. Dengan demikian menggunakan taraf nyata 5%, hipotesis nol ditolak jika  $2*(L_1-L_0) > 3,84$ . Statistik uji didapatkan sebesar 0.3. Hal ini berarti kandungan P tanah awal percobaan tidak nyata menerangkan keragaman intersep pada model kuadratik. Dengan demikian model terbaik bagi respons pemupukan P pada padi sawah adalah model kuadratik dengan mempertimbangkan pengaruh acak dari intersep tanpa mempertimbangkan P tanah.

## KESIMPULAN

Model parameter acak lebih baik daripada model parameter tetap untuk menggambarkan respons pemupukan P pada padi sawah, baik tanpa mempertimbangkan P tanah ataupun dengan mempertimbangkan P tanah. Model terbaik bagi respons pemupukan P pada padi sawah adalah model kuadratik dengan mempertimbangkan pengaruh acak dari intersep tanpa mempertimbangkan P tanah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Institut Pertanian Bogor atas bantuan dana BOPTN Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Republik Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson RL, Nelson LA. 1975. A family of models involving intersecting straight lines and concomitant experimental designs useful in evaluating response to fertilizer nutrients. *Biometrics* 31 : 303-318.
- Cerrato ME, Blackmer AM. 1990. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*. 82:138-143.
- Kastens TL, Schmidt JP, Dhuyvetter KC. 2003. Yield models implied by traditional fertilizer recommendations and a framework for including nontraditional information. *Soil Science Society America Journal*. 67 (1) : 351 -364.
- Makowski D, Wallach D, Meynard JM. 1999. Models of yield, grain protein, and residual mineral N responses to applied N for winter wheat, *Agronomy Journal*. 91: 377-385.
- Makowski D, Wallach D, Meynard JM. 2001. Statistical methods for predicting the responses to applied N and for calculating optimal N rates, *Agronomy Journal*. 93 :531–539.
- Makowski D, Wallach D. 2002. It Pays to Base Parameter Estimation on a Realistic Description of Model Errors. *Agronomie* 22:179–89.
- Makowski D, Lavielle M. 2006. “Using SAEM to estimate parameters of response to applied fertilizer.” *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*. 11:45-60.
- Moersidi S, Prawirasumantri J, Hartatik W, Pramudia A, Sudjadi M. 1990. Evaluasi kedua keperluan fosfat pada lahan sawah intensifikasi di Jawa. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Nelson LA, Voss RD, Pesek J. 1985. Agronomic and statistical evaluation of fertilizer response *dalam* Fertilizer technology and use. 3 rd edition. O. P. Engelstad *et al.* (eds). Soil science society of america, inc. Madison Wisconsin.
- Puslitanak. 1992. Status kalium dan peningkatan efisiensi pemupukan KCl pada tanah sawah di Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Badan Litbang Pertanian.

- Puslitanak. 1993. Penelitian status P dan K serta respon padi terhadap penggunaan pupuk P dan K. Badan Litbang Pertanian.
- Puslittanak. 1994. Penelitian Identifikasi Parameter Kebutuhan Pupuk P dan K Lahan Sawah Intensifikasi di Sumatera Barat dan Sumatera Selatan. Laporan Hasil Penelitian. Bogor.
- Rochayati S, Adiningsih JS . 2002. Pembinaan dan pengembangan program uji tanah untuk hara P dan K pada lahan sawah. Puslittannak. Badan Litbang Pertanian.
- Setyorini D, Adiningsih JS, Rochayati S. 2003. Uji Tanah Sebagai Dasar Penyusunan Rekomendasi Pemupukan. Seri Monograf 2: *Sumber Daya Tanah Indonesia*. Bogor: Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian.
- Sulaeman Y. 2010. PKDSS: Sistem Pakar Pemupukan. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Volume 32 No. 6.
- Tembo GG, Wade Brorsen B, Francis M. Epplin. 2003. Linear Response Stochastic Plateau Functions. Selected Paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association annual meetings, Mobile, Alabama.
- Tumusiime E, Brorsen BW, Mosali J, Johnson J, Locke J, Jon T. Biermacher. 2011a. Determining Optimal Levels of Nitrogen Fertilizer Using Random Parameter Models. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 43(4) :541–552.
- Tumusiime E, Wade Brorsen B, Christopher N. Boyer. 2011b. The Law of the Minimum and Sources of Nonzero Skewness for Crop Yield Distributions. *Selected Paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Corpus Christi, TX February 5-8, 2011.*
- Wallach D. 1995. Regional optimization of fertilization using a hierarchical linear model, *Biometrics* 51 : 338–346.

**KARASTERISTIK JUS SILASE JAGUNG BERBEDA UMUR  
SERTA KEMAMPUANNYA DALAM MENGHAMBAT *ESCHERICHIA.  
COLI DAN SALMONELLA SP***

(Juice Characteristics of Corn Silage From Different Age and Its Capability of Inhibiting *Escherichia Coli* dan *Salmonella* sp.)

**Nahrowi<sup>1)</sup>, Agus Setiyono<sup>2)</sup>, Franky Ninthyas Gurning<sup>1)</sup>**

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

<sup>2)</sup>Dep. Klinik, Reproduksi dan Patologi, Fakultas Kedokteran Hewan, IPB

**ABSTRAK**

Penelitian bertujuan untuk mengkaji dan membandingkan karakteristik jus silase jagung umur 45 hari dengan 365 hari serta mengkaji kemampuannya dalam menghambat *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp. yang diisolasi dari pedet sapi perah yang sedang diare akut. Jus dipabrikasi bersamaan dengan produksi silase jagung dan diisolasi melalui pengepresan berbantuan dongkrak hidrolik. Masing masing jus dievaluasi komposisi dan kandungan asam organik, pH dan jumlah bakteria asam laktat (BAL). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jus silase mempunyai pH 2,98–4,47; BAL  $0,3 \times 10^8$ – $2,2 \times 10^8$  CFU/ml dan asam laktat 0,07–0,4 g/l. Satu kilogram silase berkadar air 55% dapat menghasilkan 275 gr jus. Jus silase umur 45 hari dan 365 hari mempunyai karakteristik sebagai berikut pH:  $2,98 \pm 0,06$  vs  $4,47 \pm 0,3$ ; asam laktat:  $0,4 \pm 0,05$  vs  $0,07 \pm 0,06$  g/l; dan total BAL:  $2,2 \times 10^8$  vs  $0,3 \times 10^8$  CFU/ml. Kedua jus mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp., namun daya hambat jus dari silase umur 365 hari lebih rendah dari jus silase umur 45 hari. Dapat disimpulkan bahwa karakteristik dan daya hambat jus silase melawan *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp. semakin menurun seiring dengan semakin tuanya umur silase.

Kata kunci: Jus silase, asam organik, daya hambat, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp.

**ABSTRACT**

The objectives of this research were to study and compare the juice characteristics of corn silage age 45 days and 365 days and study its capability to inhibit *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. isolated from acute diarrhea of dairy calf. Juice was manufactured in conjunction with the production of corn silage and the juice was isolated by pressing silage using hydraulic pump. Each juice was evaluated for its composition and organic acid content, pH and the concentration of lactic acid bacteria (LAB). The results showed that the silage juice has a pH of 2,98–4,47; BAL  $0,3 \times 10^8$ – $2,2 \times 10^8$  CFU/ml, and lactic acid 0,07–0,4 g/l. One kilogram of silage with 55% water resulted 275 grams of juice. Juice from silage age 45 days and 365 days had the following characteristics: pH was  $2,98 \pm 0,06$  ;  $4,47 \pm 0,3$  vs. 2 ; lactic acid concentration was  $0,4 \pm 0,05$  vs.  $0,07 \pm 0,06$  g/l, and total BAL was  $2,2 \times 10^8$  vs.  $0,3 \times 10^8$  CFU/ml. All juices were capable of inhibiting the growth of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp., but its inhibition was lower for the juice from silage age 365 days compared with that of 45 days. It is concluded that the quality of juice was decreased as increasing the age of silage with special reference on decreasing inhibitor of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp.

Keywords: Silage juice, organic acids, inhibition, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp.

## PENDAHULUAN

Bakteri asam laktat (BAL) telah banyak dilaporkan berperan penting dalam menghambat bakteri patogen. Penggunaan bakteri asam laktat sebagai agen biopreservasi maupun sebagai agen antidiare melalui aktifitas metabolitnya telah dilaporkan oleh Russel (1992); Piard dan Desmazeaud (1991 dan 1992); Finnegan *et al.* (2010); Schaefer *et al.* (2010). Brooks *et al.* (2001) melaporkan bahwa pakan yang difermentasi oleh BAL mampu mencegah kontaminasi yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella*. Bakteri asam laktat dapat menghambat pertumbuhan *Clostridia* dalam bahan pakan (McDonald 1991) dan mampu memutus siklus rantai penyebaran *Escherichia coli* dalam pakan (Duniere *et al.* 2011).

Produk hasil fermentasi silase tidak hanya menghasilkan pakan yang awet namun juga dapat menghasilkan asam organik dan BAL yang dapat dipakai sebagai sumber feed additive potensial dan ekonomis (Nahrowi & Ridla 2011). Hasil kajian sebelumnya menunjukkan bahwa pakan unggas yang difermentasi menjadi silase mampu memberikan hasil yang sebanding dengan pakan bentuk kering (Nahrowi *et al.* 2007). Bakteri asam laktat yang diisolasi dari silase ransum komplit mampu menghambat bakteri *Escherichia coli* (in vitro), sedangkan asam organik silase mampu menghambat pertumbuhan *S. thypimurrium*. Lebih jauh Gurning *et al.* (2013) melaporkan bahwa jus silase jagung mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp. yang diisolasi dari pedet preruminan yang mengalami diare. Namun sampai saat ini karakteristik dan kemampuan antibakteri jus dari umur silase yang berbeda belum pernah dilaporkan. Paper ini menguraikan karakteristik jus silase jagung umur 45 hari dan 365 hari serta kemampuan jus dalam menghambat *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp. yang diisolasi dari pedet sapi perah yang sedang diare akut.

## METODE PENELITIAN

### **Persiapan Silase**

Dua ton tanaman jagung berumur dua bulan yang terdiri atas batang, daun dan biji dipanen dan dipotong dengan ukuran 1–2 cm menggunakan chopper.

Bahan kemudian diaduk hingga merata dan dimasukkan kedalam kantong plastik setebal 0,35 mm. Kantong plastik kemudian divakum dan diikat kencang dengan karet. Kantong plastik yang telah terikat kemudian dimasukkan kedalam dua puluh tong penampung dan ditutup rapat. Tong penampung yang berisi bahan kemudian didiamkan dalam suhu ruang selama 45 dan 365 hari agar proses ensilage terjadi sempurna dan produk silase dihasilkan.

### **Persiapan Jus Silase**

Sepuluh sample silase umur 45 dan 365 hari diambil secara acak dari tong-tong penampung. Kantong plastik silase dibuka dan dibuang bagian atas setebal satu cm (bagian yang tidak baik). Separuh bagian yang baik dikeluarkan dari kemasan sebelum bagian sisi samping dan bawah wadah kemasan dilubangi untuk dipress. Jus silase diperoleh dengan mengepress silase menggunakan pressan hidrolik. Jus dan sample yang dikeluarkan dari kemasan segera dibawa ke laboratorium untuk dianalisa komposisi dan konsentrasi asam organik, jumlah total BAL, derajat keasaman (pH), dan daya hambatnya melawan *E.coli* dan *Salmonella* sp.

### **Analisa Laboratorium**

Penghitungan jumlah koloni bakteri asam laktat (BAL) jus dilakukan dengan menggunakan metode total plate count (Edwards 2006). Nilai pH sampel jus diukur dengan menggunakan pH meter (sensION<sup>TM</sup>). Kandungan asam laktat diukur secara enzimatis dan asam organik lainnya diukur menggunakan HPLC (AOAC 2002). Uji daya hambat jus melawan *E. coli* dan *Salmonella* sp. dilakukan menggunakan metoda difusi sumur agar.

### **Analisa Data**

Data komposisi kimia, kandungan BAL, dan daya hambat jus dari silase umur 45 dan 365 hari dibandingkan menggunakan analisa statistika deskriptif.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

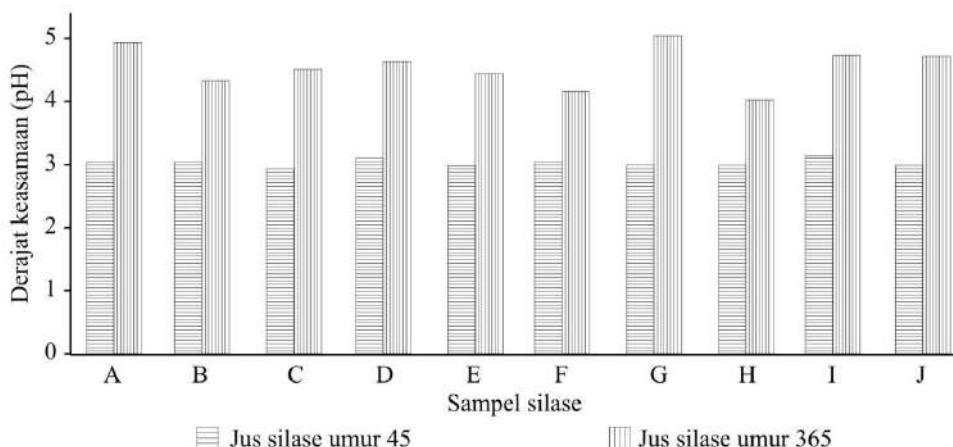
### **Produksi dan Profil Jus Silase**

Silase jagung penelitian mempunyai kadar air rataan sebesar 45%, atau mengandung bahan kering sebesar 55%. Pengepresan menggunakan hidrolik

terhadap silase dapat menghasilkan cairan (jus) sebanyak 270 kg per kg silase. Jus yang dihasilkan berwarna coklat kehijauan, beraroma dan mempunyai rasa asam, serta mempunyai viscositas rendah.

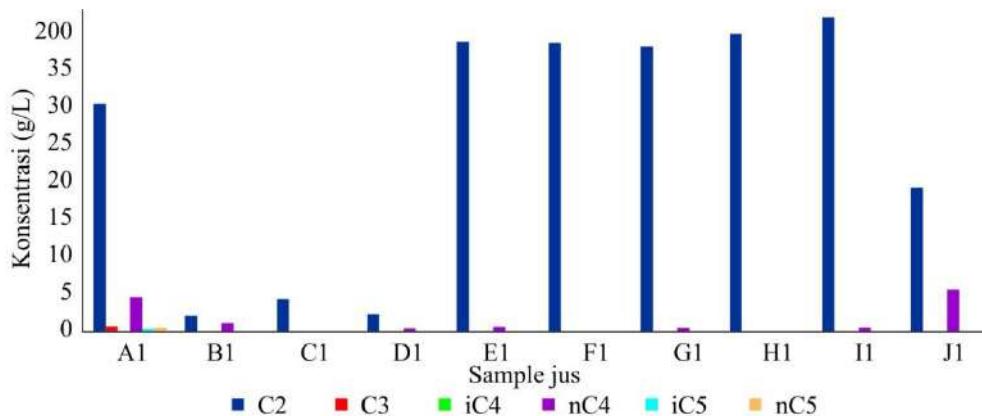
Derajat keasaman (pH) jus dari silase jagung berumur 45 hari sebesar  $2,98 \pm 0,06$  ( $n=10$ ), sedangkan silase jagung yang berumur setahun menghasilkan jus dengan rataan pH sebesar  $4,47 \pm 0,32$  ( $n=10$ ). Derajat keasaman jus semakin meningkat dengan meningkatnya umur silase jagung. Derajat keasaman yang semakin meningkat dengan meningkatnya umur silase sangat terkait dengan berubahnya komposisi bakteri yang ada di dalam silase akibat dari perubahan suhu dan kelembaban lingkungan yang terjadi selama penyimpanan. Perubahan komposisi bakteri secara langsung akan berpengaruh pada produk metabolisme primer dan sekunder yang dihasilkan. Produk metabolisme yang ada pada jus dari silase berumur tua didominasi oleh asam asetat bukan laktat, sehingga pHnya agak tinggi (lebih besar dari 3). Gambaran pH jus silase jagung yang masih fresh dan yang sudah disimpan setahun ditampilkan pada Gambar 1. Nilai pH jus dari silase umur 45 hari lebih rendah dari pH silase jagung yang dilaporkan oleh Kung dan Shaver (2001), Pang *et al.* (2011), dan Cherney *et al.* (2004).

Jus silase mengandung rataaan bakteri asam laktat (BAL) sebesar  $2,2 \times 10^8$  ( $n=5$ ). Jumlah BAL yang dihasilkan dalam penelitian ini jauh lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Pang *et al.* (2011). Keberadaan BAL yang tinggi pada jus mengindikasikan bahwa proses ensilage telah berjalan dengan baik yang selanjutnya membuat pH menurun dan mencapai pH dibawah 3.

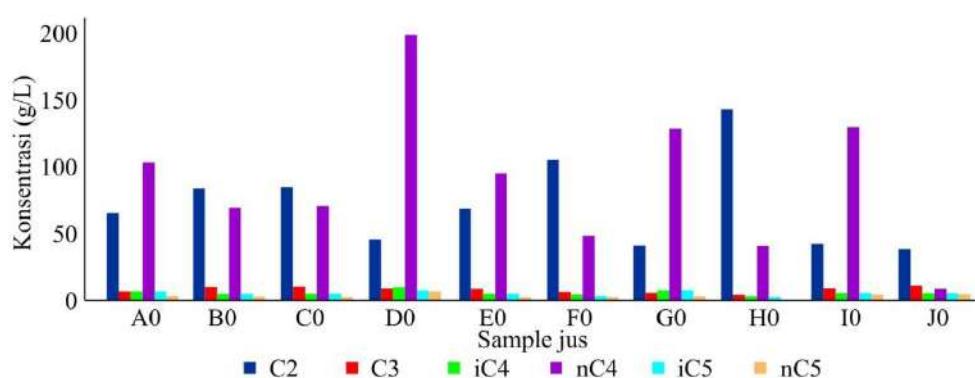


Gambar 1 Pengaruh umur silase terhadap pH jus yang dihasilkan.

Komposisi asam organik jus dari silase berumur 45 hari dan 365 hari disajikan pada Gambar 2 dan 3. Berbeda dengan jus dari silase berumur 365 hari, jus dari silase berumur 45 hari mengandung asam laktat empat kali lebih tinggi dari asam laktat dari jus silase umur tua. Rataan kandungan asam laktat jus dari silase umur 45 hari adalah  $0,4 \pm 0,05$  g/l, sedangkan jus dari silase umur setahun sebesar  $0,07 \pm 0,06$  g/l. Selain mengandung asam laktat yang tinggi, jus dari silase umur 45 hari mengandung asam asetat, tetapi jus ini tidak mengandung asam propionat, iso butirat dan iso valerat. Hasil ini tidak bertentangan dengan hasil yang dilaporkan oleh Kung dan Shaver (2001); Cherney *et al.* (2004) dan Pang *et al.* (2011). Sebaliknya jus dari silase umur 365 hari didominasi oleh asam asetat dan butirat, dan sejumlah kecil asam propionat, valerat dan isobutirat (Gambar 3). Munculnya asam butirat mengindikasikan adanya aktivitas *Clostridia* yang mendegradasi asam amino maupun asam laktat. *Clostridia* tumbuh dengan baik pada pH netral (7 – 7,4) dan tidak dapat tumbuh pada pH dibawah 4 (Mc Donald *et al.* 1991).



Gambar 2 Komposisi asam organik jus dari silase jagung umur 45 hari.

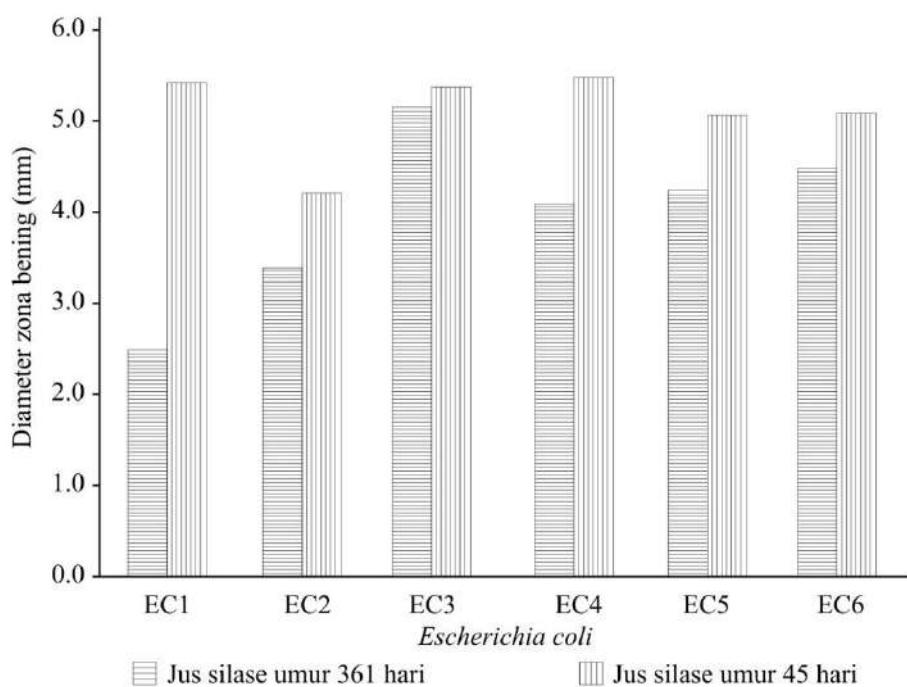


Gambar 3 Komposisi asam organik jus dari silase jagung umur 365 hari.

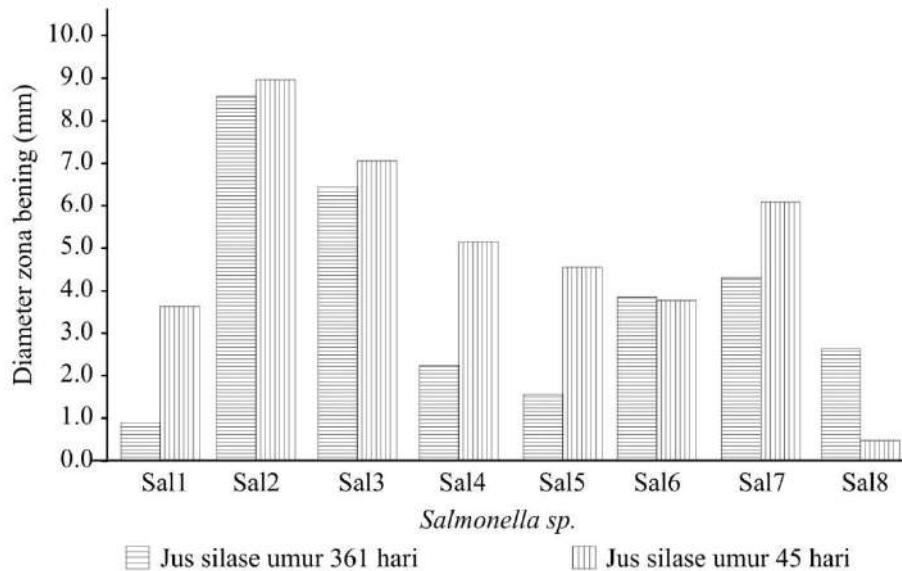
### Daya Hambat Jus Silase Melawan *E. coli* dan *Salmonella* Sp.

Jus silase mampu menghambat pertumbuhan seluruh bakteri patogen gram negatif yang diuji (*E. coli* dan *Salmonella* sp.) baik yang diisolasi dari feses sapi pedet diare, maupun dari bakteri patogen lainnya yang ditunjukkan oleh terbentuknya zona bening. Luas area zona bening terbesar dihasilkan jus bila ditantang bakteri *Salmonella* dan terkecil bila ditantang oleh *E. coli*. (Gambar 4 dan 5). Fakta ini menunjukkan bahwa jus silase lebih mampu menghambat *Salmonella* dibandingkan menghambat *E. coli*. Hasil ini memperkuat hasil sebelumnya yang membandingkan kemampuan jus silase dengan antibiotik gabungan Chlor-tetracyclin dengan Erythromycin dalam melawan *E. coli* dan *Salmonella* sp. yang diisolasi dari pedet sapi diare (Gurnig, 2013).

Daya hambat jus dari silase berumur 365 hari lebih rendah dari jus asal silase umur 45 hari (Gambar 4 dan 5) mengindikasikan kemampuan jus silase dalam menghambat bakteri patogen. Kemampuan jus silase jagung dalam menghambat bakteri patogen masih tetap ada pada jus meskipun silase penghasil jus tersebut telah disimpan selama 365 hari.



Gambar 4 Daya hambat jus silase yang berbeda umur terhadap *Escherichia coli*.



Gambar 5 Daya hambat jus silase yang berbeda umur terhadap isolate *Salmonella sp.*

## KESIMPULAN

Karakteristik jus silase jagung yang baik adalah pH 2,98; BAL > 2,2 x 10<sup>8</sup>, dan didominasi oleh asam laktat dengan konsentrasi di atas 0,4 g/l. Kualitas jus semakin menurun dengan semakin meningkatnya umur silase.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada IPB yang telah membiayai penelitian ini melalui DIPA IPB Nomor 234/IT3.41.2/L2/SPK/2013.

## DAFTAR PUSTAKA

- Association of official Analytical Chemists. AOAC. 1. Official Methods of Analysis.15th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Brooks PH, Beal JD, Niven SJ. 2001. Liquid feeding of pigs: potential for reducing environmental impact and for improving productivity and food safety. Recent Advances in Animal Nutrition in Australia.13: 49-63.
- Cherney DJR, Cherner JH, Cox WJ. 2004. Fermentation of corn forage ensiled in mini-silos. J. Dairy Sci. 87:4237-4246
- Duniere LA, Gleizal F, Chaucheyras-Durand I, Chevallier, Thevenot-Sergentet D. 2011. Fate of Escherichia coli O26 in corn silage experimentally contaminated at ensiling, at opening or after aerobic exposure and protective

effect of various bacterial inoculants. *Appl. Environ. Microbiol.* doi:10.1128/AEM.06320-11.

Edward VA. 2006. Plate Count Procedure. Quatality control method. Alken Murray Corporation. New Hyde Park. New York.

Finnegan M, Linley E, Denyer SP, McDonnell G, Simons C, Maillard J. 2010. Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: differences between liquid and gas forms. *J. Antimicrob Chemoter.* 65:2108-2115.doi:10.1093/jac/dkq308.

Gurning FN. 2013. Profil jus silase jagung dan kemampuannya dalam menghambat bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp. yang diisolasi dari feses pedet diare. [Tesis]. IPB.

Kung L, Shaver R. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis report. Focus on Forage. Vol 3: 1-5. University of Wisconsin.

McDonald P, Henderson AR, Heron SJE. 1991. The Biochemistry of Silage. 2<sup>nd</sup> ed. Cambrian Printers, Aberytwyth.

Nahrowi, Ridla M. 2011. Paket 3 in 1 silase komplit: Proses produksi silase ransum komplit, bakteri asam laktat dan asam organik dengan sistem satu alur. Inovasi Indonesia. <http://www.bic.web.id/>

Nahrowi, Hermana, M. 2007. Performan broiler yang diberi pakan berteknologi fermentasi an-aerob. Prosiding Seminar Nasional AINI VI UGM, Jogjakarta 26-27 Juli 2007

Pang H, Qin G, Tan Z, Li Z, Wang Y, Cai Y. 2011. Natural population of lactic acid bacteria associated with silage fermentation as determined by phenotype, 16 S ribosomal RNA and recA gene analysis. *Systemic and Applied Microbiology.* 34:235-240. Doi:10.1016/j.syapm.2010.10.003

Piard JC, Desmazeaud M. 1991. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 1.Oxygen metabolites and catabolism end-products. *Lait.* 71. 525-541.

Piard JC, Desmazeaud M. 1992. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 2. Bacteriocins and other antibacterial substances. *Lait.* 72:113-142.

Schaefer L, Auchtung TA, Hermans KE, Whitehead D, Borhan B, Britton RA. 2010. The antimicrobial compound reuterin (3-hydroxypropionaldehyde) induces oxidative stress via interaction with thiol groups. *Mic.* Vol 156:1589-1599.doi10.1099/mic.0.035642-0.

## OPTIMASI SOURCE DAN SINK UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI DAN KUALITAS JAMBU KRISTAL

(Source and Sink Optimization to Improve Production and Quality  
of Crystal Guava)

**Slamet Susanto, Maya Melati, Ahmad Junaedi**

Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan (a) mendapatkan informasi perbedaan karakteristik pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman muda jambu kristal asal sambung dan cangkok, (b) mendapatkan informasi pertumbuhan dan pembungaan tanaman jambu kristal dengan dan tanpa pemangkasan, (c) mendapatkan informasi hubungan kapasitas source dengan ukuran dan kualitas buah. Penelitian dilaksanakan di Cikarawang, Dramaga mulai Maret–Desember 2013 dengan menggunakan tanaman muda berumur 3 tahun dan telah berproduksi. Secara umum tidak terdapat perbedaan pertumbuhan yang berarti tanaman jambu kristal asal cangkok dan asal okulasi. Pada tanaman asal cangkok mempunyai cabang primer lebih banyak dibandingkan dengan tanaman asal sambung, namun dari sisi jumlah daun dan produksi dan kualitas buah tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Pemangkasan telah mengakibatkan munculnya tunas dan bunga baru sehingga meningkatkan jumlah buah. Pemangkasan dengan menyisakan 8 pasang daun menghasilkan buah dengan ukuran yang sedikit lebih besar diandingkan buah yang berasal dari pemangkasan 4 pasang daun. Namun secara keseluruhan kandungan PTT dan asam buah tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Pengaturan rasio buah daun sangat penting dalam mengontrol ukuran buah. Rasio jumlah buah daun 15 menghasilkan buah yang relatif kecil, rasio 30 menghasilkan buah dengan ukuran sedang, sedangkan ukuran buah yang dihasilkan dari tanaman dengan rasio buah daun 60 menghasilkan ukuran buah terbesar. Secara keseluruhan kandungan PTT dan AT tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan.

Kata kunci: Jambu kristal, tidak berbiji, *source-sink*, kualitas buah.

### ABSTRACT

This study aimed to (a) obtain information characteristic differences in vegetative and generative growth of young Crystal guava trees originated from air layering and grafting, (b) obtain information growth and flowering of young Crystal guava trees with and without pruning, (c) obtain information source relation capacities to size and fruit quality. The experiment was conducted at Cikarawang, Dramaga from March to December 2013 by using the 3-year-old bearing trees. In general there were no differences in the growth of trees originated from air layering and grafting. The trees from air layering produced primary branches more than the trees from grafting, but in terms of the number of leaves and fruit production and quality showed no significant difference. Pruning has resulted in the emergence of new shoots and flowers that increased number of fruit. Pruning by remaining 8 pairs of leaves produces a slightly larger fruit as compared with fruit from trees experienced pruning by remaining 4 pairs of leaves. However, the overall content of total soluble solids and acids showed no significant difference among treatments. Arrangement leaves fruit ratio is very important to control the size of the fruit. The leaf fruit ratio of 15 produce relatively small fruit, the ratio of 30 produce fruit with a medium size, while the size of the fruit from trees with leaf fruit ratio of 60 produced largest fruit.

Overall content of soluble solids and acidity showed no significant differences among treatments.

Keywords: Crystal guava, seedless, source and sink, fruit quality.

## PENDAHULUAN

Jambu biji merupakan salah jenis buah-buahan yang berkembang pesat dalam 10 tahun terakhir. Pada tahun 2000 produksi jambu biji baru mencapai 128,621 ton telah meningkat hampir 2 kali lipat menjadi 204,551 ton pada 2010. Beberapa daerah penghasil jambu biji terbesar yaitu Jawa Barat (49.203 ton), Sumatera Utara (35.261 ton), Jawa Tengah (26.659 ton), Jawa Timur (17.709 ton), dan Nusa Tenggara Barat (16.559 ton) (BPS, 2012).

Jambu biji memiliki berbagai manfaat, seperti mengandung vitamin A dan vitamin C yang tinggi dengan kadar gula 8%. Jambu biji juga mempunyai rasa dan aroma yang khas. Jambu biji dipercaya dapat meningkatkan trombosit pada penderita demam berdarah. Jambu biji umumnya dikonsumsi segar atau dibuat minuman dalam bentuk jus. Selain itu juga dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dalam bentuk minuman kaleng.

Terdapat berbagai jenis jambu biji yang tumbuh baik di Indonesia. Namun demikian tidak semua jambu biji mempunyai nilai ekonomis dan disukai konsumen. Jambu biji merah merupakan salah satu jenis jambu biji yang paling berkembang dan disukai konsumen baik untuk dikonsumsi segar maupun untuk dibuat jus karena rasanya yang manis dengan daging buah berwarna merah. Salah satu kelemahan jambu biji merah adalah memiliki biji yang banyak dan daging buahnya lembek ketika buah mencapai fase matang.

Sejak beberapa tahun lalu di Bogor telah mulai dikembangkan jambu biji kristal. Jambu biji kristal mempunyai karakteristik yang khas yaitu tidak berbiji atau berbiji sedikit sekali dan mempunyai daging buah yang lebih keras atau sifat yang renyah ketika matang. Keunggulan jambu biji kristal ini ternyata mendapatkan respon pasar yang sangat baik, sehingga di pasar modern harga jambu kristal ini 2-3 kali lebih tinggi jambu biji merah (PHKI, 2009). Sambutan petani dan instansi pemerintah terkait juga sangat positif terlihat dari areal

pengembangan yang pada saat ini telah mencapai ratusan Ha. Selain itu Deptan juga telah tertarik mengembangkan jambu biji kristal secara nasional dengan dilakukannya pemesanan ribuan bibit ke kelompok tani jambu kristal untuk disebarluaskan ke daerah-daerah potensial.

Penawaran harga jambu biji kristal sekarang sudah tembus pada level Rp 25.000 per kg di pasaran. Meskipun mahal, jambu biji kristal banyak dicari karena rasanya manis dan renyah serta bagian buah jambu biji kristal yang dapat dimakan lebih banyak dibandingkan jambu biji biasa karena sedikit sekali atau bahkan tidak berbiji. Pengembangan pembudidayaan sampai saat ini dilakukan oleh petani dalam skala kecil.

Buah jambu biji kristal ini tidak mendapat saingan yang cukup berarti dari produk buah jambu impor. Jambu kristal tidak seperti jenis jeruk, lengkeng, durian yang banyak dibanjiri produk impor. Dengan keunggulan karakteristik tersebut dan respon konsumen yang sangat baik, jambu kristal sangat potensial dikembangkan untuk meningkatkan daya saing buah produksi dalam negeri. Namun demikian, sebagai tanaman yang belum lama dikembangkan, masih terdapat berbagai masalah yang secara bertahap memerlukan upaya solusi pemecahannya, terutama pengaturan ritme pertumbuhan dan pembungaan, perbaikan penampilan buah dan penanganan pasca panen.

Penelitian ini bertujuan (a) mendapatkan informasi perbedaan karakteristik pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman muda asal sambung dan cangkok, (b) mendapatkan informasi pertumbuhan dan pembungaan tanaman dengan dan tanpa pemangkas, (c) mendapatkan informasi hubungan kapasitas source dengan ukuran dan kualitas buah

## METODE PENELITIAN

Satu seri penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-Oktober 2013, bertempat di kebun IPB dan Kebun Petani Cangkrang, Dramaga. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman jambu kristal muda berumur 3 tahun, berasal dari sambungan dan cangkok. Untuk bibit sambungan batang bawah yang digunakan adalah kultivar jambu merah. Terdapat 80 tanaman asal

cangkok dan okulasi berumur 3 tahun yang disiapkan untuk digunakan untuk penelitian ini. Tanaman dipelihara sesuai standar petani yang dilakukan di kebun Cangkrang. Analisis kualitas buah dilakukan di lab pascapanen Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB. Terdapat berbagai alat yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas buah yaitu tingkat kerenyahan, kadar gula, asam dan vitamin C serta anti oksidan lainnya.

### **Percobaan 1: Kajian Pertumbuhan dan Kualitas Tanaman Asal Cangkok dan Sambung**

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yang dicobakan yaitu perlakuan asal bibit dari okulasi dan cangkok yang ditanam di lapangan berumur 3 tahun dan telah berbuah. Pada masing-masing perlakuan diulang 5 kali. Pengamatan dilakukan terhadap percabangan, jumlah cabang, jumlah daun, pembungaan, fruitset, produksi dan kualitas buah.

### **Percobaan 2: Kajian Pertumbuhan dan Pembungaan Tanaman Dengan dan Tanpa Pemangkasan**

Percobaan dilakukan terhadap tanaman muda berumur 3 tahun dengan Rancangan Acak Lengkap dengan satu factor yang dicobakan. Tanaman dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu dipangkas dan tanpa dilakukan pemangkasan. Setiap perlakuan diulang 5 kali. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah tunas vegetatif yang muncul, jumlah bunga yang muncul, frekuensi pembungaan, fruitset, pertumbuhan buah dan kualitas buah.

### **Percobaan 3: Kajian Leaf Fruit Ratio terhadap ukuran dan kualitas buah**

Percobaan dilakukan terhadap tanaman muda berumur 3 tahun dengan rancangan Acak Lengkap dengan satu factor perlakuan yang dicobakan. Tanaman dikelompokkan menjadi 4 kelompok dengan perbandingan leaf ruit ratio yang berbeda yaitu: 15, 30 dan 60. Setiap perlakuan diulang 5 kali. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah tunas vegetatif yang muncul, pertumbuhan buah dan kualitas buah yang meliputi ukuran, kemulusan, bobot, tingkat kerenyahan kandungan gula, kandungan asam, kandungan vitamin C.

Tanaman dipelihara sesuai dengan standar yang dilakukan petani yang meliputi pemupukan, penyiraman dan pengendalian OPT. Pemupukan dengan

pupuk kandang dilakukan setahun 2 kali setahun dengan dosis 20 kg/tanaman/semester. Pupuk NPK diberikan setiap 2 bulan dengan dosis 10 g/tanaman/2 bulan. Penyiraman tanaman dilakukan terutama pada musim kemarau dengan frekwensi satu minggu sekali. Pengendalian OPT dilakukan secara manual dan kimia sesuai kebutuhan.

Pengukuran kelunakan buah dilakukan dengan alat penetrometer elektrik, berdasarkan daya penetrasi jarum terhadap kulit buah. Pengukuran dilakukan pada bagian pangkal, tengah dan ujung buah. Tusukan dilakukan selama 5 detik, dengan beban yang digunakan adalah 50 g. Padatan total terlarut (PTT) diukur dengan menggunakan refraktometer digital. Daging buah yang diamati diambil sarinya lalu diteteskan pada lensa refraktometer. Angka yang diperoleh dinyatakan dengan °Brix. Total Asam Tertitrasi (TAT) diukur dengan cara daging buah pamelo dihaluskan kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring untuk mendapatkan sarinya. Kemudian diambil 10 ml sari buah dan dimasukkan kedalam labu takar 250 ml kemudian dilarutkan dengan aquades sampai tanda tera lalu dikocok. Selanjutnya diambil 50 ml filtrat dan diberi 2-3 tetes indikator *phenolphthalein* kemudian dititrasi dengan menggunakan NaOH 0.1 N, kemudian dihitung total asamnya (AOAC, 1995).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Percobaan 1: Kajian Pertumbuhan dan Kualitas Buah Tanaman Asal Cangkok dan Sambung**

Perbandingan pertumbuhan tanaman asal cangkok dan okulasi dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tanaman asal cangkok cabang primer langsung keluar dari pangkal batang sehingga diamater batang tidak dapat diukur. Secara umum tanaman asal cangkok mempunyai jumlah cabang primer dan jumlah daun tidak berbeda nyata dibandingkan dengan tanaman asal okulasi. Demikian pula tanaman asal cangkok memiliki pertumbuhan generatif yang tidak berbeda nyata dibandingkan dengan tanaman asal okulasi. Dari sisi penampilan dan bobot buah juga tidak menunjukkan perbedaan yang berarti dengan tingkat kemulusan berkisar antara 70-90% dan bobot berkisar 232-316 gram per buah. Kandungan PTT dan AT masing-masing berkisar antara 8.6-9.3% dan tidak berbeda nyata

antar perlakuan (Tabel 2). Penampilan buah asal cangkok dan biji disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1 Karakteristik pertumbuhan tanaman asal cangkok dan sambung

Perlakuan	Diameter Batang (cm)	Jumlah Cabang Primer	Jumlah Daun	Jumlah Buah
Tanaman Asal Cangkok	-	4-7	2412,5	28
Tanaman Asal Okulasi	5,4-7,5	3-5	2426,5	24

Tabel 2 Perbandingan kualitas buah tanaman asal cangkok dan sambung

Perlakuan	Bobot per Buah	Tingkat kekerasan (mm/50g/5 det)	PTT (%)	Asam (%)
Tanaman Asal Cangkok	276	52	9,25	0,99
Tanaman Asal Okulasi	298	55	8,60	1,08



Gambar 1 Penampilan buah tanaman asal cangkok dan okulasi.

## Percobaan 2.Kajian Pertumbuhan dan Pembungaan Tanaman dengan dan tanpa Pemangkasan

Karakteristik tanaman yang dipangkas dan tanpa pemangkasan disajikan pada Tabel 3. Perlakuan pemangkasan mengakibatkan penurunan tinggi, lebar kanopi dan jumlah daun dibandingkan tanaman tanaman yang tidak dipangkas. Sebaliknya pada jumlah dan panjang tunas baru, dimana pemangkasan mengakibatkan pemunculan tunas baru yang lebih banyak dibandingkan pada tanaman yang tidak dipangkas.

Tabel 3 Karakteristik tanaman yang dipangkas dan tidak dipangkas

Perlakuan	Tinggi Kanopi (cm)	Diameter Tajuk (cm)	Jumlah Buah
Dipangkas	151	288,83	22,33
Tidak Dipangkas	167	337,83	14,67

Pada pertumbuhan generatif sangat dipengaruhi oleh pemangkasan. Pemangkasan mengakibatkan munculnya tunas baru yang dibarengi dengan

munculnya bunga. Dengan demikian pada tanaman yang dipangkas menghasilkan jumlah buah yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak dipangkas (Tabel 3). Selanjutnya bobot per buah lebih tinggi pada tanaman yang dipangkas dibandingkan dengan tanpa pemangkasan. Tidak terdapat perbedaan yang nyata dalam kandungan PTT, asam dan vitamin C buah (Tabel 4).

Tabel 4 Kualitas buah tanaman yang dipangkas dan tidak dipangkas

Perlakuan	Bobot Buah (g)	PTT (%)	Asam (%)
Dipangkas	322.10	9,00	1,02
Tidak Dipangkas	288.30	9,72	1,00

### Percobaan 3. Kajian leaf fruit ratio terhadap ukuran dan kualitas buah

Luas daun dan karakteristik buah pada berbagai perlakuan leaf fruit ratio disajikan pada Tabel 5. Diamater buah berkisar antara 81-90 mm, menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan. Terdapat kecenderungan ukuran buah makin besar dengan makin tingginya nisbah daun buah. Dengan demikian buah terkecil terdapat pada perlakuan nisbah daun buah 15, sedangkan ukuran dan bobot buah terbesar pada perlakuan nisbah daun buah 60. Namun demikian tidak terdapat perbedaan yang nyata dalam hal kumulusan penampilan, kandungan PTT, asam dan vitamin C (Tabel 5, 6).

Tabel 5 Karakteristik buah pada berbagai perlakuan leaf fruit ratio

Perlakuan Leaf Fruit Ratio	Diameter Buah (mm)	Buah Mulus (%)	Buah Cacat (%)
15	81,1	50	50
30	88,2	55	45
60	95,0	55	45

Tabel 6 Kualitas buah pada berbagai perlakuan leaf fruit ratio

Perlakuan Leaf Fruit Ratio	Bobot Buah (g)	PTT (%)	Asam (%)
15	220,2	8,7	1,20
30	282,6	8,4	1,12
60	341,4	8,4	1,17

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tanaman Asal Okulasi vs Asal Cangkok

Okulasi dimaksudkan untuk menggabungkan sifat unggul batang bawah dan sifat unggul batang atas. Dengan demikian diharapkan diperoleh tanaman dengan

gabungan sifat unggul batang bawah dan batang atas. Namun demikian okulasi tidak selalu menghasilkan karakter tanaman yang dikehendaki. Pada okulasi sangat mungkin terjadi ketidakcocokan antara batang bawah dan batang atas. Hal ini terjadi mungkin karena perbedaan karakter morfologi, fisiologi maupun biokimia pada kedua tanaman yang digabungkan (Harttman *et al.* 2000). Oleh karena itu diperlukan adanya kompatibilitas batang bawah dan batang atas untuk menghasilkan tanaman dengan karakter yang dikehendaki. Uji kompatibilitas sebaiknya sampai pada tahap kestabilan produksi, dan oleh karena itu memerlukan waktu yang lama.

Sampai saat ini okulasi pada jambu kristal umumnya menggunakan satu jenis bantang bawah yaitu jambu biji merah. Daya gabung jambu biji merah terhadap jambu kristal nampaknya cukup tinggi yang dicerminkan oleh keberhasilan okulasi yang tinggi. Namun demikian dalam pengamatan pertanaman di lapangan lebih lanjut menunjukkan jambu biji mempunyai pertumbuhan yang lebih vigor dibandingkan dengan jambu kristal. Hal ini nampak antara lain dari sering munculnya tunas vegetatif dari batang bawah. Apabila dibiarkan tunas vegetatif dari batang bawah akan tumbuh lebih subur dibandingkan dengan batang atas yang dapat mengakibatkan kematian tunas batang atas (Susanto, 2013; tidak dipublikasikan).

Di sisi lain, jambu kristal merupakan jenis tanaman yang relatif mudah dicangkok. Dari sisi penampian bibit asal cangkok tidak kalah vigor dengan bibit asal okulasi. Perbanyak dengan cangkok untuk jambu kristal saat ini telah berkembang pesat, dan petani mulai banyak menggunakan bibit asal cangkok karena lebih praktis dan mudah pengadaannya.

Dari percobaan 1 didapatkan kenyataan bahwa pada tanaman asal asal cangkok dan okulasi pada umur 3 tahun tidak ditemukan perbedaan yang berarti baik dari sisi pertumbuhan vegetatif maupun pertumbuhan generatif. Ukuran pohon dan jumlah cabang tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Demikian pula jumlah, bobot buah serta kandungan PTT dan TSS tidak menunjukkan perbedaan yang berarti.

## Pemangkasan dan Ritme Pertumbuhan

Pemangkasan berpengaruh besar terhadap ritme pertumbuhan jambu kristal. Tanaman yang dipangkas segera memunculkan tunas baru dibandingkan tanaman yang tidak dipangkas. Pada jambu kristal munculnya tunas baru umumnya dibarengi dengan munculnya bunga. Dengan demikian pemangkasan pada jambu kristal adalah merupakan salah satu cara dalam mengatur ritme pertumbuhan dan pembungaan.

Dari percobaan 2, pemangkasan cukup efektif dalam merangsang pemunculan bunga dan tunas baru. Terdapat perbedaan yang berarti pada jumlah tunas, jumlah bunga dan jumlah buah pada tanaman yang dipangkas dan tidak dipangkas. Hal ini terjadi kemungkinan besar karena adanya perbedaan kapasitas source dimana pada tanaman yang dipangkas mempunyai kapasitas sebagai source yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak dipangkas. Namun demikian tidak ditemukan adanya perbedaan yang berarti pada kandungan PTT dan AT pada semua perlakuan. Pada tanaman yang tidak dipangkas hanya menghasilkan kurang dari setengah tunas baru, dengan demikian bunga dan buah yang dihasilkan juga lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman yang dipangkas. Pemangkasan sering digunakan untuk mengatur pembuahan pada berbagai tanaman tahunan (Ryugo, 1998).

## Leaf Fruit Ratio

Nisbah daun buah sangat berpengaruh terhadap ukuran buah. Buah terkecil didapatkan pada perlakuan nisbah daun buah 15, sedangkan terbesar pada nisbah daun buah 60. Perbedaan ukuran buah pada nisbah daun yang berbeda diduga akibat kapasitas source yang mendukung perkembangan buah yang berbeda. Pada perlakuan nisbah buah daun 15, satu buah hanya didukung oleh sekitar  $120 \text{ cm}^2$  luas daun, sementara pada nisbah buah daun 60, satu buah didukung sekitar  $460 \text{ m}^2$  luas daun. Pengaturan ukuran buah dengan mengatur jumlah daun per buah sudah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Namun mengingat karakteristik buah yang berbeda, maka penelitian nisbah buah daun sifatnya spesifik dan tidak berlaku umum. Pada pamelo nisbah buah daun 50 cukup untuk mendukung pertumbuhan buah (Susanto, *et al.* 1993. Penelitian oleh Thamrin

*et al.* (2009) pada pamelo juga menunjukkan pengaturan daun buah 50–100 memadai untuk mendukung pertumbuhan buah.

## KESIMPULAN

Secara umum tidak terdapat perbedaan pertumbuhan yang berarti tanaman jambu kristal asal cangkok dan asal okulasi. Pada tanaman asal cangkok mempunyai cabang primer lebih banyak dibandingkan dengan tanaman asal okulasi, namun dari sisi jumlah daun dan pertumbuhan tunas tidak ada perbedaan yang berarti. Demikian pula dari sisi produktivitas dan kualitas buah tidak menunjukkan perbedaan yang berarti.

Pemangkasan telah mengakibatkan ritme pertumbuhan tanaman yang berbeda. Tanaman yang dipangkas segera memunculkan tunas baru dibandingkan tanaman yang tidak dipangkas. Sebagian besar tunas baru yang muncul disertai dengan munculnya bunga. Pemangkasan menghasilkan buah dengan ukuran yang sedikit lebih besar diandingkan buah yang berasal dari tanaman yang tidak dipangkas. Namun secara keseluruhan kandungan PTT dan asam buah tidak menunjukkan perbedaan yang berarti.

Pengaturan rasio buah daun sangat penting dalam mengontrol ukuran buah. Rasio jumlah buah daun 15 menghasilkan buah yang relatif kecil, rasio 30 menghasilkan buah dengan ukuran sedang, sedangkan ukuran buah yang dihasilkan dari tanaman dengan rasio buah daun 60 menghasilkan ukuran buah terbesar. Secara keseluruhan kandungan PTT dan AT tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dan Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan dukungan pendanaan untuk penelitian ini melalui BOPTN IPB tahun anggaran 2013.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acquaah G. 2004. Horticulture : principles and practices 3rd ed.Pearson Education, Inc., New Jersey.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1995. *Official Methods of Analysis*. Ed ke 16. Washington DC: AOAC International.
- BPS. 2012. *Katalog BPS: 3101015*. Biro Pusat Statistik, Jakarta
- Garcia-Luis A, Fornes F, Guardiola JL. 1995. Leaf Carbohydrate and Flower Formation in Citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 222-227.
- Goldschmidt EE, Aschkenazi N, Herzano Y, Schaffer AA, Monselise P. 1985. A role for carbohydrates levels in the control of flowering in citrus. *Scientia Hort.*: 26: 159-166
- Harttman HT, Kester DE, Davies FT. 2000. Plant Propagation, Principles and Practice. New Jersey: Prentice-Hall International Inc., 770 p.
- Lutfinto B, Susanto S, Kartosoewarno S. 2005. The growth, flowering and fruiting of kumquat nagami (*Fortunella margarita* Lour.) as influenced by paclobutrazol application. *Gakuryoku* 11 (3):48-51
- McCollum TG, Bowman KD. 2005. Fruit and juice quality of ‘Pineapple’ oranges on four rootstocks. *Proc Fla State Hort Sci* 118:1-3.
- PHKI. 2009. Laporan Hasil Program Diseminasi Jambu Kristal. Program Hibah Kmpetisi IPB. Bogor
- Rahayu A. 1999. Daya gabung batang bawah terhadap batang atas jeruk besar (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) kultivar Cikoneng dan Nambangan. [thesis]. Bogor: Program Studi Agronomi. Program Pascasarjana IPB.
- Ryugo, K. 1998. *Fruit Culture*. It Science and Art. United State of America
- Sakhidin, Poerwoko BS, Yahya S, Poerwanto R, Susanto S. 2006. Kandungan Beberapa Zat Endogen pada Buah Retensi dan Buah akan Rontok pada mangga. *Buletin Agronomi* XXXIV (2): 106-111
- Setyawan E, Poerwanto R, Susanto S. 2006. Produktivitas dan Kualitas Buah Manggis pada berbagai posisi cabang dalam tajuk. *Habitat* 17 (3): 159-174
- Susanto S, Minten S, Mursyada A. 2002. Pengaruh Strangulasi terhadap Pembungaan Jeruk Besar (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) Kultivar Nambangan. *Agrotropika* 7 (1): 34-37.
- Susanto S. 2003. Pertumbuhan dan Pembuahan Jeruk Besar ‘Cikoneng’ pada Beberapa Jenis Batang Bawah. *J. Ilmu Pertanian* 10 (1):57-63.

- Susanto S. 2010. Laporan Penelitian Program Insentif Riset Terapan 2010 : Perbaikan Potensi Pembentukan Buah Jeruk Pamelo Tanpa Biji untuk Meningkatkan Daya Saing Buah Nasional. Bogor: Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian IPB.
- Susanto S, Nakajima Y, Hasegawa K. 1993. Effect of Growth Hormone Application on the Development of Parthenocarpic of Pummelo Trees Grown in Plastic House. Jpn J. Trop. Agr. 37(4): 284-289.
- Taiz L, Zeiger E. 2006. *Plant Physiology 4th ed.* Sinauer Associates Inc. Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Thamrin M, Susanto S, Santosa E. 2009. Efektivitas strangulasi terhadap pembungaan tanaman jeruk pamelo ‘Cikoneng’ pada Tingkat Pembuahan Sebelumnya yang berbeda. Journal Agronomoy. Ind.: 37(1).

**PENGEMBANGAN BUAH TROPIKA POTENSIAL DALAM RANGKA  
PENINGKATAN DAYA SAING INDUSTRI BUAH NASIONAL**  
(Development of Tropical Fruit Potential for Increasing Competitiveness of  
National Fruit Industry)

**Sobir<sup>1)</sup>, Muhamad Syukur<sup>1)</sup>, M. Rahmad Suhartanto<sup>1)</sup>, Nina Ratna Juita<sup>2)</sup>,  
Kusuma Darma<sup>1)</sup>, Sulassih<sup>1)</sup>, Naekman N<sup>1)</sup>, Heri Harti<sup>1)</sup>, Vitria R Rahadi<sup>1)</sup>,  
Arya Widura R<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Pusat Kajian Hortikultura Tropika, LPPM, IPB

<sup>2)</sup>Dep. Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB

**ABSTRAK**

Daya saing buah nasional yang masih rendah menjadikan Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT) LPPM – IPB perlu berperan aktif untuk terus menerus menyediakan varietas unggul buah nasional dan perbaikan teknologi produksinya. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi keragaman dan potensi genetik beberapa komoditi buah tropika, mendapatkan varietas unggul baru buah nasional dan memantapkan teknologi produksi buah pepaya. Metode yang digunakan pada penelitian ini meliputi studi morfologi dan genetik, pengembangan varietas unggul dan melakukan kajian epiemologi dan PHT di beberapa sentra produksi pepaya. Hasil penelitian menunjukkan ini bahwa terdapat marka molekuler yang dapat digunakan untuk mendeteksi ketahanan getah kuning pada manggis, munculnya kembali bunga jantan pada pisang unti sayang karena adanya epigenetic, masih terdapat keragaman yang tinggi pada tanaman nangka dan kerabat liar rambutan, dan *C. Gloeosporiooides* dan *C. Capsici* merupakan dua pathogen utama yang menyebabkan penyakit antraknosa pada tanaman pepaya. Selain itu, juga telah diperoleh 3 calon varietas unggul buah tropika dari penelitian ini.

Kata kunci: Marker genetik, manggis, pisang, rambutan, nangka, papaya.

**ABSTRACT**

The low competitiveness of national fruits makes the Center for Tropical Horticulture Studies (PKHT) LPPM–IPB needs to active to continuously provide the superior varieties and improvements the production technologies. The objectives of the research were to get information about variant and potential genetic some tropical fruits, to get the new superior varieties of tropical fruit and to improvements the production technology of papaya. The methods were used in this research consist of morphological and genetic studies, development of new superior varieties and reviewing Epiemologi and PHT in some centers of papaya. The result showed that there was a molecular marker to detect the gamboge resistance in mangosteen, there was epigenetic at the emergence of male flower in Unti Sayang banana, there was high diversity in jackfruit and wild rambutan, *C. Gloeosporiooides* and *C. Capsici* were two of the major pathogen that causes anthracnose in papaya. In addition, it were obtained three new varieties were obtained.

Keywords: Genetic marker, mangosteen, banana, rambutan, jackfruit, papaya.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi sumberdaya buah yang sangat baik. Namun, daya saing buah nasional Indonesia masih rendah dibandingkan dengan beberapa negara lainnya. Hal ini dapat dapat dilihat dari kontribusi komoditi buah nasional yang masih rendah terhadap pendapatan nasional Indonesia. Bahkan nilai impor buah nasional selama lima tahun terakhir justru mengalami peningkatan dengan rata-rata laju peningkatan 21,63% (Ditjen Hortikultura, 2008).

Rendahnya daya saing buah nasional Indonesia diantaranya disebabkan oleh terbatasnya varietas unggul yang tersedia dan belum optimalnya penerapan teknologi produksi (teknik budidaya) maupun pasca panen. Oleh karena itu, Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT) LPPM – IPB sebagai salah satu lembaga penelitian yang mendapat kepercayaan dari Kementerian Riset dan Teknologi menjadi Pusat Unggulan IPTEK nasional di bidang hortikultura perlu berperan aktif untuk terus menerus menyediakan varietas unggul buah nasional dan perbaikan teknologi produksinya.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah: 1) Memperoleh informasi keragaman dan potensi genetik beberapa komoditi buah tropika; 2) Mendapatkan beberapa kandidat varietas unggul baru buah nasional; dan 3) Memantapkan teknologi produksi buah pepaya sebagai salah satu buah unggulan nasional.

## METODE PENELITIAN

Pengembangan buah tropika potensial tahun 2013 diarahkan pada tiga aspek utama, yaitu: studi genetik, pengembangan varietas unggul, dan pengembangan teknologi produksi. Lima komoditas buah yang dikembangkan adalah manggis, nangka, pepaya, pisang, serta rambutan dan kerabatnya.

Kegiatan studi genetik yang dilakukan terdiri dari pengembangan marka genetik untuk mendeteksi ketahanan manggis terhadap getah kuning, identifikasi karakter morfologi dan marka genetik untuk mendapatkan tanaman pisang yang dapat terhindar (*escape*) dari penyakit layu darah, indentifikasi karakter morfologi

dan genetik plasma nutfah rambutan dan kerabat dekatnya dan indentifikasi karakter morfologi dan genetik plasma nutfah nangka. Kegiatan pengembangan varietas unggul terdiri atas pengembangan varietas unggul pepaya tipe kecil yang sesuai dengan preferensi pasar, pengembangan varietas rambutan tanpa biji dan pengembangan varietas unggul nangka. Kegiatan pengembangan teknologi produksi dilakukan dengan melakukan kajian epidemiologi dan pengembangan teknologi PHT untuk pengendalian penyakit antraknosa pada buah pepaya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Studi Genetik Beberapa Buah Tropika**

#### **Pengembangan marka genetik untuk mendeteksi ketahanan manggis terhadap getah kuning**

Hasil kegiatan ini telah diperoleh marka molekuler ketahanan dinding sel manggis yang ternyata juga dapat digunakan untuk seleksi awal aksesi manggis yang tahan getah kuning (Tabel 1). Srivastava et al. (2005) dan Shi et al. (2008) serta Dorly (2008) menyatakan bahwa gejala getah kuning pada buah manggis merupakan masalah fisiologis yang berkaitan dengan turgoritas sel dan stress oksidatif akibat terjadi perubahan fluktuasi kadar air tanah serta toksisitas logam yang cukup ekstrim.

Tabel 1 Primer dari marka molekuler terpaut kekuatan dinding sel yang juga dapat mendeteksi aksesi manggis tahan getah kuning

Primer (Primers)	Sekuen primer (Primer sequences) (5'-3')	Penempelan (Annealing) (°C)	Ukuran produk PCR (PCR product size) (pb)
K_2F	CAAAGGAATGGGAGCATAAG		
K_3R	AGCGGACCACATTAGAGTG	60	260

Desain primer tersebut telah diverifikasi pada 19 aksesi manggis dengan buah tidak bergetah kuning dan 20 aksesi manggis dengan buah bergetah kuning. Hasil verifikasi tersebut memperlihatkan bahwa primer tersebut dapat dengan jelas membedakan antara aksesi-aksesi manggis dengan buah tidak bergetah kuning dengan aksesi-aksesi manggis dengan buah bergetah kuning.

Hal ini dilihat pada hasil elektroforesis hasil amplifikasi DNA manggis dengan primer tersebut yang menghasilkan fragmen pita spesifik berukuran  $\pm$  260 pb pada aksesi manggis yang tidak bergetah kuning kecuali aksesi manggis no 5, 6 dan 13 (Gambar 1).



Gambar 1 Hasil elektroforesis dari amplifikasi DNA manggis. M = 1 kb, 1-17 aksesi manggis tidak bergetah kuning, 20-34 aksesi manggis bergetah kuning.

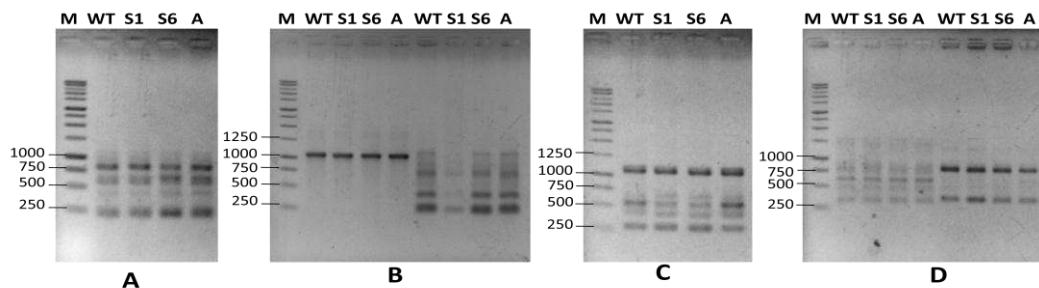
### **Identifikasi karakter morfologi dan marka genetik untuk mendapatkan tanaman pisang yang dapat terhindar (*escape*) dari penyakit layu darah**

Hasil identifikasi karakter morfologi menunjukkan terdapat tanaman pisang kapok unti sayang hasil sub kultur ke-6 yang menghasilkan bunga jantan (Tabel 2). Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan analisis molekuler untuk mencari tahu apakah perubahan tersebut terjadi karena faktor genetik atau faktor yang lainnya.

Tabel 2 Perbedaan karakter morfologi bunga jantan pada pisang kepok Unti Sayang

Karakter	Kepok kuning	Tidak berbunga jantan	Kembali berbunga jantan	
Asal perbanyakan	Anakan	Sub kultur 1-5	Sub kultur 6	Anakan
Panjang tandan	$\pm$ 60 cm	$\pm$ 63 cm	56 cm	60 cm
Panjang tandan	$\pm$ 100 cm	100-113 cm	110 cm	115 cm
Jumlah sisir/tandan	6-7	6-8	5	7
Jumlah buah/sisir	13-6	13-16	$\geq$ 17	$\geq$ 20
Jarak antara sisir buah	$\pm$ 12 cm	$\pm$ 16 cm	8 cm	12 cm
Bunga jantan	Tetap	Hilang	Tetap	Tetap
Panjang bunga jantan	$\pm$ 25 cm	$\pm$ 20 cm	$\geq$ 31 cm	25 cm
Tipe gagang bunga	Ada bekas braktea	Tidak ada bekas braktea	Ada bekas braktea	Ada bekas braktea
Daya angkat braktea	Terangkat satu	Tetap	Terangkat dua	Terangkat satu
Pola pelepasan braktea	Berputar	Tidak berputar	Berputar	Berputar
Karakter bunga jantan	Tetap	Jatuh sebelum braktea	Tetap	Tetap

Hasil amplifikasi DNA menggunakan 20 primer RAPD menghasilkan 379 pita DNA dengan ukuran berkisar antara 250-1250 pb. Jumlah pita yang dihasilkan per primer bervariasi, mulai dari 2 pita (OPA 12) sampai 9 pita (OPA 7 dan OPA 9). Amplifikasi DNA dengan menggunakan 12 primer ISSR menghasilkan 216 pita DNA dengan ukuran berkisar antara 250-1750 pb. Jumlah pita yang dihasilkan per primer bervariasi, mulai dari 3 pita (PKBT 5 dan PKBT 11) sampai 7 pita (PKBT 2 dan PKBT 3). Jumlah keseluruhan pita yang dihasilkan dari dua jenis primer tersebut adalah 2380 pita DNA (jumlah sampel yang dianalisis dikalikan jumlah pita yang dihasilkan oleh primer RAPD dan ISSR). Semua pita DNA yang dihasilkan merupakan pita monomorfik untuk semua sampel hasil sub kultur serta anakan (Gambar 2, 3 dan 4).

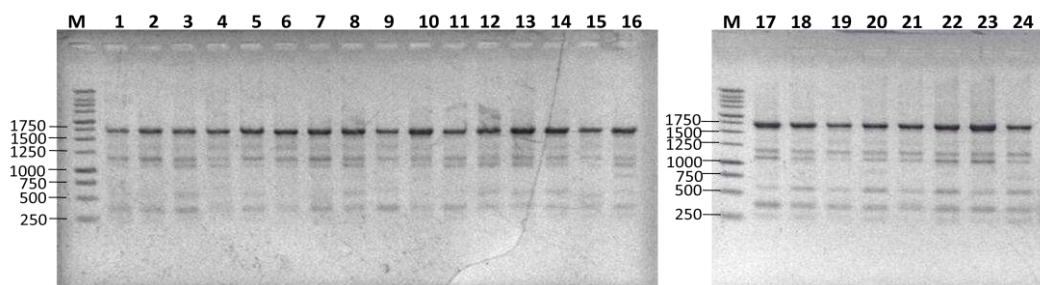


Gambar 2 Pola pita DNA hasil amplifikasi dengan primer RAPD. A=OPA 2; B=OPA 12 dan OPA 13; C=OPA 16; D=OPJ 9 dan OPJ 16. M=marker (1 Kb DNA ladder, Promega); WT=tipe liar; S1=sub kultur 1 tidak berbunga jantan; S6=sub kultur 6 berbunga jantan; A=anakan mutan berbunga jantan.

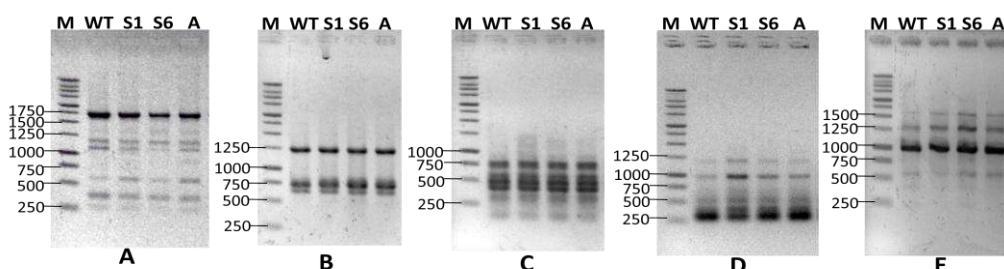
Hasil amplifikasi DNA dari tanaman yang telah di sub kultur sebanyak enam kali tidak menunjukkan pola pita yang berbeda, begitu juga dengan tanaman yang berasal dari anakan serta tipe liarnya. Pita DNA yang monomorfik menunjukkan tidak adanya variasi genetik yang dihasilkan dari primer. Lakshmanan *et al.* (2007) menganalisis kestabilan genetik tanaman pisang dengan menggunakan 30 primer RAPD serta 5 primer ISSR dan menghasilkan pola pita DNA monomorfik, dimana tidak terdapat pola pita yang berbeda antara tanaman induk dengan tanaman yang diperbanyak dengan kultur jaringan meskipun terdapat variasi morfologi.

Pasangan basa DNA yang digunakan pada primer sangat beragam, tetapi tidak ditemukan pita pembeda spesifik yang mampu membedakan antara mutan tidak berbunga jantan dan mutan yang kembali berbunga jantan dari hasil

perbanyakkan kultur jaringan dan anakan yang dapat digunakan sebagai pembeda secara universal.



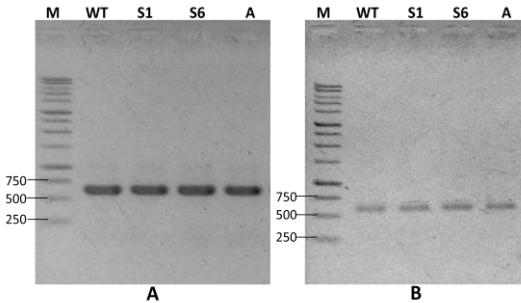
Gambar 3 Pola pita ISSR dengan primer PKBT-2 pada 24 tanaman pisang hasil sub kultur 1-6. M=marker (1 kb DNA ladder, Promega); 1-3=sub kultur 1; 4-5=sub kultur 2; 6-8=sub kultur 3; 9-15=sub kultur 4; 16-21=sub kultur 5; 22-23=sub kultur 6; 24=Kepok Kuning.



Gambar 4 Pola pita DNA hasil amplifikasi dengan primer ISSR. A=PKBT 2; B=PKBT 11; C=PKBT 9; D=PKBT 8; E=PKBT 6. M=marker (1 Kb DNA ladder, Promega); WT=tipe liar; S1=sub kultur 1 tidak berbunga jantan; S6=sub kultur 6 berbunga jantan; A=anakan mutan berbunga jantan.

Munculnya tanaman pisang yang kembali berbunga jantan dari hasil regenerasi kultur jaringan serta anakan dan didukung dengan adanya pola pita DNA monomorfik yang dihasilkan dari keseluruhan primer memungkinkan adanya beberapa perubahan genetik yang tidak dapat terdeteksi seperti adanya mutasi titik diluar situs penempelan primer.

Setelah diperoleh primer spesifik gen *PI* dan *AG* yang didesain berdasarkan informasi sekuen gen tersebut dari *M. acuminata* pada database *GeneBank* maka kedua pasang primer tersebut diuji dengan mengamplifikasi semua sampel tanaman, yang ditunjukkan dengan terbentuknya pita tunggal pada ukuran antara 500-750 pb (Gambar 5).



Gambar 5 Elektroforesis produk PCR. A=primer PI; B=primer AG. M=marker (1 Kb DNA ladder, Promega); WT=tipe liar; S1=sub kultur 1 tidak berbunga jantan; S6=sub kultur 6 berbunga jantan; A=anakan mutan berbunga jantan.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semua sampel tanaman pisang baik yang tidak berbunga jantan maupun yang kembali berbunga jantan memiliki gen *Pistillata* dan *Agamous*. Pita DNA hasil amplifikasi tidak dapat memastikan bahwa semua sampel tanaman memiliki sekuen DNA yang sama, karena perbedaan satu basa seperti *Single Nucleotide Polymorphism* (SNP) tidak dapat terdeteksi melalui elektroforesis agarosa. Diduga terjadi variasi nukleotida pada tanaman yang diuji, sehingga dilakukan sekuensing guna melihat perbedaan basa antar sampel tanaman.

Analisis sekuen basa fragmen PCR hasil amplifikasi dengan primer dari gen *PI* dan *AG* dilakukan dua arah yaitu *forward* dan *reverse* pada tiga sampel DNA hasil amplifikasi. Hasil sekuensing fragmen PCR dengan primer dari gen *PI* lebih baik dibanding hasil sekuensing fragmen PCR dengan primer dari gen *AG* yang menghasilkan kromatogram dengan banyak *noise* yang mungkin disebabkan karena *multi template* sekuen *AG*, sehingga dapat mengganggu penentuan posisi basa DNA. Oleh karena itu, hanya hasil sekuensing fragmen PCR dengan primer dari gen *PI* yang digunakan untuk analisis tahap selanjutnya. Analisis BLAST pada NCBI menunjukkan bahwa sekuen nukleotida dari fragmen gen *Pistillata* tanaman pisang tidak berbunga jantan mempunyai kesamaan dengan sekuen nukleotida dari fragmen gen *Pistillata* asal *M. acuminata* (Tabel 3).

Tabel 3 Homologi antara sekuen fragmen DNA gen *Pistillata* tanaman pisang tidak berbunga jantan dengan aksesi-aksesi yang telah dideposit pada pangkalan data dari bank gen NCBI

Aksesi Bank gen (GeneBank Accessions)	Deskripsi aksesi (Accession description)	Nilai maksimum (Maximum score)	Nilai total (Total score)	Query coverage (%)	Max ident (%)
EU869311.1	<i>Musa acuminata</i> AAA Group MADS-box protein MADS6 mRNA, complete cds	118	317	31	100
DQ005604.1	<i>Musa ornata</i> Pistillata-like protein (Pla) mRNA, partial cds	118	317	31	100
AY941798.1	<i>Musa acuminata</i> putative MADS box protein (MADS1) mRNA, partial cds	118	317	31	100
DQ005603.1	<i>Musa ornata</i> Pistillata-like protein (Plb) mRNA, partial cds	104	263	31	94
EU433562.1	<i>Musa basjoo</i> Pistillata-like protein (PI-1) mRNA, partial cds	104	254	31	94

Hasil homologi menunjukkan nilai *query coverage* sebesar 31%, sedangkan hasil *alignment* sekuen DNA dengan program MEGA 5.0 diperoleh adanya variasi nukleotida dari fragmen dengan ukuran 532 pb. Terdapat tiga nukleotida yang berbeda (SNP) pada tanaman yang kembali berbunga jantan yaitu berada pada posisi nukleotida ke-445, 461 dan 507 (Gambar 6). Perbedaan nukleotida antara tanaman tidak berbunga jantan dan tanaman yang kembali berbunga jantan tidak menyebabkan perubahan pada asam amino, karena perbedaan nukleotida terjadi pada daerah 3' UTR (*non-coding region*).

**Wild CGACAACATG CAGATCGAGT TGAGGTATGT TGTGCCATCT CATAGTTCT [450]**

**Budless ..... [450]**

**Bud ..... T..... [450]**

**Wild CTCAACAGAA GAATTTGGTG GTCTTTTAT TTTGGCTTT GTTTGTGGAT [500]**

**Budless ..... [500]**

**Bud ..... T..... [500]**

**Wild GATTAGGCAT CTGAAGGGGG AGGATCTCAA CT [532]**

**Budless ..... [532]**

**Bud ..... T..... [532]**

Gambar 6 Bagian dari *Alignment* nukleotida gen *Pistillata*. Keterangan: simbol (.)=basa DNA yang sama; simbol (\_)=basa DNA yang berbeda.

Perbedaan ekspresi gen *Pistillata* pada tanaman tidak berbunga jantan dan tanaman yang kembali berbunga jantan diduga terjadi akibat adanya variasi epigenetik. Epigenetik digunakan untuk menyatakan adanya pengaruh pada

aktivitas gen yang diwariskan, dimana pengaruh tersebut tidak melibatkan perubahan pada sekuen DNA. Pada tanaman yang tidak berbunga jantan diduga terjadi hipermetilasi, sedangkan pada tanaman yang kembali berbunga jantan diduga terjadi hipometilasi, yaitu terlepasnya metil dari basa sitosin dan apabila terjadi pada daerah promotor maka gen-gen akan terekspresi kembali (Fraga & Esteller 2002).

### **Indentifikasi karakter morfologi dan genetik plasma nutfah rambutan dan kerabat dekatnya**

Kegiatan yang dilakukan baru sampai identifikasi terhadap karakter morfologi beberapa kerabat dekat rambuta (kapulasan). Hasil pengamatan menunjukan bahwa terdapat banyak perbedaan karakter morfologi antar aksesi kapulasan yang diamati (Gambar 7, 8, 9 dan 10).



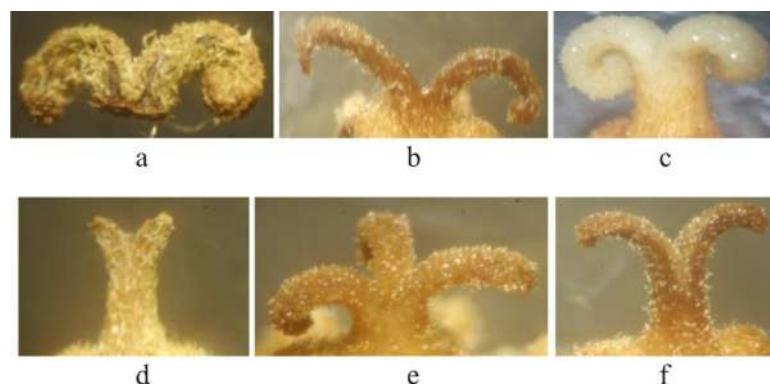
Gambar 7 Variasi jumlah anak daun pada tanaman kapulasan.



Gambar 8 Variasi bentuk ujung daun dan bentuk daun tanaman kapulasan.



Gambar 9 Variasi jumlah benang sari pada tanaman kapulasan.



Gambar 10 Variasi bentuk kepala putik pada kapulasan a. bentuk m b. melengkung tidak simetris c. melengkung dan menggulung ke dalam d. bentuk v e. melengkung dengan 3 kepala putik f. melengkung.

### Indentifikasi Karakter Morfologi dan Genetik Plasma Nutfah Nangka

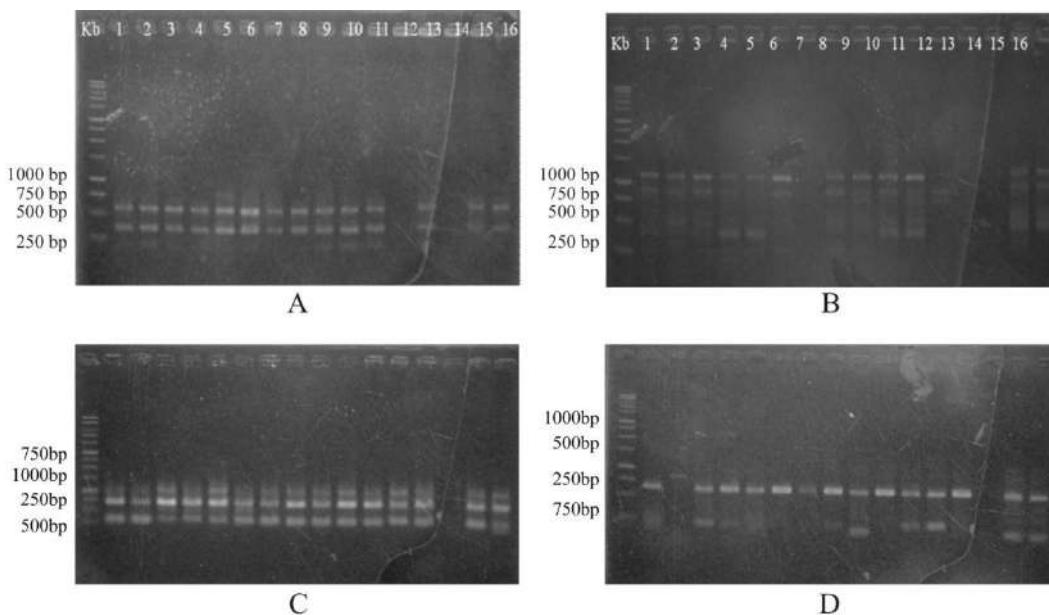
Berdasarkan hasil pengamatan terdapat variasi pada karakter bentuk buah, warna kulit buah, duri pada kulit buah, warna daging buah dan bentuk daging buah (Gambar 11).



Gambar 11 Morfologi nangka wilayah Bogor meliputi nangka manis Sindang Sari (A), Tanah Baru (B), Bantar Kambing I (C), Babakan Madang I (D), Pondok Rumput (E), Leuwi Sadeng 1 (F), Leuwi Sadeng 2 (G), Babakan Madang 5 (H), Bola Mekarsari (I) dan Kunir Mekarsari (J).

Analisis molekuler diawali dengan tahapan optimasi primer. Aksesi yang digunakan adalah sebanyak 16 pohon yaitu : Leuwisadeng1, Leuwisadeng2, bubur Sindangsari, Sindangsari, Bantar Kambing, Tanah Baru, Pondok Rumput, Cimanggu Barata, Babakan Madang1, Babakan Madang2, Babakan Madang3, Babakan Madang4, Babakan Madang5, Bola Mekarsari, Mas Mekarsari, Kunir Mekarsari. Aksesi tersebut dicobakan dengan menggunakan primer PKBT2 dan PKBT4.

Amplifikasi primer PKBT2, PKBT4, OPA2 dan OPA7 menghasilkan pola pita monomorfik untuk ke-16 aksesi (Gambar 12). Pada primer PKBT4 aksesi Pondok Rumput (No.7), nangka Bola (No.14) dan nangka mas dari Mekarsari tidak dapat teramplifikasi. Aksesi nangka bola umunya dari ke-4 primer menunjukkan tidak teramplifikasi, hal tersebut dapat disebabkan belum optimalnya proses pipetting pada pengambilan sampel DNA pada saat mempersiapkan komposisi PCR.



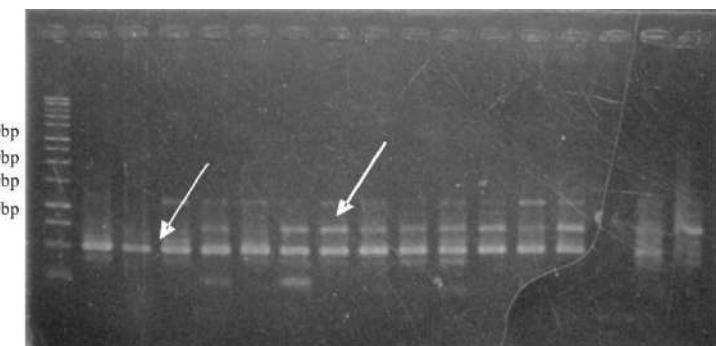
Gambar 12 Amplifikasi keragaman nangka pada primer PKBT2 (A), PKBT4 (B), OPA2 (C) dan OPA7 (D). Pada lajur pertama adalah marker 1 kb. Lajur no 1 sampai dengan 16 adalah Leuwisadeng1 (No.1), Leuwisadeng2 (No.2), bubur Sindangsari (No.3), Sindangsari (No.4), Bantar Kambing (No.5), Tanah Baru (No.6), Pondok Rumpu (No.7), Cimanggu Barata (No.8), Babakan Madang1 (No.9), Babakan Madang2 (No.10), Babakan Madang3 (No.11), Babakan Madang4 (No.12), Babakan Madang5 (No.13), Bola Mekarsari (No.14), Mas Mekarsari (No. 15), Kunir Mekarsari (No.16).

Berdasarkan primer OPA 9 tampak pola pita polimorfik yang ditunjukkan oleh aksesi nangka Leuwiliang 1 dan 2 pada sumur No. 1 dan 2 hanya memiliki

satu pita pada ukuran 500bp. Aksesi Tanah Baru (No.6) menunjukkan pola pita yang berbeda yaitu hanya menghasilkan 3 pita pada ukuran 250, 500, dan 750bp. Pada aksesi Kunir (No.16) hanya menghasilkan 1 pita di 750bp. Aksesi lainnya memiliki 3 pita di ukuran 500, 750, dan 1000bp (Gambar 13).

### Pengembangan Varietas Unggul Beberapa Buah Tropika

Pengembangan varietas buah unggul dilakukan terhadap tiga komoditi, yaitu pepaya kecil sesuai preferensi konsumen, rambutan tanpa biji dan nangka. Kegiatan pengembangan varietas terhadap ketiga komoditi tersebut menghasilkan 3 calon varietas buah unggul yaitu pepaya Calipso, rambutan tanpa biji Horti 1 dan nangka Sindang Sari Manis (Gambar 14).



Gambar 13 Amplifikasi keragaman nangka pada primer OPA9. Pada lajur pertama adalah marker 1 kb. Lajur no 1 sampai dengan 16 adalah Leuwisadeng1 (No.1), Leuwisadeng2 (No.2), bubur Sindangsari (No.3), Sindangsari (No.4), Bantar Kambing (No.5), Tanah Baru (No.6), Pondok Rumpu (No.7), Cimanggu Barata (No.8), Babakan Madang1 (No.9), Babakan Madang2 (No.10), Babakan Madang3 (No.11), Babakan Madang4 (No.12), Babakan Madang5 (No.13), Bola Mekarsari (No.14), Mas Mekarsari (No. 15), Kunir Mekarsari (No.16).



Gambar 14 Calon varietas pepaya kecil Calipso.



Gambar 15 Calon varietas rambutan tanpa biji Horta 1.

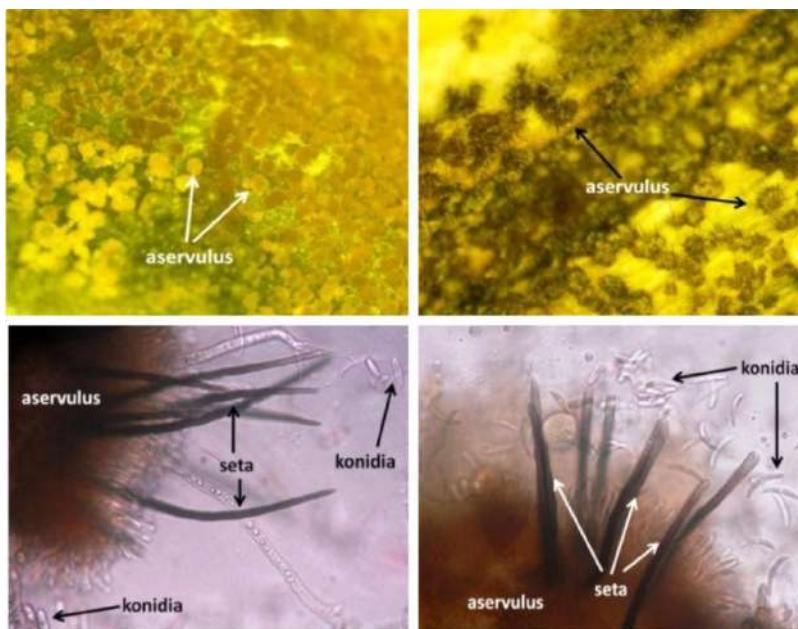


Gambar 16 Calon varietas nangka Sindang Sari Manis.

Pepaya Calipso memiliki keunggulan produksi buah yang tinggi, bentuk buah yang bulat kecil, rasa manis dan kulit buah yang teba sehingga lebih tahan saat penyimpanan. Rambutan Horti 1 memiliki keunggulan dimana buahnya tidak memiliki biji, sedangkan nangka Sindang Sari Manis memiliki keunggulan bentuk buah yang besar, aroma yang menarik dan rasa yang manis. Calon varietas pepaya Calipso diharapkan sudah dapat didaftarkan pada awal tahun 2014, sedangkan pada calon varietas rambutan tanpa biji Horta 1 dan nangka Sindang Sari Manis masih harus diambil data untuk musim kedua.

### Pengembangan Teknologi Produksi

Kegiatan pengembangan teknologi produksi dilakukan dengan melakukan kajian epidemiologi dan pengembangan teknologi PHT untuk pengendalian penyakit antraknosa tanaman pepaya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penyakit antraknosa pada pepaya disebabkan oleh dua jenis *Colletotrichum* spp., yaitu : *C. Gloeosporioides* dan *C. Capsici* (Gambar 17). Dari kedua spesies patogen tersebut yang menyerang pepaya umumnya adalah *C. gloeosporioides*.



Gambar 17 Morfologi dua spesies *Colletotrichum* yang menyebabkan antraknosa pada tanaman pepaya : *C. gloeosporioides* (kiri) dan *C. capsici* (kanan).

Terkait dengan epidemi penyakit antraknosa pada tanaman pepaya telah dilakukan survei perkembangan penyakit antraknosa pada tujuh belas kebun pepaya di Kabupaten Kebumen. Berdasarkan tingkat serangannya, penyakit antraknosa pada kebun pepaya dikategorikan menjadi dua, yaitu tingkat serangan ringan dan tingkat serangan berat. Sepuluh kebun mewakili kebun dengan tingkat serangan ringan sedangkan tujuh kebun mewakili kebun dengan tingkat serangan berat.

Hasil pengamatan menunjukkan terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi perkembangan penyakit antraknosa pada kebun-pepaya di Kabupaten Kebumen. Faktor-faktor tersebut adalah jarak tanam yang lebih rapat dari pada yang seharusnya, sistem penanaman pepaya yang monokultur, penggunaan benih atau bibit yang tidak bersertifikat, pembibitan yang tidak menggunakan perlakuan, dan masih rendahnya penggunaan pupuk anorganik pada sistem budidaya yang digunakan.

## KESIMPULAN

Kegiatan studi genetik terhadap beberapa buah tropika diketahui bahwa terdapat marka molekuler yang dapat digunakan untuk mendeteksi akses - akses

manggis yang tahan terhadap getah kuning. Selain itu juga diketahui bahwa kejadian munculnya bunga jantan pada pisang kapok Unti Sayang hasil sub kultur ke-6 diduga disebabkan oleh adanya epigenetic. Hasil studi genetik juga menginformasikan bahwa masih terdapat keragaman yang cukup tinggi pada kerabat liar rambutan dan tanaman nangka sehingga sangat potensial untuk terus mengembangkan kegiatan pemuliaan tanaman pada kedua tanaman tersebut.

Terdapat tiga calon varietas unggul buah yang dihasilkan dari kegiatan ini. Ketiga calon varietas tersebut adalah pepaya Calipso, rambutan tanpa biji Horti 1 dan nangka Sindang Sari Manis.

*Colletotrichum* sp., yaitu : *C. Gloeosporioides* dan *C. Capsici* merupakan dua pathogen utama yang menyebabkan penyakit antraknosa pada tanaman pepaya. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi perkembangan penyakit antraknosa pada kebun-kebun pepaya di Kabupaten Kebumen. Faktor-faktor tersebut adalah jarak tanam yang lebih rapat dari pada yang seharusnya, sistem penanaman pepaya yang monokultur, penggunaan benih atau bibit yang tidak bersertifikat, pembibitan yang tidak menggunakan perlakuan, dan masih rendahnya penggunaan pupuk anorganik pada system budidaya yang digunakan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, yang telah mendanai penelitian ini, Rektor IPB dan Kepala LPPM IPB yang memberikan dukungan SDM dan fasilitas.

## DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jendral Hortikultura. 2009. Ekspor hortikultura Indonesia. Nilai dan volume ekspor buah-buahan. [Internet]. [diunduh pada 2011 Feb 06]. Tersedia pada <http://www.deptan.go.id>.

Dorly, Tjitrosemito S, Poerwanto R, Juliarni. 2008. Secretory duct structure and phytochemistry compounds of yellow latex in mangosteen fruit. Hayati J Biosci 15:99-104.

Fraga MF, Esteller M .2002. DNA methylation: A profile of method and applications, *BioTechniques*, vol. 3, no. 33, pp. 632-649.

- Lakshmanan V, Reddampalli SV, Neelwarne B .2007. Molecular analysis of genetic stability in long-term micropropagated shoots of banana using RAPD and ISSR markers, *Electronic J. of Biotechol.*, vol. 10, no. 5, pp. 1-8.
- Srivastava M, MA LQ, Singh N, Singh S .2005. 'Antioxidant responses of hyper-accumulator and sensitive fern species to arsenic', *J. Exp. Bot.*, vol. 56, pp. 1335-42.
- Shi Q, Zhu Z, Xu M, Qian Q, Yu J. 2006. 'Effect of excess manganese on the antioxidant system in *Cucumis sativus* L. under two light intensities', *Environ. Exp. Bot.*, vol. 58, pp. 197-05.

**PENGEMBANGAN VARIETAS DAN TEKNOLOGI SAYURAN UTAMA  
DAN INDIGENOUS UNTUK MENDUKUNG KETAHANAN PANGAN**  
(Variety And Technology Development of Major And Indigenous Vegetables To  
Support Food Security)

**Sobir<sup>1)</sup>, Muhamad Syukur<sup>1)</sup>, Anas Dinurrohman Susila<sup>1)</sup>, M. Rahmad  
Suhartanto<sup>1)</sup>, Suryo Wiyono<sup>1)</sup>, Y. Aris Purwanto<sup>1)</sup>, M. Arif Nasution<sup>2)</sup>, Ani  
Suryani<sup>1)</sup>, Liferdi<sup>3)</sup>, Kusmana<sup>3)</sup>, Syafrida Manuwoto<sup>1)</sup>, Yayah K. Wagiono<sup>1)</sup>,  
Awang Mahariwijaya<sup>1)</sup>, Dewi Sartiami<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT), LPPM IPB

<sup>2)</sup>Fakultas Pertanian, Universitas 45 Makasar

<sup>3)</sup>Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Kementerian Pertanian Indonesia

**ABSTRAK**

Peningkatan produksi pangan nasional salah satunya hortikultura menjadi keharusan agar dapat mengurangi ketergantungan pangan dan menstabilkan kedaulatan pangan nasional. Peningkatan produksi hortikultura dimasa depan menghadapi empat tantangan utama. yaitu: (1) peningkatan kebutuhan, (2) penurunan daya dukung lahan, (3) perubahan iklim global dan (4) rantai pasok yang panjang. Metode yang digunakan adalah pendekatan secara menyeluruh mulai dari pengembangan varietas baru, teknologi produksi lapang, teknologi pasca panen dan pengolahan hingga diseminasi ke petani dan pemasaran. Hasil yang telah dicapai adalah telah diperoleh beberapa calon varietas tomat dan cabai adaptif dataran rendah, berbagai aksesi terong dan sayuran indigenous, dosis pemupukan dan naungan untuk produksi sayuran indigenous poh-pohan, daftar berbagai OPT pada sayuran indigenous, informasi kemasan yang baik untuk transportasi dan penyimpanan cabai, informasi suhu dan waktu yang optimum untuk produksi pasta tomat kaya likopen dan telah dilakukannya kegiatan pengembangan dan diseminasi berbagai produk PKHT.

Kata kunci: Hortikultura, pasca panen, plasma nutfah, lahan sub optimal.

**ABSTRACT**

Increasing of horticultural production becomes imperative in order to reduce food dependency and national food sovereignty. It will have three main challenges in the future, such as (1) increasing of consumption, (2) degradation of land, (3) global climate changes and (4) long supply chain. This research used a comprehensive approach ranging from varieties development, production technology, post harvest and processing technology to dissemination and marketing. This research has resulted of several candidates of tomato and pepper varieties were adaptive in lowland, various accessions of eggplant and indigenous vegetables, dose of fertilizer and shade for indigenous vegetables “Poh-Pohan” production, list of various pest in indigenous vegetables, information of good packaging for chili pepper in during transportation and storages, information of time and temperature optimum for Lycopene-rich tomato paste production, development and dissemination various of PKHT technologies.

Keywords: Horticulture, post harvest, germplasm, sub optimum land.

## PENDAHULUAN

Ketahanan pangan nasional Indonesia saat ini masih rapuh dan menghadapi tantangan pada aspek suplai. Saat ini, Indonesia masih sangat bergantung kepada produk pangan impor yang jumlahnya mencapai mencapai 11,33 juta ton dengan nilai 5,36 miliar dolar AS atau setara dengan Rp 45 triliun untuk periode Januari–Juni 2011. Untuk produk hortikultura (sayur, buah dan olahannya) terdapat lonjakan permintaan yang signifikan. Nilai impor buah, sayur dan produk olahannya dalam periode Januari–Oktober 2011 yang mencapai Rp 17,61 triliun (naik 37,5% dibandingkan periode yang sama tahun 2010). Nilai impor sayur, buah dan produk olahannya sudah lebih tinggi dari impor beras, jagung, kedelai serta biji gandum dan meslin. Ketergantungan Indonesia terhadap produk pangan impor dalam jangka panjang akan sangat mengkhawatirkan dan menjadi ancaman bagi kedaulatan pangan nasional. Oleh karena itu, peningkatan produksi pangan nasional menjadi keharusan agar dapat mengurangi ketergantungan pangan dan menstabilkan kedaulatan pangan nasional.

Penyediaan pangan nasional terutama hortikultura dimasa depan akan menghadapi tiga tantangan utama yaitu: (1) peningkatan kebutuhan sebagai konsekuensi meningkatnya jumlah penduduk dan meningkatnya pendapatan; (2) penurunan daya dukung lahan baik dalam hal luas maupun kualitas dan (3) terjadinya anomali cuaca akibat perubahan iklim global. Semakin sempitnya lahan pertanian yang dapat diusahakan untuk produksi sayuran baik karena konversi lahan pertanian menjadi pemukiman maupun karena perubahan iklim menyebabkan perlunya lahan alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan produksi sayuran misalnya adalah lahan-lahan suboptimal (marginal).

Upaya peningkatan supply hortikultura nasional memerlukan pengembangan teknologi yaitu varietas unggul dan teknologi produksi yang dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil serta dukungan teknologi pasca panen dan sistem pemasaran yang efisien. Oleh karena itu, untuk menjawab tantangan tersebut dan dalam upaya memenuhi peningkatan kebutuhan akan sayur perlu upaya yang fokus dengan pendekatan menyeluruh mulai dari pengembangan

varietas baru, teknologi produksi lapang, teknologi pasca panen dan pengolahan hingga diseminasi ke petani dan pemasaran.

Kegiatan peningkatan kapasitas produksi sayur nasional meliputi empat tahap kegiatan utama. Tahap pertama adalah pengembangan produk berupa varietas unggul yang dilanjutkan dengan perbanyak benih/bibit. Tahap kedua yaitu perakitan teknologi budidaya terutama untuk pengendalian OPT dan pemberdayaan lahan suboptimal guna meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menghasilkan produk berkualitas dari varietas yang dikembangkan. Tahap ketiga adalah pengembangan teknologi pasca panen dan pengolahan hasil terkait dengan distribusi dan peningkatan nilai tambah produk. Tahap keempat adalah diseminasi/difusi produk untuk menggerakkan perekonomian masyarakat. Hasil-hasil yang dicapai melalui kegiatan ini memiliki manfaat antara lain : (1) Varietas sayuran yang adaptif pada lahan suboptimal menyebabkan berkurangnya eksploitasi lahan konservasi (dataran tinggi) sehingga kualitas lingkungan akan meningkat; (2) Teknologi produksi yang dapat mendukung pertumbuhan, produktivitas dan kualitas hasil sayur dapat memenuhi kebutuhan masyarakat; (3) Teknologi pascapanen yang dikembangkan akan dapat memperpanjang shelf life dan mendukung suplai chain sehingga dapat menjaga stabilitas harga dan kontinuitas suplai; (4) Teknologi pengolahan akan meningkatkan nilai tambah bagi produk yang dikembangkan; (5) Pembangunan ekonomi akan bergerak dengan paradigma ekonomi kerakyatan yang berbasis pada pemanfaatan sumberdaya alam secara lestari dan pemberdayaan potensi masyarakat pedesaan.

## METODE PENELITIAN

Kegiatan ini mencakup empat komoditas, yaitu cabai, tomat, terong, dan sayuran indigenous. Metode yang dilakukan secara garis besar terdiri dari:

1. Pengembangan varietas unggul, yang terdiri dari kegiatan eksplorasi, karakterisasi, perakitan varietas, hibridisasi, seleksi, evaluasi, uji multilokasi dan pendaftaran varietas.
2. Perbanyak benih dan bibit berbagai varietas unggul yang telah dihasilkan oleh PKHT.

3. Pengembangan teknologi budidaya yang merupakan optimasi dari paket-paket teknologi yang sudah ada namun masih bersifat *fragmented*.
4. Pengembangan teknologi pascapanen yang bertujuan untuk memperpanjang masa simpan dan teknologi pengolahan.
5. Diseminasi/difusi hasil riset dilakukan melalui sosialisasi, publikasi, promosi, dan uji terap untuk mendekatkan produk (varietas dan teknologi) ke pengguna (konsumen, petani, pasar).
6. Kegiatan ini mencakup empat komoditas, yaitu cabai, tomat, terong, dan sayuran indigenous dengan aspek mulai dari pengembangan varietas, teknologi produksi lapang, teknologi pengendalian hama dan penyakit, teknologi pasca panen dan pengolahan, hingga diseminasi hasil ke petani dan pemasaran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengembangan Varietas

#### 1. Pengembangan Varietas Tomat

Evaluasi daya hasil pendahuluan dilaksanakan terhadap 71 kombinasi persilangan tomat (Gambar 1). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kombinasi persilangan tomat IPBT1 X IPBT84, IPBT13 X IPBT30, IPBT13 X IPBT1, IPBT33 X IPBT30, dan IPBT78 X IPBT13 memiliki potensi yang baik untuk di uji keunggulannya pada tahun 2014 (Gambar 2).



Gambar 1 Evaluasi berbagai hasil persilangan tomat untuk mendapatkan varietas tomat hibrida adaptif dataran rendah.



Gambar 2 Tomat IPBT78 x IPBT13.

Kombinasi persilangan genotipe yang memiliki nilai daya gabung khusus dan heterosis yang tinggi sangat potensial dikembangkan menjadi varietas hibrida (Arif *et al.* 2012). Selain itu, juga dilakukan Uji Kebenaran 2 calon varietas tomat non hibrida, yaitu TORA IPB dan TOMI IPB (Gambar 3 dan 4) di Kebun Percobaan IPB Leuwikopo, Dramaga.



Gambar 3 Tomat TORA IPB.



Gambar 4 Tomat TOMI IPB.

Uji kebenaran dilakukan untuk mengkonfirmasi kebenaran deskripsi varietas yang telah dibuat berdasarkan uji keunggulan dan merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi agar suatu varietas dapat dilepas / dikomersialkan / mendapat tanda daftar untuk komersialisasi.

### Pengembangan Varietas Cabai

Kegiatan pengembangan varietas cabai yang dilakukan adengan melakukan Uji kebenaran cabai besar non hibrida Anies IPB (Gambar 5).Hasil uji kebenaran menunjukkan bahwa karakter varietas Cabai Anies IPB telah sesuai dengan deskripsi yang dibuat sehingga dapat segera disusun dokumen pelepasan varietas untuk varietas cabai Anies IPB.



Gambar 5 Cabai Anies IPB.

Kegiatan pengembangan varietas cabai juga dilakukan denganmemasukan dokumen pendaftaran varietas untuk komersialisasi (pelepasan varietas) SELOKA IPB (Gambat 6) ke PPVT Kementerian Pertanian. Setelah beberapa bulan, cabai besar non hibrida SELOKA IPB berhasil mendapatkan SK Pendaftaran Varietas untuk komersialisasi dari Kementerian Pertanian pada tanggal 11 Juli 2013 dengan nomor: 07/KPT/SR120D.2.7/7/2013.



Gambar 6 Tanaman dan Buah Cabai Seloka IPB.

## **Pengembangan Varietas Terong**

Kegiatan eksplorasi terong terus dilakukan dalam rangka pengembangan varietas tanaman, sehingga dapat diperoleh banyak sumber keragaman genetik terong dalam rangka pengembangan varietas terong adaptif lahan marginal (Gambar 7).



Gambar 7 Berbagai terong dan benih terong hasil kegiatan eksplorasi.

Kegiatan pengembangan varietas terong adaptif daerah sub optimum diarahkan untuk daerah dengan salinitas tinggi. Oleh karena itu, segera akan dilakukan penanaman terong di Kabupaten Pekalongan dalam rangka melakukan seleksi aksesi terong yang adaptif dangan daerah salin. Aksesi-aksesi yang terseleksi, nantinya akan dirakit kembali untuk menjadi varietas terong unggul adaptif daerah salin. Penanaman terong di Kabupaten Pekalongan dilakukan bekerjasama dengan Universitas Pekalongan.

# Pengembangan Varietas Sayuran Indigemous

Kegiatan pengembangan varietas sayuran indigenous dilakukan dengan mengkarakterisasi beberapa aksesi kacang koro, kacang godo, kecipir dan kemangi hasil kegiatan eksplorasi pada awal tahun 2013. Penanaman untuk karakterisasi kacang koro, kacang jogo, dan kecipir dilakukan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang dan di Kebun Percobaan IPB Tajor (Gambar 8).



Gambar 8 Penanaman beberapa aksesi kacang godo, kacang joko, kecipir dan kemangi.

### **Perakitan Teknologi Budidaya dan Pemberdayaan Lahan Suboptimal Pengembangan teknologi benih sayuran indigenous**

Pengembangan benih dan bibit untuk sayuran indigenous dilakukan dengan penanaman tanaman sayuran indigenous untuk produksi benih dan bibit. Sayuran indigenous yang sedang ditanam untuk diproduksi benihnya adalah poh-pohan, kemangi, kenikir, katuk dan pegagan. Saat ini, penanaman tersebut telah sampai tahap penanaman fase vegetatif.

### **Pengembangan rekomendasi pemupukan tomat**

Kegiatan pengembangan rekomendasi pemupukan tomat telah melakukan beberapa kegiatan. Kegiatan-kegiatan tersebut adalah survey lahan sentra penanaman tomat, terpilih, penentuan lokasi, pembuatan status hara di lokasi penelitian dan sentra produksi, penelitian, penentuan dosis P untuk perlakuan pemupukan, inkubasi lahan untuk penelitian pemupukan.

### **Pengembangan teknologi produksi sayuran di lahan sub optimum riau**

Pada kegiatan ini digunakan 3 paket teknologi untuk produksi sayuran di lahan sub optimum gambut di Riau. Ketiga paket teknologi tersebut adalah

varietas adaptif lahan gambut, penggunaan biotrikom berbasis limbah padat kelapa sawit dan pupuk hayati cair berbahan aktif *Bacillus*. Sejauh ini kegiatan telah sampai pada penyemai cabai dengan ketiga teknologi tersebut.

### **Pengembangan sop produksi sayuran indigenous**

Pengembangan SOP produksi sayuran indigenous telah mampu memperoleh dosis naungan dan pupuk yang optimum untuk produksi sayuran indigenous poh-pohan. Pemberian pupuk SPK dan daungan 55% menghasilkan produksi yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut Ekawati *et al.* (2010) pengaruh naungan meningkatkan variabel pertumbuhan tanaman daun sambung nyawa dan kemangi. Teknologi tersebut sudah dipamerkan pada kegiatan Field Day IPB yang mengundang petani dari berbagai daerah di Jawa Barat dan Jawa Tengah pada akhir September 2013.

### **Pengembangan Teknologi Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)**

#### **• Pengembangan teknologi pengendalian begomovirus pada cabai**

Penelitian dilakukan untuk mengujicoba kombinasi beberapa teknik pengendalian yang secara individual efektif untuk penyakit kuning cabai yang disebabkan oleh Begomovirus. Teknologi pengendalian yang dikaji adalah kombinasi cendawan endofit H5, PGPR (*plant growth promoting rhizobacteria*), ekstrak mimba dan filtrat guano. Lokasi penelitian dilaksanakan di Kecamatan Kaliangkrik Kabupaten Magelang dan di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang. Perlakuan percobaan adalah sebagai berikut: 1) Konvensional, 2) PGPR, 3) Cendawan endofit H5+PGPR, 4) Ekstrak mimba, 5) Cendawan Endofit H5+PGPR, 6) PGPR+Ekstrak mimba dan 7) PGPR+Filtrate Guano. Hingga saat ini tanaman uji coba sudah berumur 21 HST dan data pengamatan pertumbuhan tanaman dan kejadian penyakit virus masih belum dikumpulkan.

#### **• Pengembangan teknologi pengendalian opt utama tomat**

Penelitian dilakukan untuk menguji coba kombinasi beberapa teknik pengendalian yang secara individual efektif untuk hama/penyakit tomat yaitu bercak coklat (*Alternaria solani*), hawar daun (*Phytophthora infestans*), dan nematode bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) dan layu fusarium. Teknologi yang

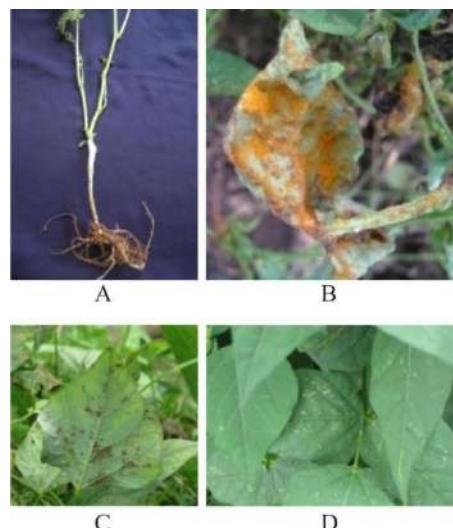
dikaji yaitu penggunaan PGPR, *Trichoderma hamatum*, Yeast antagonis dan filtrat guano. Penelitian dilakukan di sentra sayuran di dataran tinggi Tegal yaitu di Kecamatan Bojong. Perlakuan penelitian meliputi : A) Perlakuan PGPR dengan perlakuan benih + *Trichoderma hamatum* (*pencampuran media semai + penyemprotan ragi antagonis*), B) Perlakuan PGPR dengan perlakuan benih dan penyiraman satu kali+ *Trichoderma hamatum* (*pencampuran media semai dan penaburan dilubang tanam+ penyemprotan ragi antagonis*) dan C) Konvensional (penggunaan pestisida). Saat ini, perlakuan Perlakuan PGPR dengan perlakuan benih + *Trichoderma hamatum* (*pencampuran media semai + penyemprotan ragi antagonis*) mampu menghasilkan pertumbuhan bibit tomat yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya(Gambar 9).



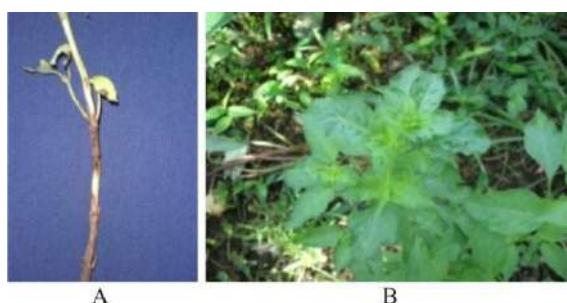
Gambar 9 Pertumbuhan bibit tomat dengan berbagai perlakuan PHT.

#### Identifikasi opt sayuran indigenous

Penelitian dilakukan untuk eksplorasi hama dan penyakit tanaman sayuran indigenous seperti kemangi, kenikir, kecipir. Data hama dan penyakit merupakan pertimbangan penting untuk pengembangan sayuran indigenous skala luas dimasa depan. Kegiatan yang dilakukan yaitu pengamatan lapangan dan pengumpulan sample tanaman sakit Tegal dan Bogor. Telah teridentifikasi 4 OPT pada kecipir (Dumping-off, karat, bercak daun, dan wereng daun) dan 3 OPT pada kemangi (bercak daun, kutu daun dan kanker batang) (Gambar 10 dan 11).



Gambar 10 Beberapa gejala hama dan penyakit pada sayuran indigenous kecipir.  
(A). Dumping-off, (B). karat, (C). bercak daun, dan (D). wereng daun.



Gambar 11 Beberapa gejala serangan hama dan penyakit pada sayuran indigenous kemangi. (A) kutu daun dan (B) kanker batang.

### PHT Sayuran di Sulawesi Selatan

Kegiatan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada tanaman cabai dilaksanakan di Dusun Sapotelang, Desa Jipang, Kecamatan Bontonompo Selatan, kabupaten Gowa , Sulawesi Selatan.

Hasil menunjukan bahwa galur IPB dapat memberikan hasil 4,5–5 ton/Ha, sedang varietas tombak (petani) gagal panen. Hal ini disebabkan pada galur IPB dengan penggunaan mulsa plastik dengan warna hitam bagian bawah dan perak bagian atas, dapat mempertahankan ketersediaan hara dalam tanah yang dapat hilang karena tercuci oleh air hujan, karena dalam penelitian berlangsung hujan masih sering turun dan dengan mulsa plastik dapat mempertahankan (menstabilkan) suhu dan kelembaban tanah serta air tanah yang cukup dan tidak berlebihan bila air hujan turun dan tidak kekurangan bila panas (kemarau). Sehingga hal ini dapat menunjang pertumbuhan dan produksi tanaman.



Gambar 12 Kondisi pertanaman CARA IPB (A) dan Kondisi pertanaman CARA petani pada umur 62 HST(B).

Pada varietas tombak tidak ada pemakaian mulsa sehingga kemungkinan hara tanah yang di berikan dapat tercuci dengan adanya air hujan dan dapat kekurangan air bila kemarau dan kelebihan air bila hujan. Hal ini dapat menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Selain itu dengan mulsa plastik dengan permukaan silver mengkilau dapat membantu proses photosintesis yang optimal karena adanya refleksi cahaya yang dapat mengena daun-daun yang tidak terkena matahari langsung (Gambar 12).

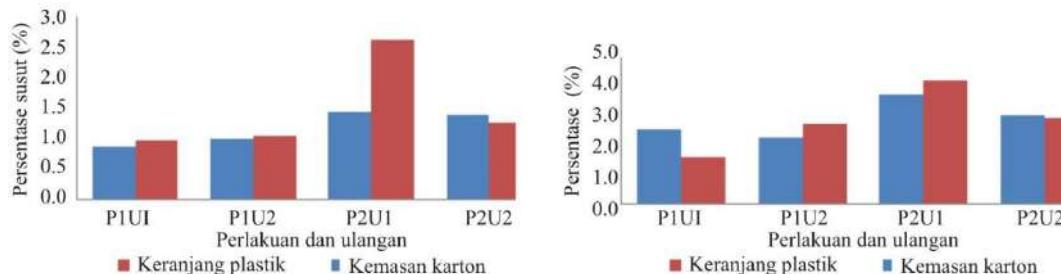
Serangan hama yang banyak menyerang adalah lalat buah (*Bractocera Dorvalis*, Hemdel). Hama ini membuat varietas tombak (petani) gagal panen, sedangkan galur Bogor (IPB) terserang hanya sekitar 1,5%. Hal ini di sebabkan karena pada galur Bogor (IPB) mempunyai sifat gen yang tahan terhadap beberapa jenis hama terutama lalat buah. Pemberian mulsa plastik dapat membuat galur Bogor (IPB) mempunyai ketahanan ekologik, karena dengan pemberian mulsa dapat merubah kondisi agro klimat di sekitar tanaman berubah. Pemberian mulsa menyebabkan kelembaban di sekitar tanaman rendah dan suhu tinggi, sehingga tidak mendukung perkembangbiakan.

#### **Pengembangan Teknologi Pasca Panen dan Pengolahan Hasil**

- **Pengembangan disain kemasan pada sayuran segar dalam bentuk curah untuk meminimalkan kerusakan selama transportasi dan penyimpanan**

Terdapat 3 penelitian yang dilakukan dalam rangka pengembangan disain kemasan pada sayuran segar dalam bentuk curah untuk meminimalkan kerusakan selama transportasi dan penyimpanan. Pertama adalah penentuan kualitas sayuran daun selama distribusi dan penyimpanan sementara dengan menggunakan sayuran sawi sebagai sampelnya. Kedua adalah pemilihan jenis kemasan curah selama

transportasi dan penyimpanan cabe merah melalui simulasi transportasi. Ketiga adalah mempelajari pengaruh suhu rendah dan kelembaban terhadap perubahan kualitas bawang merah pada penyimpanan jangka panjang.



Gambar 13 Grafik susut bobot cabai keriting dan grafik kerusakan mekanis cabai keriting.

Kegiatan yang sudah dilakukan adalah penelitian terhadap pengaruh jenis kemasan terhadap tingkat kerusakan cabai selama transportasi dan penyimpanan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penggunaan kemasan karton menghasilkan tingkat kerusakan cabai yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan kemasan dari plastic (Gambar 13).

#### • Adaptasi Inovasi Hasil Riset pada Industri Pasta Tomat Kaya Likopen

Hasil riset yang akan diadaptasi pada kegiatan ini adalah penggunaan evaporator tiup (BLOW EVAPORATOR) (Gambar 14) dan varietas tomat IPB dalam rangka pembuatan pasta tomat kaya likopen.



Gambar 14 Mesin evaporator tiup yang sudah direkayasa.

Hasil rekayasa evaporator tiup untuk skala laboratorium menunjukkan bahwa suhu optimal yang didapatkan pada pembuatan pasta tomat varietas pernata dengan evaporator tiup adalah 64,1426 °C dengan waktu 264,1849 menit. Pada suhu dan lamanya waktu tersebut menghasilkan produk dengan kadar vitamin C sebesar 38,0896 mg/100 g; warna (Chroma) sebesar 17,9764; TPT 17,9229°Brix; rendemen 23,9740%; dan kadar air 86,1865%.

## Pengembangan dan Diseminasi Produk.

### Introduksi agribisnis sayuran pada kelompok tani melalui model ADC

Saat ini sedang dilakukan kerjasama pengembangan model ADC antara Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT), IPB dengan Kelompok Tani Giri Makmur, Desa Giri Rejo, Ngablak, Magelang, Jawa Tengah. PKHT-IPB bertindak sebagai penyuplai teknologi dan tim ahli di sisi produksi dan penjamin mutu. Saat ini kegiatan sudah sampai pada tahap pembinaan petani untuk desain kemasan sayuran dan pembuatan leaflet untuk promosi setelah sebelumnya melakukan diskusi FGD dengan para petani. Desain kemasan dan leaflet promosi dapat dilihat pada Gambar 15 dan 16.



Gambar 15 Kemasan sayuran petani di Desa Giri Makmur.



Gambar 16 Leaflet sebagai bahan promosi sayuran petani Desa Giri Makmur.

## Lisensi Varietas Cabai

Kegiatan pemberian lisensi merupakan salah satu kegiatan pengembangan produk yang sudah dilakukan. Pemberian lisensi benih cabai bekerjasama dengan mitra industri benih, yaitu PT. MULYA BINTANG UTAMA dengan sistem bagi hasil yang akan ditentukan kemudian. Kegiatan yang baru berjalan sampai saat ini

adalah membuatan demplot-demplot untuk varietas cabai yang akan dilisensikan. Varietas cabai yang akan dilisensikan adalah varietas SSP IPB (Gambar 17).



Gambar 17 Varietas cabai SSP IPB.

### Adaptasi Inovasi Hasil Riset pada Industri Cabai Kering Utuh

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum pada suhu dan waktu rehidrasi, agar mendapatkan nilai kadar air dan vitamin C terbaik pada cabai keriting rehidrasi. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tunnel dehydrator mekanisme *tunneldehidrator* (Gambar 18).



Gambar 18 Pola aliran udara tunnel dehydrator.

Hasil penelitian menunjukkan nilai optimal keempat parameter respon tersebut akan didapatkan pada suhu 88 °C selama 2,5 menit. Kadar air yang dihasilkan sebesar 77%(wb), vitamin C 9,57 mg/100gr dengan nilai chroma untuk warna 18,3 dan rasio rehidrasi 215,45%.

## KESIMPULAN

Kegiatan pengembangan telah mebghasilakan varietas cabai yang siap dikomersialkan yaitu varietas SELOKA IPB. Calon varietas yang siap untuk uji

keunggulan adalah varietas tomat TORA IPB dan TOMI IPB, serta varietas cabai Anies IPB.. Kegiatan pengembangan varietas terong dan sayuran indigenous pada tahap karakterisasi dan seleksi.

Kegiatan pengembangan teknologi budidaya yang sudah dilakukan sampai saat ini adalah penanaman beberapa sayuran indigenous untuk produksi benih, penentuan dosis perlakuan P untuk pemupukan tomat, penanaman cabai dilahan gambut dengan tiga paket teknologi yang dicobakan, dan telah diperoleh dosis pemupukan dan tingkat naungan untuk budidaya tanaman poh-pohan.

Kegiatan pengembangan teknologi pengendalian organisme pengganggu tanaman yang telah dilaksanakan adalah kegiatan pengembangan teknologi pengendalian Begomovirus pada cabai. Pengendalian OPT utama tomat dengan penggunaan PGPR melalui perlakuan benih + *Trichoderma hamatum* (*pencampuran media semai + penyemprotan ragi antagonis*) dapat membuat pertumbuhan bibit cabai menjadi lebih baik. Identifikasi OPT sayuran indigenous dilakukan pada sayuran kecipir (Dumping-off, karat, bercak daun, dan wereng daun) dan kemangi (bercak daun, kutu daun, dan kanker batang). Penerapan PHT sayuran yang menggunakan komoditi cabai di Sulawesi Selatan dan menunjukkan hasil penggunaan varietas cabai dan teknologi budidaya cabai dari IPB menghasilkan hasil panen yang jauh lebih baik dibandingkan penggunaan varietas dan teknologi cabai dari masyarakat setempat.

Kegiatan pengembangan teknologi pasca panen dan pengolahan hasil telah menghasilkan informasi bahwa kerusakan cabai selama transportasi dan penyimpanan pada kemasan kardus lebih kecil dibandingkan pada kemasan plastic, serta diperoleh suhu dan waktu yang optimum dalam kegiatan rekayasa penggunaan evaporator tiup untuk industry tomat kaya likopen, yaitu pada suhu 64.1426 °C dan selama 264.1849 menit.

Kegiatan pengembangan dan diseminasi produk telah sampai pada pembinaan petani untuk desain kemasan sayuran dan leaflet untuk promosi sebagai tindak lanjut dari kegiatan introduksi model ADC untuk produksi sayuran kepada Tani Giri Makmur, Desa Giri Rejo, Ngablak, Magelang, Jawa Tengah.yang telah dimulai pada awal tahun 2013. Diseminasi produk dilakukan

penerapansuhu dan waktu optimum dalam penggunaan mesin pengering *Tunnel Dehydrator* untuk industri cabai kering utuh.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi yang telah membiayai kegiatan ini; Rektor IPB dan Kepala LPPM IPB yang memberikan dukungan SDM dan fasilitas; PT, Mulya Bintang Utama, Balitsa, Universitas Riau, Universitas 45 Makasar dan Universitas Pekalongan sebagai anggota Konsorsium.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ekawati, R, Susila, AD, Kartika JG. (2010). Pengaruh Naungan Tegakan Pohon Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Tanaman Sayuran Indigenous. *J. Hort. Indonesia*, Vol. 1, No. 1, pp 46-52.
- Arif AB, Sujiprihati, S, Syukur, M. (2012). Pendugaan Heterosis dan Heterobeltiosis pada Enam Genotipe Cabai Menggunakan Analisis Silang Dialel Penuh, *J. Hort.*, Vol. 22, No. 2, pp. 103-110Kementerian Riset dan Teknologi, (2010), Kebijakan Strategis Pembangunan Nasional Iptek 2010 - 2014, Jakarta.
- Allard RW. (1960). Pemuliaan Tanaman 1. Terjemahan dari : Principles of Plant Breeding. Penerjemah : Manna dan Mulyadi, PT Rineka Cipta, Jakarta, 336 hal.
- Amstrong RJ, Tompson AE. (1967). A dialel analysis of tomato fruit cracking, *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, Vol. 91, pp. 505-517.
- Finlay KW, Wilkinson GN. (1963). The analysis of adaptation in plant-breeding programme, *Aust. J. AgricRes*, Vol. 14, pp. 742 – 754.

**PENGARUH PROTEKSI SUMBER ASAM LEMAK TAK JENUH  
TANAMAN TERHADAP KARAKTERISTIK FERMENTASI  
RUMEN IN VITRO**

(Effect of Unsaturated Fatty Acid Protection on *In vitro* Rumen Fermentation Characteristic and Biohydrogenation)

**Sri Suharti, Nurhidayah, Jajat Jachja, Komang G. Wirayawan**  
Dep. Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektifitas teknologi proteksi pada berbagai sumber asam lemak tak jenuh dalam mencegah proses biohidrogenasi asam lemak tak jenuh dalam sistem rumen. Penelitian dilakukan menggunakan teknik fermentasi secara *in vitro* dengan Sapi Peranakan Ongol berfistula sebagai donor inokulum cairan rumen. Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan faktorial dengan faktor A adalah perlakuan proteksi (Tanpa proteksi, Mikroenkapsulasi dan Sabun kalsium) serta faktor B adalah jenis sumber asam lemak tak jenuh yaitu minyak wijen, minyak kanola dan *flaxseed*. Parameter yang diukur adalah kecernaan bahan kering (KCBK), Kecernaan Bahan Organik (KCBO), dan N-NH<sub>3</sub>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proteksi asam lemak menggunakan teknologi proteksi dengan mikroenkapsulasi pada ketiga jenis minyak yang diuji nyata meningkatkan ( $P<0,05$ ) nilai pH rumen, dan konsentrasi amonia rumen dibandingkan dengan metode sabun kalsium. Nilai kecernaan bahan kering dan bahan organik tidak berbeda antar perlakuan. Dapat disimpulkan bahwa proteksi asam lemak tak jenuh dengan mikro enkapsulasi lebih efektif meningkatkan aktifitas fermentasi rumen.

Kata kunci: Asam lemak tak jenuh, sabun kalsium, mikro enkapsulasi, fermentasi rumen, sapi potong.

**ABSTRACT**

The research was aimed to investigate the effectiveness of several protection strategies on unsaturated fatty acid from plant to prevent from rumen biohydrogenation. This experiment was conducted by using *in vitro* fermentation technique and used fistulated Ongole Crossbreed as a rumen donor. The design of experiment was a factorial block design with 2 factors i.e. protection strategy (no protection, microencapsulation, Calcium-soap) and source of unsaturated fatty acid (wijen oil, canola oil, flaxseed oil). Ammonia concentration were measured at 4 h incubation, while dry matter and organic matter digestibility, and fatty acid profile were measured at 48 h incubation. The results show that all plant oil (wijen oil, canola oil, flaxseed oil) which protect by using microencapsulation increased ( $P<0,05$ ) rumen pH, and ammonia concentration. Dry matter and organic matter digestibility did not different among treatments. It was concluded that plant oil protection by using microencapsulation more effective to increase rumen fermentation activity than calcium-soap technology.

Keywords: Unsaturated fatty acid, Calcium-soap, micro encapsulation, rumen fermentation, beef cattle.

**PENDAHULUAN**

Seiring dengan meningkatnya permintaan daging dalam negeri sebagai akibat meningkatnya jumlah penduduk dan konsumsi daging, maka ternak potong

merupakan komoditas strategis dalam pengembangan sektor peternakan. Namun saat ini produksi daging nasional belum dapat mencukupi permintaan dalam negeri. Diperkirakan importasi daging pada 2013 mencapai 75.000 ton atau 14% dari total kebutuhan pada tahun depan 535.000 ton. Dalam rangka menekan impor daging sapi dan meningkatkan produktivitas ternak sapi potong dalam negeri, sangat diperlukan teknologi pakan yang dapat menstimulasi pertumbuhan ternak sapi potong.

Peningkatan produksi sapi potong, seyogyanya diiringi dengan peningkatan kualitas daging terutama kandungan asam lemak tak jenuh. Sebagian masyarakat konsumen daging masih mempunyai kekhawatiran akan kandungan asam lemak jenuh pada daging sapi (daging merah) yang cukup tinggi. Kandungan asam lemak jenuh yang tinggi dipercaya secara luas mampu meningkatkan kasus penyakit jantung koroner atau *coronary heart disease* (CHD) yang dapat menyebabkan kematian (Phillip, 2012). Kondisi yang demikian menyebabkan masyarakat enggan mengkonsumsi daging secara kontinyu. Oleh sebab itu perlu dilakukan upaya yang dapat mengurangi kandungan asam lemak jenuh pada daging domba dan sekaligus meningkatkan kandungan asam lemak tak jenuhnya sehingga lebih aman untuk kesehatan.

Pembentukan asam lemak jenuh pada ternak ruminansia dikarenakan adanya proses biohidrogenasi mikroba rumen yang mengubah asam lemak tak jenuh pada pakan menjadi asam lemak jenuh. Proses biohidrogenasi ini menyebabkan kandungan asam lemak jenuh pada rumen menjadi tinggi dan selanjutnya diserap oleh tubuh ternak dan dideposit dalam daging (Hobson & Stewart, 2007).

Salah satu strategi efektif untuk meningkatkan produktivitas ternak sapi potong dan sekaligus meningkatkan komposisi asam lemak tak jenuh terutama omega-3 pada produk daging adalah melalui suplementasi sumber asam lemak tak jenuh asal tanaman. Banyak sekali minyak asal tanaman yang mengandung asam lemak tak jenuh cukup tinggi antara lain minyak biji bunga matahari, minyak sawit, minyak kanola, minyak wijen, biji rami (flaxseed) dan lain sebagainya (Manso *et al.* 2005; Aharoni *et al.* 2005; Beauchemin *et al.* 2007; O'Brien, 2009). Pemberian flaxseed sebesar 10% dalam ransum sapi nyata meningkatkan

komposisi asam lemak tak jenuh (PUFA) dan proporsi Omega-3 pada lemak intramuskular (Kim *et al.* 2009). Namun demikian, suplementasi sumber asam lemak tak jenuh ini perlu diproteksi sehingga tidak mengalami proses biohidrogenasi oleh bakteri rumen menjadi asam lemak jenuh. Beberapa teknologi proteksi asam lemak tak jenuh yang bisa diterapkan antara lain enkapsulasi (Pramono, 2010), sabun kalsium (Fernandez, 1999; Wynn *et al.* (2006), formaldehid dan lain-lain.

Kajian komprehensif tentang efektifitas beberapa teknologi proteksi pada berbagai sumber asam lemak tak jenuh perlu dilakukan baik secara *in vitro* maupun *in vivo* untuk mengevaluasi peranannya dalam mencegah proses biohidrogenasi asam lemak tak jenuh dalam sistem rumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi sumber asam lemak tak jenuh asal tanaman yaitu minyak wijen, minyak kanola dan flaxseed yang diproteksi baik dalam bentuk enkapsulasi maupun sabun kalsium terhadap proses biohidrogenasi rumen.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biokimia, Fisiologi dan Mikrobiologi Nutrisi, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Laboratorium Lapang Fakultas Peternakan IPB. Pada studi *in vitro* digunakan sapi potong lokal untuk diambil cairan rumennya. Bahan yang diperlukan ransum konsentrat, hijauan dan bahan-bahan kimia antara lain NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, KCl, NaCl, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub>, Gas CO<sub>2</sub>, pepsin, HCl pekat, asam borat, (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) kristal, brom cresol green (BCG), methyl red (MR), aquades, alkohol 95%, kertas saring whatman no.41, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> jenuh, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.005 N, NaOH 0,5 N, indikator PP (Phenolphthalein), larutan mineral mikro, larutan buffer rumen, larutan mineral makro, larutan resazurin 0,1%, dan larutan pereduksi.

### Fermentasi *In Vitro*

Penelitian dilakukan menggunakan teknik fermentasi secara *in vitro* dengan sapi potong sebagai donor inokulum cairan rumen. Proses fermentasi dilakukan dalam sistem inkubator secara anaerobik dengan pH media 6,9 pada suhu 39°C

selama 48 jam. Substrat yang digunakan adalah hijauan dan konsentrat dengan rasio 60:40. Kandungan nutrien ransum perlakuan disajikan pada Tabel 1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan faktorial dengan faktor A adalah perlakuan proteksi (enkapsulasi dan sabun kalsium) serta faktor B adalah jenis sumber asam lemak tak jenuh yaitu minyak wijen, minyak kanola dan *flaxseed*. Masing-masing perlakuan akan diulang selama 4 kali. Parameter yang diukur adalah kecernaan bahan kering (KCBK), kecernaan bahan organik (KCBO), N-NH<sub>3</sub>, VFA parsial (asetat, propionat dan butirat), dan komposisi asam lemak pada rumen.

Tabel 1 Kandungan nutrien ransum perlakuan (Total Mixed Ration)

Nutrien	Kontrol	MF	MK	MW	Mk F	Mk K	Mk W	SK F	SK K	SK W
Abu	7,25	6,78	7,26	7,67	9,09	7,24	8,08	7,54	7,42	7,51
LK	3,78	5,41	5,60	5,43	3,56	3,87	4,43	5,40	4,59	4,92
PK	15,62	16,52	16,10	15,66	17,58	17,93	16,67	15,15	16,05	16,69
SK	22,42	24,17	23,86	22,89	23,46	23,65	22,74	23,04	24,02	23,33
BETN	50,93	47,12	47,18	48,35	46,31	47,31	48,08	48,88	47,93	47,55
TDN	71,09	72,70	72,60	74,05	69,12	71,34	72,66	73,78	71,08	73,04

Keterangan:

MF = minyak flaxseed, MK = minyak kanola, MW = minyak wijen, Mk F = mikroenkapsulasi flaxseed, Mk K = mikroenkapsulasi kanola, Mk W = mikroenkapsulasi wijen, SK F = sabun kalsium flaxseed, SK K = sabun kalsium kanola, SK W = sabun kalsium wijen

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sabun Kalsium Sumber Asam Lemak Tak Jenuh

Pembuatan sabun kalsium dilakukan pada skala laboratorium. Sabun kalsium diperoleh dengan menyabunkan minyak sumber asam lemak (minyak kanola, minyak wijen, minyak flaxseed) dengan alkali (NaOH). Kemudian ditambahkan CaCl<sub>2</sub> sebagai bahan pengeras dan sekaligus sebagai sumber kalsium. Proses pembuatan sabun kalsium dimulai dengan mencari bilangan penyabunan, perhitungan kebutuhan CaCl<sub>2</sub> dan pembuatan produk sabun kalsium. Hasil/rendemen pembuatan sabun kalsium disajikan pada Tabel 2.

Proteksi asam lemak menggunakan teknologi sabun kalsium menghasilkan rendemen produk yang tidak jauh berbeda antara ketiga jenis minyak yang digunakan yaitu wijen, kanola dan flaxseed. Namun demikian, penggunaan flaxseed cenderung menghasilkan rendemen produk tertinggi dengan kadar lemak

total yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa efektifitas proses penyabunan menggunakan NaOH dan CaCl<sub>2</sub> pada ketiga jenis minyak tersebut hampir sama. Tidak adanya perbedaan rendemen produk sabun kalsium pada ketiga jenis minyak tersebut dimungkinkan karena kandungan lemak total pada ketiga jenis minyak juga hampir sama walaupun komposisi asam lemak jenuhnya sedikit berbeda.

Tabel 2 Spesifikasi pembuatan sabun kalsium dari 3 jenis asam lemak tanaman

Jenis Minyak	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Rendeman (%)	Kadar Air (%)	Lemak (%)
Wijen	33,17 ± 0,11	16,60 ± 1,34	50,04	36,62	40,35
Kanola	31,98 ± 0,04	15,67 ± 0,70	49,01	30,77	39,76
Flaxseed	32,00 ± 0,05	16,24 ± 0,96	50,76	29,04	42,08

### Mikro Enkapsulasi Sumber Asam Lemak Tak Jenuh

Selain dengan teknik sabun kalsium, proteksi sumber asam lemak tak jenuh (minyak kanola, minyak wijen, minyak flaxseed) juga dilakukan dengan teknik mikroenkapsulasi. Bahan yang akan digunakan sebagai penyalut minyak adalah laktosa dan sodium caseinate. Bahan penyalut (laktosa (karbohidrat) dan sodium caseinat (protein) denganimbangan 1:1) sebesar 11,76%, bahan inti (minyak nabati) sebesar 5,88% dan air 82,36%. Bahan inti dan penyalut dihomogenisasi pada larutan air selama 10 menit dengan kecepatan 10.000 rpm. Mikrokapsul yang terbentuk memiliki ukuran 100 mesh atau 0,149 mm. Hasil produk enskapsulasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil mikroenkapsulasi tiga sumber asam lemak tak jenuh berbeda

Jenis Minyak	Berat Awal (g)	Berat Akhir dari Outlet (g)	Berat Akhir dari inlet (g)	Rendeman (%)	Lemak (%)	Protein (%)
Wijen	500	28	28,6	11,32	18,21	27,64
Kanola	500	28,3	19,1	9,48	14,53	30,22
Flaxseed	500	26,8	18,75	9,11	12,19	27,79

Teknologi proteksi asam lemak tak jenuh tanaman dengan mikroenkapsulasi menghasilkan rendemen yang tidak jauh berbeda antara ketiga jenis sumber asam lemak yang berbeda. Namun demikian, mikroenkapsulasi dari minyak wijen cenderung menghasilkan rendemen tertinggi dibandingkan sumber asam lemak lainnya. Efektifitas proteksi asam lemak dengan teknik mikroenkapsulasi jauh

lebih rendah dibandingkan dengan teknik sabun kalsium. Pada teknik mikroenkapsulasi hanya menghasilkan rendemen 9–11%, sedangkan dengan teknik sabun kalsium dapat menghasilkan rendemen 49–50%. Hal ini diduga karena skala/volume minyak yang dibuat dengan mikroenkapsulasi dengan teknik *spray dryer* pada percobaan ini terlalu sedikit (250 ml) dibandingkan dengan kapasitas alat mikroenkapsulasi yang cukup besar. Sehingga banyak produk minyak terkapsul yang menempel di seluruh permukaan tabung *spray dryer*. Apabila dilihat komposisi lemak dan proteinnya, mikro enkapsulasi minyak kanola mengandung protein tertinggi, sedangkan mikro enkapsulasi minyak wijen menghasilkan kandungan lemak total tertinggi.

### **Karakteristik Fermentasi in Vitro Produk Sabun Kalsium dan Mikroenkapsulasi Minyak Tanaman**

#### **Nilai pH Rumen**

Hasil uji statistik nilai pH rumen pada fermentasi *in vitro* dengan menggunakan 3 jenis sumber asam lemak dan 3 jenis metode proteksi yang berbeda menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara jenis sumber asam lemak dan metode proteksi terhadap nilai pH rumen (Tabel 4). Rataan nilai pH cairan rumen yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar dari 5,98–6,17 dan masih dalam kisaran normal yaitu 5,5–7,0 (Dehority 2004).

Tabel 4 Nilai pH Rumen dengan Sumber Asam Lemak Metode Proteksi yang Berbeda

Jenis Minyak Nabati	Metode Proteksi			Rataan
	Minyak	Sabun Kalsium	Mikroenkapsulasi	
Wijen	5,89 ± 0,16	6,25 ± 0,27	6,27 ± 0,25	6,14 ± 0,22
Kanola	6,03 ± 0,09	6,24 ± 0,28	6,33 ± 0,28	6,20 ± 0,20
Flaxseed	6,09 ± 0,04	6,25 ± 0,26	6,38 ± 0,27	6,24 ± 0,19
Rataan	6,00 ± 0,10 <sup>b</sup>	6,25 ± 0,27 <sup>a</sup>	6,33 ± 0,26 <sup>a</sup>	

Keterangan:

Rataan dengan superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $P<0,05$ ).

Metode proteksi dengan mikro enkapsulasi nyata meningkatkan ( $p<0,05$ ) nilai pH rumen dibandingkan dengan metode lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa proteksi asam lemak dengan teknik mikroenkapsulasi nyata meningkatkan aktivitas fermentasi rumen yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan nilai pH.

Tingginya nilai pH pada sistem rumen bisa disebabkan oleh tingginya asam laktat yang merupakan produk intermediet pada proses fermentasi yang mengkonversi pakan menjadi VFA. Sehingga apabila aktivitas fermentasi meningkat, maka produk asam laktat juga naik sehingga dapat meningkatkan nilai pH rumen.

Penggunaan jenis minyak yang berbeda tidak memberikan perbedaan yang nyata ( $p>0,05$ ) terhadap nilai pH. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan sumber asam lemak tak jenuh tidak mempengaruhi ph lingkungan rumen dan tidak mengganggu aktivitas mikroba rumen dalam fermentasi pakan.

### Produksi Amonia

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara jenis sumber asam lemak dan metode proteksi terhadap konsentrasi amonia rumen (Tabel 5). Nilai konsentrasi amonia pada percobaan ini berkisar antara 7,81–9,70 mM dan masih berada pada kisaran normal yaitu 8–12 mM.

Tabel 5 Konsentrasi  $\text{NH}_3$  dengan sumber asam lemak metode proteksi yang berbeda

Jenis Minyak Nabati	Metode Proteksi			Rataan
	Minyak	Sabun Kalsium	Mikroenkapsulasi	
----- mM -----				
Wijen	8,26 ± 0,64	8,28 ± 0,55	9,90 ± 1,40	8,81 ± 0,86
Kanola	7,23 ± 1,53	7,87 ± 1,84	9,12 ± 1,02	8,07 ± 1,46
Flaxseed	7,96 ± 0,58	9,06 ± 0,86	10,08 ± 1,07	9,03 ± 0,83
Rataan	7,81 ± 0,91 <sup>b</sup>	8,40 ± 1,07 <sup>b</sup>	9,70 ± 1,16 <sup>a</sup>	

Keterangan:

Rataan dengan superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $P<0,05$ )

Metode proteksi dengan mikroenkapsulasi nyata meningkatkan ( $P<0,05$ ) konsentrasi amonia rumen dibandingkan dengan metode yang lain. Peningkatan konsentrasi amonia dengan pemberian mikroenkapsulasi minyak tanaman diduga karena tingginya kandungan protein pada produk tersebut akibat penambahan kasein pada teknik *spray drying*. Sedangkan, pada teknik proteksi dengan sabun kalsium tidak terjadi peningkatan kandungan protein minyak.

Seperti diketahui bahwa amonia merupakan produk akhir dari degradasi protein pakan oleh mikroba rumen. Sehingga apabila kandungan protein pakan meningkat maka dapat meningkatkan konsentrasi amonia. Konsentrasi amonia

yang tinggi tersebut juga memungkinkan peningkatan sintesis protein mikroba pada sistem rumen karena amonia merupakan prekursor utama dalam pembentukan sel mikroba. Hal ini dapat memberikan efek yang positif pada performa ternak karena sintesis protein mikroba yang tinggi dapat mensuplai protein dengan kualitas asam amino seimbang untuk tubuh ternak.

Penggunaan sumber asam lemak yang berbeda tidak memberikan perbedaan yang nyata ( $P>0,05$ ) terhadap konsentrasi  $\text{NH}_3$ . Hal ini menunjukkan bahwa sumber asam lemak yang digunakan mempunyai kandungan protein yang hampir sama sehingga menghasilkan amonia yang hampir sama.

### Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik

Secara deskriptif, penggunaan minyak yang diproteksi dengan sabun kalsium menghasilkan kecernaan bahan kering dan organik yang lebih tinggi dibandingkan metode yang lain (Tabel 6 dan 7). Sementara itu, penggunaan minyak kanola memiliki nilai kecernaan bahan kering dan organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis minyak yang lain.

Namun secara umum, ketiga jenis minyak menghasilkan nilai kecernaan bahan kering dan bahan organik yang yang tidak berbeda yaitu berkisar antara 65–67%. Demikian juga dengan teknik proteksi yang digunakan juga menghasilkan nilai kecernaan bahan kering dan bahan organik yang hampir sama yaitu 63–65%.

Tabel 6 Kecernaan bahan kering dengan sumber asam lemak dan metode proteksi yang berbeda

Jenis Minyak Nabati	Metode Proteksi			Rataan
	Minyak	Sabun Kalsium	Mikroenkapsulasi	
	%			-----
Wijen	66,36 ± 3,24	65,94 ± 1,64	67,66 ± 3,95	66,82 ± 2,94
Kanola	66,26 ± 1,36	64,82 ± 5,41	63,79 ± 4,95	64,96 ± 3,90
Flaxseed	65,63 ± 3,29	67,45 ± 2,10	65,91 ± 4,97	66,33 ± 3,46
Rataan	66,25 ± 2,63	66,07 ± 3,05	65,79± 4,62	

Tabel 7 Kecernaan bahan organik dengan sumber asam lemak dan metode proteksi yang berbeda

Jenis Minyak Nabati	Metode Proteksi			Rataan
	Minyak	Sabun Kalsium	Mikroenkapsulasi	
	% -----			
Wijen	65,24 ± 3,68	63,77 ± 4,40	63,59 ± 2,72	64,20 ± 3,34
Kanola	65,05 ± 1,70	64,51 ± 0,85	62,61 ± 4,47	64,98 ± 2,39
Flaxseed	62,69 ± 4,63	66,65 ± 1,91	65,63 ± 5,33	63,95 ± 4,18
Rataan	65,00 ± 3,34	64,98 ± 2,39	63,95 ± 4,18	

## KESIMPULAN

Perbedaan sumber asam lemak (minyak wijen, kanola dan flaxseed) yang diproteksi menghasilkan rendemen yang hampir sama. Namun, proteksi dengan sabun kalsium menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknik mikroenkapsulasi. Metode proteksi dengan mikroenkapsulasi nyata meningkatkan nilai pH, dan konsentrasi amonia, namun menghasilkan nilai kecernaan bahan kering dan bahan organik yang hampir sama dibandingkan dengan metode lainnya. Penggunaan sumber asam lemak yang berbeda menghasilkan nilai pH, konsentrasi amonia, kecernaan bahan kering dan organik yang hampir sama.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas bantuan dana BOPTN 2013 melalui Hibah Kompetitif Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi skema Penelitian Dasar Mandat Bagian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aharoni Y, Orlov A, Brosh A, Granit R, Kanner J. 2005. Effect of soybean oil supplementation of high forage fatening diet on fatty acid profiles in lipid depots of fattening bull calves, and their levels of blood vitamin V. J. Anim. Feed Scie. 119 : 191-202.
- Beauchemin KA, McGinn SM, Petit HV. 2007. Methane abatement strategies for cattle: Lipid supplementation of diets. Can. J. Anim. Sci. 87: 431-440

- Fernandez JI. 1999. Rumen by pass fat for dairy diet: when to use which type. *J. Feed Int. Agust* p : 18-21
- Hobson P, Stewart CS. 1997. Rumen Microbial Ecosystem. Second Ed. Blackie Academic & Professional, London.
- Jenkins TC, Palmquist DL. 1984. Effect of fatty acid or calcium soap on rumen and total nutrient digestibility of dairy ration. *J. Dairy Sci.* 67: 978
- Kim C, Kim J, Oh Y, Park E, Ahn G, Lee G, Lee J, Park K. 2009. Effects of Flaxseed Diets on Performance, Carcass Characteristics and Fatty Acid Composition of Hanwoo Steers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci* 22 (8): 1151
- Manso TT, Castro AR, Mantecon, Jimeno V. 2005. Effect of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. *J. Anim. Feed Scie.* 127 : 175-186
- O'Brien RD. 2009. Fats and Oils Formulating and Processing for Applications 3<sup>rd</sup> Edition. CRC Press, New York.
- Pramono A. 2010. Suplementasi Minyakikan Lemuru dan Hidrolisat Darah Terproteksi Untuk Meningkatkan Produktivitas Sapi Perah. Laporan Akhir Hibah Disertasi Doktor.
- Phillip J. 2012. Red meat consumption increases risk of death from heart disease and cancer up to twenty percent.  
[http://www.naturalnews.com/035560\\_red\\_meat\\_heart\\_disease\\_cancer.htm](http://www.naturalnews.com/035560_red_meat_heart_disease_cancer.htm).
- Wynn RJ, Daniel ZCTR, Flux CL, Craigon J, Salter AM, Butterly PJ. 2006. Effect of feeding rumen-protected conjugated linoleic acid on carcass characteristics and fatty acid composition of sheep tissues. *J. Anim. Sci* 84: 3440–3450.

**PRODUKSI TELUR ITIK FUNGSIONAL KAYA ASAM LEMAK OMEGA 3 DAN OMEGA 6 BERIMBANG, VITAMIN A DAN RENDAH KOLESTEROL MELALUI SUPLEMNTASI MINYAK IKAN, MINYAK SAWIT DAN ZINK ORGANIK DALAM RANSUM**

(Production of Functional Duck Egg Rich Omega-3 and Omega -6 Fatty Acid Balanced, Vitamin A and Low Cholesterol with Supplementation of Fish Oil, Palm Oil and Zink Organic in Ration)

**Sumiati, Komang G. Wiryawan, A. Darmawan**

Dep. Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB

**ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan telur itik kaya asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 dengan komposisi yang seimbang, meningkatkan produksi telur dan kualitas telur, menurunkan kadar kolesterol telur itik dan meningkatkan kandungan vitamin A telur itik. Penelitian dilakukan selama 9 minggu menggunakan 90 ekor itik magelang berumur 21 minggu. Perlakuan yang diberikan adalah: R0 = ransum tanpa menggunakan minyak sawit, minyak ikan, atau Zn organik denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 5; R1 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 1,5 + 200 ppm Zn organic; R2 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 3 + 200 ppm Zn organic; R3 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 4,6 + 200 ppm Zn organic; R4 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 6 + 200 ppm Zn organic; dan R5 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 7,5+ 200 ppm Zn organik. Penggunaan asam lemak  $\omega$  -3 dan  $\omega$ -6 denganimbangan 1 : 4,6 ditambah Zn organik 200 ppm (R3) menghasilkan performa produksi yang baik, menurunkan kolesterol dalam kuning telur, meningkatkan kandungan vitamin A dan menghasilkanimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 terbaik sebesar 1: 5,29.

Kata kunci: Asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6, itik Magelang, Zn organik.

**ABSTRACT**

The objective of this study were to yield duck eggs rich in  $\omega$  3 and  $\omega$  6 in a balance ratio, low cholesterol, high vitamin A, and to increase duck egg production. A total of 90 Magelang ducks of 21 weeks old were randomly divided into 18 experimental units and reared during 9 weeks. The diet treatments were: R0 = diet without palm oil, fish oil or organic Zn with the ratio of  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 was 1: 5; R1= diet with the ratio of  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 was 1: 1.5 + 200 ppm organic Zn; R2 = diet with the ratio of  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 was 1: 3 + 200 ppm organic Zn; R3 = diet with the ratio of  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 was 1: 4.5 + 200 ppm organic Zn; R4 = diet with the ratio of  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 was 1: 6 + 200 ppm organic Zn; and R5 = diet with the ratio of  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 was 1 : 7.5 + 200 ppm organic Zn. The results of this study was that feeding diet contained  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 fatty acid with the ratio of 1: 4.6 +200 ppm organic Zn produced the duck eggs with the best ratio of  $\omega$ -3 :  $\omega$  -6 in the yolk, high in vitamin A, and low in yolk cholesterol. This treatment also increased duck egg production.

Keywords:  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 fatty acids, Magelang duck, organic Zn.

## PENDAHULUAN

Telur merupakan salah satu bahan makanan yang banyak memegang peranan di dalam membantu mencukupi kebutuhan gizi. Sebutir telur mengandung zat-zat gizi yang lengkap antara lain protein, lemak, hidrat arang, air, vitamin A,B, D dan K. Salah satu telur unggas yang mengandung nilai nutrisi tinggi adalah telur itik. Telur itik mengandung protein 13% dan lemak 14% serta kandungan kolesterol yang tinggi yaitu 10,81 mg/g kuning telur (Kazmierska *et al.* 2005). Kandungan lemak jenuh dan kolesterol telur itik yang tinggi sangat berbahaya karena jika dikonsumsi berlebihan akan menyebabkan penyakit arterosklerosis dan jantung koroner. Beberapa fakta menunjukkan bahwa asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 dari makanan berperan penting dalam fungsi dan integritas otak, serta merupakan faktor penting dalam pembentukan dan pertumbuhan otak, selain itu berfungsi juga dalam hal mencegah penyakit kardiovaskuler (aterosklerosis dan jantung koroner), kanker, tumor dan berpengaruh pada kekebalan tubuh (Hardini *et al.* 2006). Perkembangan selanjutnya menunjukkan ternyata jika keseimbangan antara  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 terganggu dapat mengakibatkan penurunan kolesterol LDL dan HDL serta mudah terbentuknya *plaque* atau sumbatan. Hal ini tidak menguntungkan karena rasio LDL/HDL yang menurun dan mudahnya terjadi sumbatan pada pembuluh darah justru akan memicu terjadinya penyakit jantung koroner (Simopoulos, 2008). Beberapa hasil penelitian merekomendasikan bahwaimbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 untuk dikonsumsi manusia adalah 1:4 sampai 1:10 (British Nutrition Foundation's, 1994) dan menurut Leeson dan Atteh (1995) rasio yang terbaik antara  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 adalah 1:5.

Merekayasa aspek pakan adalah upaya yang dapat dilakukan untuk menghasilkan produk telur yang kaya akan asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 berimbang. Sumber pakan yang kaya akan asam lemak  $\omega$ -3 dapat diperoleh dari minyak ikan, sedangkan bahan pakan yang kaya akan asam lemak  $\omega$ -6 dapat diperoleh dari minyak sawit. Penambahan minyak ikan dan minyak sawit yang kaya akan PUFA (*Poly Unsaturated Fatty Acid*) pada ransum itik petelur dapat dikombinasikan dengan suplementasi Zn. Mineral Zn sangat bermanfaat terhadap transformasi metabolismik PUFA menjadi prostaglandin yang berperan dalam sistem reproduksi

(Eder *et al.* 2000), yang diharapkan dapat meningkatkan produksi telur. Status Zn juga dapat mempengaruhi metabolisme vitamin A termasuk penyerapan, transportasi dan penggunaanya (Muñoz *et al.* 2000). Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 dalam ransum itik petelur agar telur yang dihasilkan kaya asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 dengan komposisi yang seimbang, meningkatkan produksi telur dan kualitas telur, menurunkan kadar kolesterol telur itik dan meningkatkan kandungan vitamin A telur itik.

## METODE PENELITIAN

Bahan baku pakan yang digunakan adalah jagung, dedak, bungkil kedelai, tepung ikan, minyak sawit, minyak ikan lemuru, CaCO<sub>3</sub>, NaCl, Premix, DL-Methionine dan Zn organik. Ternak yang digunakan adalah itik petelur Magelang umur 21 minggu sebanyak 90 ekor. Itik dipelihara sampai umur 29 minggu dalam kandang sekat yang berukuran 1m x 1m x 1m. Ransum disusun berdasarkanimbangan asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 sesuai perlakuan. Susunan dan kandungan nutrisi ransum perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas enam perlakuan dan tiga ulangan, masing-masing ulangan akan menggunakan lima ekor itik. Sebelum pakan penelitian diberikan, itik petelur diberikan pakan adaptasi selama dua minggu pada umur 19-20 minggu. Pemberian ransum perlakuan dilakukan selama sembilan minggu pada itik umur 21-29 minggu. Konsumsi ransum diukur mingguan sedangkan berat dan produksi telur dicatat setiap hari selama sembilan minggu percobaan. Dua butir telur diambil dari masing-masing ulangan pada minggu ke-2, 4, 6, 8, dan 9 untuk analisis kualitas fisik telur dan pada minggu ke-9 diambil dua butir telur tiap ulangan untuk analisis kandungan asam lemak dan vitamin A. Kuning telur dipisahkan dari putih telur dan kemudian kuning telur tersebut disatukan. Sebanyak enam sampel kuning telur yang disatukan dan dianalisis kandungan asam lemak, vitamin A dan 18 sampel kuning telur diambil untuk dianalisis kandungan kolesterolnya. Kandungan kolesterol telur diamati dengan menggunakan metode *Liebermann*

*Burchard Color Reaction*, komposisi asam lemak tidak jenuh diamati dengan menggunakan metode khromatografi gas dan kandungan vitamin A menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC).

Tabel 1 Susunan dan kandungan nutrien ransum perlakuan

Bahan Pakan	Perlakuan					
	R0	R1	R2	R3	R4	R5
Jagung (%)	67	45,5	45,7	47	47,2	46
Dedak padi (%)	5,7	24	22,5	21	21	20,5
Bungkil kedelai (%)	13	10,7	12	12,7	11	12
Tepung ikan (%)	6,5	8	7	7	8	9
Minyak sawit (%)	0	0	3,2	4	4,6	5
Minyak ikan (%)	0	5	1,8	1	0,4	0
CaCO <sub>3</sub> (%)	7	7	7	6,5	7	6,7
NaCl (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Premix (%)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
DL-methionin (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zn organik (ppm)	200	200	200	200	200	200
<b>Kandungan nutrien</b>						
Protein kasar (%)*	13,31	13,66	13,45	14,26	14,2	13,88
Energi metabolismis (kkal/kg)	2766,6	2878,25	2660,75	2905,8	2772,4	2786,175
Ca (%)	3,11	3,22	3,16	3,01	3,22	3,17
P tersedia (%)	0,43	0,60	0,56	0,55	0,59	0,62
Serat kasar (%)*	3,18	4,72	4,21	3,74	4,1	4,19
Lemak kasar (%)*	4,24	7,63	7,09	8	8,76	8,07
Asam lemak ω -6 (%)	1,43	1,94	2,17	2,26	2,37	2,39
Asam lemak ω -3 (%)	0,28	1,32	0,75	0,49	0,40	0,31
ω -3 : ω -6	1:5,1	1:1,5	1:2,9	1:4,6	1:5,9	1:7,7
Lysine (%)	0,9781	0,97834	0,98	0,98	0,98	1,03
Methionine (%)	0,4641	0,46524	0,46	0,46	0,46	0,46
Methionine + Cystine (%)	0,71	0,70	0,70	0,71	0,71	0,73

R0 = ransum tanpa menggunakan minyak sawit, minyak ikan, atau Zn organik denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 5; R1 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 1,5 + 200 ppm Zn organic; R2 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 3 + 200 ppm Zn organic; R3 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 4,6 + 200 ppm Zn organic; R4 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 6 + 200 ppm Zn organic; dan R5 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 7,5+ 200 ppm Zn organik.\*Analisis di Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi IPB

\*\* Analisis di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan Fakultas Peternakan IPB

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Perlakuan Terhadap Performa Itik

Berdasarkan Tabel 2, rataan konsumsi ransum itik selama sembilan minggu penelitian (umur 21–29 minggu) pada semua perlakuan berkisar 143,81–160,53 g/ekor/hari. Ransum tanpa menggunakan minyak dengan imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 = 1: 5,1 (R0) nyata ( $P<0,05$ ) menurunkan konsumsi ransum. Ransum tanpa menggunakan minyak menghasilkan konsumsi terendah diantara perlakuan yang lain yaitu sebesar 143,81 g/ekor/hari. Hal ini disebabkan karena pakan yang tidak menggunakan minyak akan mengurangi daya palatabilitasnya karena memiliki tekstur yang berdebu. Wahju (1997) menyatakan bahwa konsumsi pakan dipengaruhi oleh bentuk ransum dan warna ransum dan palatabilitas ransum. Ransum yang hanya menggunakan minyak sawit (R5) menghasilkan konsumsi sebesar 156,02 g/ekor/hari dan perlakuan yang menggunakan minyak sawit dan minyak ikan (R2,R3 dan R4) menghasilkan angka konsumsi sebesar 160,53 g/ekor/hari, 157,08 g/ekor/hari dan 160,50 g/ekor/hari dan tidak berbeda nyata dibandingkan dengan ransum yang hanya menggunakan minyak ikan (R1).

Rataan produksi telur yang dihasilkan selama sembilan minggu (umur 21–29 minggu) dalam penelitian ini adalah 35,08%–58,47% (Tabel 2). Ransum yang mengandung imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 = 1: 2,9 dan 200 ppm Zn organik (R2) sangat nyata ( $P<0,01$ ) meningkatkan produksi telur itik dibandingkan perlakuan yang lain yaitu sebesar 58,47%. Produksi telur itik terendah dihasilkan oleh ransum dengan perlakuan tanpa minyak dan Zn organik (R0) yaitu sebesar 35,08%.

Produksi telur itik umur 21–29 minggu dapat dilihat pada Gambar 1. Produksi telur itik umur 21–29 minggu mengalami peningkatan setiap minggunya. Rata-rata peningkatan produksi telur tertinggi terjadi pada minggu ke-23. Produksi telur tertinggi pada minggu ke-23 terjadi pada perlakuan R2 sebesar 57,14%, sedangkan produksi terendah terjadi pada perlakuan R0. Seluruh perlakuan mengalami peningkatan produksi telur sampai minggu ke-29. Produksi tertinggi pada minggu ke-29 terjadi pada perlakuan R2 sebesar 75,00% sedangkan

terendah terjadi pada perlakuan R0 sebesar 47,14%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan 200 ppm Zn organik dan interaksi antara asam linolenat (EPA) dan asam linoleat (AA) dapat mempercepat pembentukan *folicel* telur pada umur yang sama. Rasio asam arakhidonat dengan eikosapentaenoat (AA/EPA) sangat menentukan keseimbangan eikosanoid. Eikosanoid yang terbentuk dari EPA juga berkompetitif mengganggu tindakan eikosanoid terbentuk dari AA. Oleh karena itu aktivitas eikosanoid dalam tubuh sangat dipengaruhi oleh rasio AA/EPA. Imbalan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 sebesar 2,9 (R3) kemungkinan menghasilkan rasio AA/EPA yang optimal dalam tubuh sehingga menghasilkan performa yang optimal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sitindaon (2005) bahwa suplemen mineral Zn pada taraf 112,5 mg nyata meningkatkan produksi telur, karena pada taraf ini mineral Zn dapat mengaktifkan enzim karboksipeptidase dan aminopeptidase untuk menyediakan asam amino yang cukup untuk pembentukan telur.

Tabel 2 Rataan konsumsi, *duck day* dan konversi ransum telur itik umur 21- 29 minggu

Perlakuan	Konsumsi ransum (g/ekor)*	Produksi telur <i>duck day</i> (%)**	Konversi ransum**
R0	143,81±9,43 <sup>a</sup>	35,08±3,82 <sup>A</sup>	7,61±1,01 <sup>C</sup>
R1	153,02±4,32 <sup>ab</sup>	46,98±5,93 <sup>B</sup>	5,55±0,77 <sup>A</sup>
R2	160,53±1,24 <sup>b</sup>	58,47±5,83 <sup>C</sup>	5,12±0,54 <sup>A</sup>
R3	157,08±1,05 <sup>b</sup>	47,72±6,85 <sup>B</sup>	6,32±0,28 <sup>AB</sup>
R4	160,5±11,42 <sup>b</sup>	45,52±6,58 <sup>AB</sup>	6,31±0,51 <sup>AB</sup>
R5	156,68±1,08 <sup>b</sup>	38,31±4,77 <sup>AB</sup>	7,40±0,69 <sup>BC</sup>

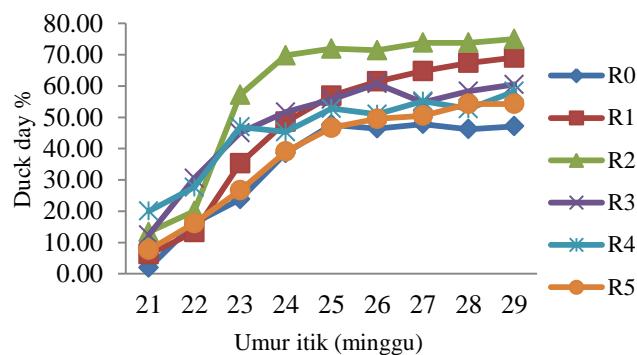
R0 = ransum tanpa menggunakan minyak sawit, minyak ikan, atau Zn organik dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 5; R1 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 1,5 + 200 ppm Zn organic; R2 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 3 + 200 ppm Zn organic; R3 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 4,6 + 200 ppm Zn organic; R4 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 6 + 200 ppm Zn organic; dan R5 = ransum dengan imbalan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 7,5+ 200 ppm

\*Tanda yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan data yang berbeda nyata ( $P<0.05$ )

\*\* Tanda yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan data yang berbeda sangat nyata ( $P<0.01$ )

Rataan konversi ransum yang dihasilkan dari penelitian ini adalah 5,12–7,61 (Tabel 2). Menurut Zubaidah (2001), konversi ransum itik petelur pada umur 21 sampai 28 minggu sebesar 5,55–6,70. Menurut Anggorodi (1994) faktor-faktor yang mempengaruhi konversi pakan adalah produksi telur, kandungan energi dalam ransum, bobot badan, kandungan nutrisi dalam pakan dan temperatur udara. Rataan konversi terendah dicapai pada perlakuan kombinasi minyak ikan dan

minyak sawit dan Zn organik denganimbangan asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 sebesar 1: 2,9 (R2) yaitu 5,12 dan tertinggi dicapai pada ransum tanpa menggunakan minyak dan Zn organik (R0) yaitu sebesar 7,61. Berdasarkan uji lanjut, R2 sangat nyata ( $P<0,01$ ) menurunkan nilai konversi ransum.



Gambar 1 Rataan produksi telur itik (*duck day (%)*) umur 21–29 minggu.

R0 = ransum tanpa menggunakan minyak sawit, minyak ikan, atau Zn organik denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 5; R1 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 1,5 + 200 ppm Zn organic; R2 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 3 + 200 ppm Zn organic; R3 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 4,6 + 200 ppm Zn organic; R4 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 6 + 200 ppm Zn organic; dan R5 = ransum denganimbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 7,5+ 200 ppm

### Pengaruh Perlakuan terhadap Kualitas Telur

Rataan berat telur hasil penelitian berkisar antara 53,66-57,84 g/butir (Tabel 3). Berat telur terendah dihasilkan oleh perlakuan tanpa penggunaan minyak dan Zn organik (R0) yaitu sebesar 53,66 g/butir. Berat telur yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan berat telur standar umur 24–31 minggu yaitu 63,8–65,5 g/butir. Hal ini diduga disebabkan karena rendahnya asupan protein yang hanya 22,89 g/hari, sedangkan menurut Ketaren dan Prasetyo (2002) rata-rata konsumsi protein itik umur 20–43 minggu adalah 26,65 g/hari. Menurut Leeson dan Summers (2005) protein dan asam amino (terutama metionina) merupakan zat makanan yang paling berperan dalam mengontrol ukuran telur, disamping genetik dan ukuran tubuh unggas. Berdasarkan hasil analisis statistik, berat telur yang dihasilkan antara perlakuan tidak berbeda nyata ( $P>0,05$ ). Pemberian minyak ikan dalam ransum tidak mempengaruhi ukuran telur akan tetapi mempengaruhi komposisi kandungan lemak dalam kuning telur. Penelitian sebelumnya yang menggunakan minyak ikan lemuru dalam ransum burung puyuh tidak nyata mempengaruhi berat telur (Suripta dan Astuti, 2006).

Tabel 3 Kualitas telur itik umur 29 minggu

Paramter	R0	R1	R2	R3	R4	R5
Berat telur (g)	53,66±1,09	57,58±3,31	57,84±0,34	57,84±0,96	56,85±0,43	56,16±3,74
Kolesterol kuning telur (mg/g)*	9,65±0,12 <sup>A</sup>	7,29±0,52 <sup>B</sup>	8,04±0,14 <sup>C</sup>	8,31±0,34 <sup>C</sup>	8,43±0,11 <sup>C</sup>	9,42±0,27 <sup>A</sup>
Total $\omega$ -3						
kuning telur (%)	0,11	0,73	0,24	0,14	0,11	0,10
Total $\omega$ -6						
kuning telur(%)	0,77	0,81	0,82	0,74	1,02	1,15
Imbangan $\omega$ -6 : $\omega$ -3	7,00	1,11	3,42	5,29	9,27	11,50
kuning telur						

R0 = ransum tanpa menggunakan minyak sawit, minyak ikan, atau Zn organik dengan imbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 5; R1 = ransum dengan imbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 1,5 + 200 ppm Zn organic; R2 = ransum dengan imbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 3 + 200 ppm Zn organic; R3 = ransum dengan imbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 4,6 + 200 ppm Zn organic; R4 = ransum dengan imbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 6 + 200 ppm Zn organic; dan R5 = ransum dengan imbangan  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 = 1 : 7,5+ 200 ppm

\* Tanda yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan data yang berbeda sangat nyata ( $P<0,01$ )

Berdasarkan Tabel 3, penggunaan imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 sebesar 1 : 1,5 (R1) dalam ransum sangat signifikan ( $P<0,01$ ) mampu menurunkan kandungan kolesterol kuning telur sebesar 24,45% dari 9,65 mg/g (R0) menjadi 7,29 mg/g (R1). Kandungan kolesterol pada kuning telur itik tertinggi pada R0 dan R5 yaitu 9,65 dan 9,42 mg/g. Kandungan kolesterol hasil penelitian lebih rendah dibandingkan dengan hasil yang dilaporkan oleh Aziz *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa kandungan kolesterol pada kuning telur itik sebesar 10,36 mg/g kuning telur. Kandungan kolesterol menurun signifikan pada imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 sebesar 1: 3 ; 1; 4,5 dan 1: 6 yaitu sebesar 8,04 , 8,31 dan 8,43 mg/g. Penurunan kandungan kolesterol disebabkan oleh penggunaan minyak ikan yang mengandung asam lemak  $\omega$ -3 (EPA dan DHA). Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil yang dilaporkan oleh Suripta dan Astuti (2006) bahwa penggunaan minyak lemuru 8% dalam ransum dapat menurunkan kandungan kolesterol dari 120,32 mg/100 g menjadi 54,82 mg/100 g. Menurut Wiradimadja *et al.* (2006) asam lemak omega-3 berperan dalam pengaturan metabolisme

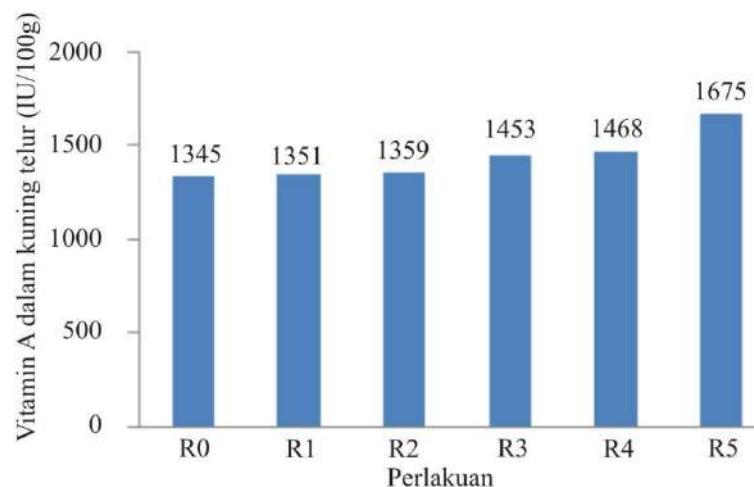
kolesterol yang meliputi transport dan ekskresi kolesterol. Menurut Yoriko dan Darshan (2009), asam lemak  $\omega$ -3 juga dapat menurunkan konsentrasi trigleserida dengan menghambat sekresi *low density lipoprotein* (LDL) di hati. Penurunan sekresi LDL disebabkan oleh terhambatnya ekspresi transkripsi gen *sterol regulatory element-binding protein-1c* (SREBP-1c). Lipogenesis dan kolesterologenesis di hati bergantung pada aktivasi faktor transkripsi SREBP-1c. Lipogenesis adalah proses deposisi lemak meliputi proses sintesis asam lemak dan sintesis trigliserida yang terjadi di hati pada daerah sitoplasma dan mitokondria. Asam lemak  $\omega$ -3 menekan aktivitas gen SREBP-1c dengan mencegah pengikatan *liver X receptor  $\alpha$*  (LXR $\alpha$ )/*retinoid X receptor  $\alpha$*  (RXR $\alpha$ ) heterodimer pada *liver X receptor responsive elements* (LXREs) di SREBP-1c. LXR $\alpha$  dan RXR $\alpha$  heterodimer dibutuhkan untuk mengatur ekspresi gen SREBP-1c. Terhambatnya ekspresi gen SREBP-1c akan menghambat proses lipogenesis dan kolesterologenesis.

Kandungan asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 kuning telur dapat dilihat pada Tabel 3. Imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 dalam kuning telur itik mengalami perubahan jika dibandingkan dengan imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 dalam ransum. Imbangan  $\omega$ -3 adalah 5,1; 1,5; 2,9; 4,6; 5,9 dan 7,7 dan imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 dalam kuning telur itik adalah 7,0; 1,1; 3,4; 5,29; 9,3; 11,5. Perubahan imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 kemungkinan disebabkan oleh sifat kompetisi asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 terhadap enzim 6-desaturase dalam proses transformasi asam lemak. Menurut Estiasih (2006), pada proses transformasi asam lemak berdasarkan deret asam lemak, enzim 6-desaturase merupakan enzim pembatas. Asam linoleat dan asam linolenat berkompetisi dengan enzim ini, dan asam linoleat merupakan substrat yang lebih disukai. Oleh karena itu, proses transformasi asam linolenat menjadi deret asam lemak  $\omega$ -3 dengan rantai lebih panjang dan lebih tak jenuh menjadi terhambat. Oleh karena itu, sintesis asam lemak  $\omega$ -3 yang lebih panjang dan lebih tak jenuh yang penting bagi tubuh, yaitu EPA dan DHA menjadi terhambat. Berdasarkan Tabel 3, perlakuan yang diberi ransum dengan imbangan  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 = 1:1,5 (R1) menghasilkan kandungan asam lemak  $\omega$ -3 lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini disebabkan karena penggunaan minyak ikan paling banyak pada R1 yaitu 5% dalam ransum. Ransum dengan minyak ikan sebesar 5%

mampu meningkatkan kandungan asam lemak  $\omega$ -3 sebesar tujuh kali lipat dibandingkan ransum R0 dan R5 yang tidak menggunakan minyak ikan dalam ransum yaitu dari 0,1% menjadi 0,73%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Domínguez *et al.* (2012), bahwa penggunaan minyak ikan lemuru 2,5% yang dikombinasikan dengan 100 ppm vitamin E dalam ransum mampu meningkatkan kandungan asam lemak  $\omega$ -3 pada kuning telur ayam sebesar empat kali lipat dibandingkan kontrol. Perlakuan R 3 menghasilkan telur itik denganimbangan asam lemak  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 terbaik yaitu dengan imbangan 1:5,29. Menurut Leeson dan Atteh (1995), rasio yang terbaik antara  $\omega$ -3 dan  $\omega$ -6 adalah 1:5.

### Kandungan Vitamin A Kuning Telur

Kandungan vitamin A kuning telur itik umur 29 minggu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kandungan vitamin A (IU/100g) kuning telur itik umur 29 minggu.

Kandungan vitamin A dalam kuning telur itik umur 29 minggu meningkat dengan adanya suplementasi 200 ppm Zn organik dan semakin meningkatnya penggunaan minyak sawit yaitu 1345 IU/100 g (R0), 1351 IU/100 g (R1), 1359 IU/100 g (R2), 1453 IU/100 g (R3), 1468 IU/100 g (R4) dan 1675 IU/100 g (R5). Besarnya peningkatan kandungan vitamin A tersebut dibandingkan dengan ransum kontrol (R0) adalah : 0,44% pada R1, 1,03% pada R2, 7,43% pada R3, 8,37% pada R4 dan 19,70% pada R5. Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan

$\beta$ -karoten pada minyak sawit dan mineral Zn memberikan kontribusi pada peningkatan kandungan vitamin A pada kuning telur. Kadar karotenoid dalam minyak sawit yaitu 60.000  $\mu\text{g}/100\text{g}$  atau 500–700 ppm di dalam minyak sawit mutu regular. Karotenoid minyak sawit terdiri dari  $\alpha$ -karoten (30-35%),  $\beta$ -karoten (60-65%), dan karoten lain seperti  $\gamma$ -karoten, likopen, xanthofil,  $\gamma$ -zeakaroten (5–10%) (Ketaren, 2005). Kandungan  $\beta$ -karoten dalam pakan sangat mempengaruhi kandungan vitamin A produk ternak karena  $\beta$ -karoten merupakan provitamin A memiliki aktivitas vitamin A yang paling besar dibandingkan dengan karotenoid lainnya (McDowell, 2000). Selain disebabkan oleh kandungan  $\beta$ -karoten, peningkatan vitamin A pada kuning telur juga disebabkan oleh kandungan mineral Zn dalam plasma. Menurut Christian and Keith (1998) status Zn dapat mempengaruhi metabolisme vitamin A termasuk penyerapan, transportasi dan penggunaanya.

## KESIMPULAN

Penggunaanimbangan asam lemak  $\omega$ -3 :  $\omega$ -6 sebesar 1 : 4,6 dan penambahan 200 ppm Zn organik dalam ransum secara nyata dapat meningkatkan produksi telur itik dan menurunkan nilai konversi ransum, meningkatkan kandungan vitamin A, menurunkan kandungan kolesterol telur, serta menghasilkan  $\omega$  -3 :  $\omega$  -6 terbaik yaitu 1 : 5,29 dalam kuning telur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah IK. 2003. Nutrisi Ayam Petelur. Cetakan Ketiga. Lembaga Satu. Gunungbudi, Bogor
- Anggorodi HR. 1994. Ilmu Makanan Ternak Unggas. Gramedia, Jakarta.
- Aziz Z, Cyriac S, Beena V, Philomina PT. 2012. Comparision of cholesterol content in chicken, duck and quail eggs. Veterinary and Animal Science College. Mannuthy-680 651.Thrissur.Kerala
- Bell DD, Weaver WW. 2002. Commercial Chicken Meat and Egg Production. 5th ed. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA.

- Budiman, Rukmiasih. 2007. Karakteristik putih telur itik tega. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor.
- British Nutrition Foundation's (BNF). 1994. Unsaturated fatty acid, nutritional and physiological significance. The Report of The british Nutrition Foundation's task Force.Champton & Hall, London.35-39..
- Christian P, Keith PW. 1998. Interactions between zinc and vitamin A. *Am J Clin Nutr* : 68(suppl):435S–41S.
- Domínguez CS, Avila GE, Vásquez PC, Fuente B, Calvo CC, Carranco JME, Pérez-Gil RF. 2012. Effects of adding vitamin E to diets supplemented with sardine oil on the production of laying hens and fatty- egg acid composition. *Afr J Food Sci* Vol. 6(1), pp. 12-19.
- Eder K, Wild S, Kirchgessner K. 2000. The effect of zinc defecency on parameters of lipoprotein metabolism and lipolysis in rats fed different fats. Institute of Nutrition Physoiology. Technical university of Munich.Germany.
- Elvira S, Soewarno, Soelcarto T, Mansjoer SS. 1994. Studi Komparatif Sifat Mutu Dan Fungsional Telur Puyuh Dan Telur Ayam Ras. *Hasil penelitian. Bul. T. no. 3.*
- Estiasih T. 2009. Minyak Ikan : Teknologi dan Penerapannya untuk Pangan dan Kesehatan. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Hardini D, Yuwanta T, Zuprizal, Supadmo. 2006. The change in cholesterol content of long chain fatty acid egg during processing and its influence to the Rattus norvegicus L.blood cholesterol content. *JITV* 11 (4):260-265.
- Kazmierska M, Jaros B, Korzeniowska M, Trziszka T, Dobrzanki Z. 2005. Analisys of fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species. *Poult J Food Nutr Sci*, Vol 114/15 : 69-73.
- Ketaren S. 2005. Minyak dan Lemak Pangan. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Ketaren PP, Prasetyo LH. 2002. Pengaruh pemberian pakan terbatas terhadap produksi telur itik silang Mojosari x Alabio (MA): 1. Masa bertelur fase pertama umur 20-43 minggu. *JITV* 7(1): 38-45.
- Lesson S, Summers JD. 2005. Commercial Poultry Nutrition. 3 rd Ed. Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph. University Books, Canada.
- Leeson S, Atteh JO. 1995. Utilization of fats and fatty acids by Turkey poults. *Poult Sci*. 74 : 2003 – 2010.

- McDowell LR. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. London :Academic Press, Inc.
- Muñoz EC, Rosado JL, López P, Harold CF, Lindsay H. 2000. Iron and zinc supplementation improves indicators of vitamin A status of Mexican preschoolers. *Am J Clin Nutr* 71:789–94.
- Moros EE, Darnoko D, Cheryan M, Perkins EE, Jerrell J. 2002. Analysis of xanthophylls in corn by HPLC. *J Agric and Food Chem*.50: 5787-5790
- Namra MM, Abdelwahed HM, Fayek HM. 2009. Evaluation of different source of dietary zinc supplementation for laying Japanese quail performance, Egypt. *Poult Sci*. 29:127-143.
- Roberts JR. 2004. Factors affecting eggs internal quality and egg shell quality in laying hens. *Rev. J Poult Sci*. 41: 161-177.
- Simopoulos AP. 2008. The Importance of the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. *Exper Biol Medic*, 233:674-688.
- Sitindaon SH. 2005. Pengaruh Suplementasi Mineral Zinkum terhadap Produksi, Fertiitas dan Daya Tetas Telut Burung Puyuh ( *Coturnix-coturnix japonica*) Umur 6-14 Minggu, *Skripsi*, Universitas Sumatar Utara. Medan.
- Srigandno B. 1991. Ilmu Unggas Air. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Suripta H, Astuti P. 2006. Pengaruh penggunaan minyak lemuru dan minyak sawit dalam ransum terhadap rasio asam lemak omega-3 dan omega-6 dalam telur burung puyuh (*coturnix coturnix japonica*). *JITA*.
- Wahyu J. 1997. Ilmu Nutrisi Ternak Unggas. UGM-Press, Yogyakarta.
- Wiradimadja R, Pilliang WG, Suhartono MT, Manalu W. 2006. Performans kualitas telur puyuh jepang yang diberi ransum mengandung tepung daun katuk (*Savropvs androgynvs, l. Merr* ). *Seminar Nasional Fakultas Peternakan Unpad*.
- Yuwanta T. 2004. Dasar Ternak Unggas. Kanisius. Yogyakarta.
- Yoriko A, Darshan SK. 2009. Mechanisms underlying the cardioprotective effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *J Nutr Biochem* 21: 781–792.
- Zubaiddah. 2001. Kualitas telur itik hasil persilangan Alabio dengan bibit induk CV 2000 pada generasi pertama dengan kandang litter. *J Petern Lingk*. Universitas Andalas, Padang.

## **VALIDASI METODE HDDS (*HOUSEHOLD DIETARY DIVERSITY SCORE*) UNTUK IDENTIFIKASI RUMAH TANGGA RAWAN PANGAN DI INDONESIA**

(Validation of HDDS (Household Dietary Diversity Score) Method to Identify of Food Insecure Household in Indonesia)

**Yayuk Farida Baliwati, Dodik Briawan, Vitria Melani**

Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB

### **ABSTRAK**

Salah satu metode yang digunakan dalam menilai keragaman konsumsi pangan rumah tangga adalah *Household Dietary Diversity Score* (HDDS), yang mencerminkan kemampuan ekonomi rumah tangga dalam memperoleh berbagai jenis bahan pangan. Tujuan penelitian ini adalah uji coba metode HDDS untuk menilai keragaman konsumsi pangan rumah tangga dan identifikasi rumah tangga rawan pangan. Hasil analisis menunjukkan skor HDDS tinggi di seluruh lokasi penelitian, yang berarti konsumsi pangan rumah tangga cukup beragam, namun secara kuantitas asupan energi dan proteininya masih rendah. Terdapat 61,3% dari total rumah tangga contoh tergolong kelompok defisit energi tingkat berat (< 70% TKE). Uji sensitivitas (Se) dan spesifisitas (Sp) menunjukkan HDDS sensitif 26,95% menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga rawan pangan dan spesifik 85,16% menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga tahan pangan. Setelah dilakukan modifikasi dengan mengkategorikan kelompok pangan berdasarkan fungsi gizi, nilai Se meningkat menjadi 91,04% dan nilai Sp menurun menjadi 35,61%. Hasil ini menunjukkan bahwa HDDS termodifikasi mampu mengidentifikasi rumah tangga rawan pangan. Berdasarkan uji korelasi Pearson, skor HDDS tidak berhubungan secara signifikan dengan status gizi balita ( $p>0,05$ ). Namun, status gizi balita, khususnya usia 24–59 bulan secara signifikan berhubungan dengan TKE rumah tangga ( $p<0,05$ ) dengan nilai korelasi Pearson sebesar 0,218.

Kata kunci: HDDS, keragaman pangan, konsumsi pangan, rawan pangan.

### **ABSTRACT**

Household Dietary Diversity Score (HDDS) is the method that is used to assess the dietary diversity. Its reflects the economic ability of household to obtain various types of food. The general objective of this study was to testing HDDS for the household dietary diversity assessment and identification of food insecure household. The results of data analysis showed a high HDDS scores (scores 6-12) across the study sites, which means, household food consumption is quite diverse. In terms of quantity, energy and protein intake of household remains low despite HDDS scores indicate that consumption has been diverse. There were 61,3% of the total household samples that classified as severe level of energy deficit group (<70%). The test of the sensitivity (Se) and specificity (Sp) of HDDS showed that HDDS only 26,95% sensitive to assess the dietary diversity in food insecure households and 85,16% specific to assess the dietary diversity in food secure households. After modifications by grouping of food based on nutritional function, the Se values increased to 91,04% and Sp values decreased to 35,61%. These results indicated that the modified HDDS were able to identify food insecure households. Based on Pearson correlation test, HDDS scores were not significant with nutritional status of children ( $P> 0,05$ ). However, the nutritional status of children, especially ages 24–59 months was significantly associated with the level of adequacy of energy household ( $p <0,05$ ), with a Pearson correlation value of 0,218.

Keywords: HDDS, dietary diversity, food consumption, food insecurity.

## PENDAHULUAN

Keragaman konsumsi pangan telah lama diketahui sebagai salah satu bagian penting dari konsumsi pangan berkualitas tinggi. Keragaman konsumsi pangan di tingkat rumah tangga dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pengetahuan gizi, ketersediaan pangan, jumlah anggota rumah tangga, dan sosioekonomi (Hardinsyah, 2007). Metode pengukuran konsumsi pangan mencerminkan keterjangkauan rumah tangga terhadap berbagai jenis pangan, dan untuk mengetahui kecukupan gizi individu anggota rumah tangga (Deitchler *et al.* 2011; Ruel 2003). Salah satu metode yang digunakan dalam mengetahui keragaman konsumsi pangan adalah *Household Dietary Diversity Score* (HDDS). HDDS mencerminkan kemampuan ekonomi rumah tangga dalam memperoleh berbagai jenis bahan pangan (Kennedy *et al.* 2013). Instrumen sederhana ini dikembangkan oleh *Food and Agriculture Organization* (FAO) (Swindale & Bilinsky 2005) dan telah digunakan di berbagai negara di Afrika, salah satunya di Mozambique pada tahun 2007 sebagai metode penilaian keragaman konsumsi pangan yang efektif (FAO 2008). Uji coba metode ini perlu dilakukan di Indonesia untuk melihat kesesuaiannya dengan kondisi Indonesia, sehingga metode ini diharapkan dapat diterapkan sebagai metode penilaian konsumsi pangan rumah tangga yang efektif dan efisien.

Tujuan umum dari penelitian ini adalah uji coba metode HDDS untuk menilai keragaman konsumsi pangan rumah tangga dan identifikasi rumah tangga rawan pangan. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah (1) mengkaji aplikasi (HDDS) dalam penilaian keragaman konsumsi pangan rumah tangga dengan status ekonomi rendah dan agroekologi yang berbeda; (2) mengkaji nilai spesivitas dan sensitivitas metode HDDS untuk menguji keragaman konsumsi pangan rumah tangga dan identifikasi rumah tangga rawan pangan; dan (3) menganalisis hubungan keragaman konsumsi pangan rumah tangga dengan status gizi balita.

Hasil penelitian ini diharapakan mampu memberikan validitas penggunaan metode HDDS untuk menilai keragaman konsumsi pangan rumah tangga dan untuk mengidentifikasi rumah tangga yang berisiko mengalami rawan pangan.

Selain itu, untuk jangka panjang harapannya metode HDDS dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan program P2KP di tingkat rumah tangga karena saat ini indicator keberhasilan program masih mengacu pada skor Pola Pangan Harapan (PPH) yang merupakan indikator keragaman konsumsi wilayah.

## METODE PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan adalah *cross sectional study*. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Bogor pada empat kecamatan yaitu Kecamatan Gunung Putri (industri), Cibinong (pemukiman padat), Cigudeg (pertanian sawah), dan Ciawi (pertanian sayur). Pemilihan lokasi dilakukan secara *purposive* dengan pertimbangan keempat wilayah tersebut mewakili keragaman agroekologi di Kabupaten Bogor. Penelitian dilakukan dari bulan Mei sampai Oktober 2013.

### **Jumlah dan Cara Pengambilan Contoh**

Kriteria inklusi contoh adalah (1) memiliki minimal satu anak usia di bawah lima tahun (balita), (2) termasuk ke dalam kelompok rumah tangga miskin, dan (3) pekerjaan utama kepala rumah tangga sesuai dengan karakteristik masing-masing kecamatan yaitu sebagai buruh pabrik di kecamatan Gunung Putri, buruh/jasa di Cibinong yang mewakili wilayah kumuh, petani padi di kecamatan Cigudeg, dan petani sayur dan hortikultura di kecamatan Ciawi. Jumlah rumah tangga contoh minimal yang akan diambil berdasarkan kriteria inklusi dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$n = \frac{Z_{(1-\alpha/2)}^2 p (1-p)}{d^2}$$

keterangan:

n = jumlah contoh

$Z_{(1-\alpha/2)}$  = Z score (1.96)

p = proporsi rumah tangga miskin (Pra KS dan KS I) (45,37%) (BPS 2012, diolah)

d = nilai kritis / batas ketelitian (10%)

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus di atas, diperoleh jumlah rumah tangga contoh minimal sebesar 95 rumah tangga per kecamatan. Pada penelitian ini akan diambil 105 rumah tangga dari setiap kecamatan, sehingga total rumah tangga yang digunakan adalah 420 rumah tangga. Rumah tangga terpilih selanjutnya akan dinilai jumlah dan jenis pangan yang dikonsumsi metode *recall* 1 x 24 jam. Pengisian kuesioner konsumsi rumah tangga dilakukan oleh ibu rumah tangga, yang memiliki peran penting dalam menentukan menu konsumsi pangan rumah tangga. Pengisian kuesioner ini akan dibantu oleh tenaga enumerator untuk meminimalisir kesalahan dalam pengisian.

Tahap awal penelitian ini adalah uji coba kuesioner yang dilakukan di Desa Dramaga, Kecamatan Dramaga dengan memilih lima rumah tangga yang memenuhi kriteria inklusi contoh. Setelah dilakukan validitas kuesioner, selanjutnya akan dilakukan pengambilan sampel, yaitu pemilihan kecamatan, desa, dan rumah tangga. Berikut tahapan pemilihan kecamatan, desa dan rumah tangga yang menjadi unit penelitian:

1. Empat kecamatan yaitu Gunung Putri, Cibinong, Cigudeg, dan Ciawi di Kabupaten Bogor, Jawa Barat dipilih sebagai lokasi penelitian dengan pertimbangan bahwa keempat kecamatan tersebut mewakili keragaman agroekologi di Kabupaten Bogor.
2. Dari setiap kecamatan akan dipilih satu desa sebagai lokasi penelitian berdasarkan rekomendasi dari kecamatan terkait.
3. Dari setiap desa akan dipilih satu RW yang dianggap mewakili karakteristik kecamatan terkait. Penentuan RW dilakukan berdasarkan rekomendasi dan arahan dari kantor desa.
4. Rumah tangga contoh ditentukan secara purposive berdasarkan data rumah tangga yang memenuhi kriteria inklusi yang diperoleh dari Ketua RT dan RW dengan pertimbangan bahwa Ketua RT/RW lebih mengerti kondisi sesungguhnya.

### **Jenis dan Cara Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer meliputi data karakteristik rumah tangga, konsumsi pangan selama 1x24 jam,

status gizi balita melalui pengukuran antropometri, serta penilaian responden dan enumerator terhadap kuesioner. Data sekunder terkait dengan keadaan umum daerah penelitian. Data karakteristik rumah tangga meliputi jumlah anggota rumah tangga, jenis kelamin, usia, tingkat pendidikan, pekerjaan, dan kisaran penghasilan per bulan.

Data konsumsi pangan diperoleh melalui *recall* konsumsi pangan selama 1 x 24 jam. Data status gizi balita diperoleh melalui pengukuran antropometri meliputi berat badan dan tinggi badan. Penilaian status gizi balita merujuk pada standar antropometri yang dikeluarkan oleh WHO pada tahun 2005 atau disebut Standar WHO 2005. Data penilaian responden dan enumerator terhadap kuesioner diperoleh melalui beberapa pertanyaan kualitatif. Data sekunder yang berhubungan dengan penelitian diperoleh dari kantor desa terkait, serta melalui wawancara dengan aparat pemerintahan setempat.

### **Pengolahan dan Analisis Data**

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif dan statistika inferensia. Program komputer yang digunakan adalah *Microsoft Excel 2007* dan *SPSS Version 16.0 for Windows*. Proses pengolahan data meliputi *entry, coding, editing*, dan analisis data.

Kualitas konsumsi pangan dapat diketahui dari berbagai jenis makanan yang dikonsumsi pada tingkat rumah tangga. Pada perhitungan skor HDDS, jenis pangan yang dikonsumsi rumah tangga dikelompokkan ke dalam 12 kelompok pangan (Swindale & Bilinsky 2005) yaitu sebagai berikut:

Tabel 1 Kelompok pangan untuk menentukan skor HDDS

No	Kelompok pangan	No	Kelompok pangan
1	Serealia	7	Ikan dan makanan laut lainnya
2	Umbi-umbian	8	Polong-polongan dan kacang-kacangan
3	Sayur-sayuran	9	Susu dan olahannya
4	Buah-buahan	10	Minyak dan lemak
5	Daging dan olahannya	11	Gula dan pemanis
6	Telur	12	Bumbu, rempah, dan minuman

Pemberian skor dilakukan dengan memberikan skor 1 jika rumah tangga mengkonsumsi dan skor 0 jika tidak mengkonsumsi salah satu jenis pangan yang

terdapat dalam kelompok pangan yang sudah ditetapkan oleh FAO (Kennedy *et al.* 2011). Keragaman konsumsi pangan berdasarkan HDDS dikelompokkan ke dalam tiga kategori yaitu rendah jika konsumsi  $\leq 3$  jenis bahan pangan, sedang jika konsumsi 4–5 jenis bahan pangan, dan tinggi jika konsumsi  $\geq 6$  jenis bahan pangan. Penilaian kualitas konsumsi pangan rumah tangga ini akan dikombinasikan dengan metode penilaian konsumsi pangan rumah tangga. Sehingga dalam pelaksanaannya tidak hanya didata jenis pangan yang dikonsumsi saja, tetapi juga jumlah pangan yang dikonsumsi dalam satuan ukuran rumah tangga (URT) yang selanjutnya akan dikonversi ke dalam satuan gram. Data ini selanjutnya dikonversi lagi ke dalam energi dan protein dengan menggunakan Daftar Komposisi Bahan Makanan (Depkes 1996). Konversi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut. (Hardinsyah & Briawan 1994)

$$KG_{ij} = (B_j/100) \times G_{ij} \times (BDD_j/100)$$

Keterangan:

$KG_{ij}$  = Kandungan zat gizi -i dalam bahan makanan-j

$B_j$  = Berat bahan makanan j yang dikonsumsi (gram)

$G_{ij}$  = Kandungan zat gizi dalam 100 gram BDD bahan makanan -j

$BDD_j$  = Persen bahan makanan j yang dapat dimakan (%BDD)

Tingkat kecukupan energi dan protein dihitung dengan membandingkan konsumsi energi dan protein rumah tangga dengan nilai AKE dan AKP rumah tangga yang dinyatakan dalam persen.

$$TKE/TKP = \frac{\text{Konsumsi energi/protein}}{\text{Kecukupan energi/protein (AKG)}} \times 100\%$$

Klasifikasi tingkat kecukupan energi dan protein didasarkan pada kategori Depkes tahun 1996 yaitu defisit tingkat berat ( $<70\%$ ), defisit tingkat sedang ( $70\text{--}79\%$ ), defisit tingkat ringan ( $80\text{--}89\%$ ), normal ( $90\text{--}119\%$ ), dan kelebihan ( $\geq 120\%$ ). Pengukuran yang terakhir adalah status gizi balita yang bertujuan untuk menganalisis hubungan status gizi balita dengan risiko kejadian rawan pangan.

Data kualitas konsumsi pangan rumah tangga dengan metode *Household Dietary Diversity Score* (HDDS) selanjutnya akan dibandingkan dengan data

konsumsi pangan rumah tangga. Hasil perbandingan yang telah dilakukan digunakan sebagai acuan dalam menilai kelayakan metode *Household Dietary Diversity Score* (HDDS) sebagai metode penilaian kualitas konsumsi pangan yang sederhana. Hasil perbandingan ini selanjutnya diuji dengan mengukur spesifisitas (Sp) dan sensitivitas (Se). Pengukuran Sp dan Se dilakukan untuk menguji kemampuan HDDS dalam mengukur kualitas konsumsi rumah tangga dengan tepat dan akurat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sosio Ekonomi Rumah Tangga

Rumah tangga contoh yang digunakan pada penelitian ini merupakan rumah tangga yang tergolong miskin, yang diduga memiliki risiko rawan pangan yang lebih tinggi. Jumlah rumah tangga yang dianalisis setelah dilakukan *cleaning* adalah sebanyak 411 rumah tangga. Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui rata-rata jumlah anggota rumah adalah empat orang.

Rata-rata usia kepala dan ibu rumah tangga berada pada kisaran usia 30–49 tahun, yang termasuk ke dalam kelompok usia produktif. Jika dilihat dari usia balita, hampir 60% berusia 24–59 bulan. Dari segi tingkat pendidikan kepala dan ibu rumah tangga, mayoritas berpendidikan SD yaitu 44,5% pada kepala rumah tangga dan 51,3% pada ibu rumah tangga. Jika dilihat per wilayah penelitian, mayoritas kepala rumah tangga di Desa Wanaherang dan Kelurahan Nanggewer yang merupakan desa perkotaan adalah berpendidikan SMA, sedangkan di wilayah desa pedesaan, Desa Sukamaju dan Citapen, mayoritas kepala rumah tangga berpendidikan SD. Hal serupa juga terlihat pada pendidikan ibu rumah tangga di kedua wilayah tersebut. Namun untuk wilayah Desa Wanaherang dan Kelurahan Nanggewer, mayoritas ibu rumah tangga adalah lulusan SMP. Tingkat pendidikan diketahui berpengaruh terhadap pola pikir seseorang dan mempengaruhi kebiasaan makan sehari-hari. Berdasarkan tingkat penghasilan kepala rumah tangga, lebih dari 40% kepala rumah tangga berpenghasilan tidak lebih dari Rp 800.000 per bulan. Angka ini masih jauh dari Upah Minimum Regional (UMR) Kabupaten Bogor tahun 2013 yaitu

Rp 2.002.000. Tingkat pendidikan yang rendah, didukung dengan tingkat penghasilan yang rendah berpengaruh terhadap kebiasaan makan sehari-hari. Definisi makan bagi kelompok seperti ini bukanlah yang sehat dan bergizi, namun makan makanan yang mengenyangkan tanpa melihat nilai gizi dari makanan tersebut. Hal tersebut diduga dapat menjadi faktor risiko terjadinya rawan pangan.

### Keragaman Konsumsi Pangan Rumah Tangga

Konsumsi pangan yang beragam diketahui sebagai elemen utama penentu kualitas diet (Ruel 2003). Pola konsumsi pangan dan gizi rumah tangga dipengaruhi oleh kondisi ekonomi, sosial, dan budaya masyarakat. Hasil analisis skor HDDS pada empat wilayah penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kategori keragaman konsumsi pangan berdasarkan skor HDDS

Kategori Wilayah	Rendah ( $\leq 3$ jenis)	Sedang (4-5 jenis)	Tinggi ( $\geq 6$ jenis)
Total	3,6	18,7	77,6
Desa Wanaherang	4,0	12,9	83,2
Desa Nanggewer	6,8	28,2	65,0
Desa Sukamaju	1,9	24,0	74,0
Desa Citapen	1,9	9,7	88,3

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa keragaman konsumsi pangan di empat wilayah tergolong tinggi yaitu sebesar 77,6% di total wilayah penelitian. Desa yang memiliki tingkat keragaman konsumsi pangan yang paling tinggi adalah Desa Citapen yaitu sebesar 88,3%. Salah satu faktor pendukung tingginya keragaman konsumsi pangan di wilayah tersebut adalah akses fisik yang mudah terhadap beberapa kelompok pangan, seperti serealia dan sayuran. Faktor lainnya yang diduga mempengaruhi skor HDDS adalah pekerjaan kepala rumah tangga sebagai buruh tani yang sehari-harinya bekerja di sekitar rumah, sehingga untuk makan setiap hari juga dilakukan di rumah. Konsep HDDS yang hanya melihat pangan yang disiapkan dan dikonsumsi di rumah mendukung tingginya skor HDDS di wilayah tersebut.

Desa yang memiliki tingkat keragaman tertinggi kedua adalah Desa Wanaherang. Berbeda dengan Desa Citapen, faktor pendukung tingginya skor HDDS adalah kemampuan ekonomi rumah tangga. Jika dihubungkan dengan tingkat pendapatan, lebih dari 80% kepala rumah tangga di Desa Wanaherang

berpenghasilan lebih dari Rp 1.800.000,- per bulan. Oleh karena itu, daya beli terhadap pangan relatif lebih tinggi. Tingkat keragaman konsumsi pangan di Desa Sukamaju berada di bawah Desa Wanaherang. Meskipun Desa Sukamaju merupakan daerah pertanian, namun akses ekonomi dan fisik rumah tangga terhadap pangan dari luar relatif rendah. Hal ini didukung dengan data dari desa tentang penerima Bantuan Langsung Sementara Masyarakat (BLSM) yang cukup banyak yaitu sebanyak 448 rumah tangga di desa tersebut. Keragaman konsumsi pangan yang paling rendah adalah di Kelurahan Nanggewer. Mayoritas kepala rumah tangga di wilayah padat penduduk ini bekerja sebagai buruh pabrik dan supir angkutan umum. Oleh karena itu, kebanyakan dari mereka tidak makan di rumah, sehingga skor HDDS untuk wilayah ini lebih rendah. Jika dilihat dari akses pangan, penduduk di desa ini memiliki akses ekonomi dan akses fisik yang baik karena terletak di perkotaan.

### **Tingkat Kecukupan Energi dan Protein Rumah Tangga**

Pada penelitian ini juga dihitung Tingkat Kecukupan Energi dan Protein (TKE dan TKP) rumah tangga untuk melihat hubungan antara kuantitas dan kualitas konsumsi rumah tangga, juga untuk melihat apakah HDDS mampu mengidentifikasi rumah tangga rawan pangan. Dari 420 rumah tangga contoh, yang dapat dianalisis adalah 411 rumah tangga karena terdapat penciran TKE dari sembilan rumah tangga lainnya. Hasil perhitungan TKE disajikan pada Tabel 3 dan TKP pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa 61,3% dari total rumah tangga contoh tergolong kelompok defisit energi tingkat berat (< 70%) yaitu rata-rata konsumsi energi rumah tangga 5286,22 kkal dengan rata-rata jumlah anggota rumah tangga empat orang. Desa Sukamaju merupakan wilayah dengan persentase defisit tingkat berat tertinggi yaitu 68,3%. Tiga wilayah lainnya juga memiliki angka defisit tingkat berat yang tinggi yaitu lebih dari 50%. Berdasarkan data tersebut, keempat wilayah dapat dikategorikan sebagai daerah rawan pangan. Jika dilihat dari Tingkat Kecukupan Protein (TKP) yang disajikan pada Tabel 4, sebanyak 57,2% rumah tangga contoh tergolong defisit berat. Secara kuantitas, asupan energi dan protein rumah tangga masih rendah meskipun skor HDDS

menunjukkan konsumsi yang sudah beragam. Berdasarkan penelitian ini, diperoleh hasil bahwa TKE dan TKP berbanding terbalik dengan skor HDDS. Hal ini diduga karena pemberian skor HDDS tidak memperhitungkan kontribusi zat gizi sesuai dengan fungsinya yaitu sebagai sumber energi, pembangunm dan pengatur. Sehingga skor yang diperoleh meskipun tinggi, dapat saja berasal dari kelompok pangan dengan fungsi yang sama. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi metode HDDS agar dapat digunakan sebagai metode kualitatif yang mampu diterapkan di Indonesia.

Tabel 3 Klasifikasi tingkat kecukupan energi rumah tangga contoh

Wilayah	Klasifikasi Tingkat Kecukupan Energi				
	Defisit tingkat berat ( $< 70\%$ )	Defisit tingkat sedang (70-79%)	Defisit tingkat ringan (80-89%)	Normal (90-119%)	Kelebihan ( $\geq 120\%$ )
Total	61,3	12,2	8,5	13,6	4,4
Wanaherang	55,4	12,9	10,9	14,9	5,9
Nanggewer	62,1	9,7	7,8	13,6	6,8
Sukamaju	68,3	11,5	8,7	10,6	1,0
Citapen	59,2	14,6	6,8	15,5	3,9

Tabel 4 Klasifikasi tingkat kecukupan protein rumah tangga contoh

Wilayah	Klasifikasi Tingkat Kecukupan Protein				
	Defisit tingkat berat ( $< 70\%$ )	Defisit tingkat sedang (70-79%)	Defisit tingkat ringan (80-89%)	Normal (90-119%)	Kelebihan ( $\geq 120\%$ )
Total	57,2	10,7	9,7	14,6	7,8
Wanaherang	45,5	8,9	12,9	18,8	13,9
Nanggewer	60,2	7,8	9,7	11,7	10,7
Sukamaju	62,5	10,6	9,6	15,4	1,9
Citapen	60,2	15,5	6,8	12,6	4,9

## Validasi Metode HDDS

Validasi metode HDDS dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif penilaian dilakukan dengan menggunakan kuesioner berisi pertanyaan mengenai pendapat responden dan enumerator terhadap metode HDDS dari segi teknik pengumpulan data, waktu pengambilan data, dan *entry* data. Seluruh responden dan enumerator dalam penelitian ini menyatakan bahwa metode HDDS

lebih mudah dan sederhana karena hanya menyebutkan jenis pangan yang dikonsumsi saja, sehingga tidak sulit untuk mengingatnya. Dari segi waktu pengambilan data, wawancara menggunakan kuesioner HDDS lebih cepat berbanding kuesioner *recall* biasa. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk wawancara menggunakan kuesioner HDDS adalah empat menit, sedangkan untuk kuesioner *recall* biasa rata-rata selama tujuh menit. Secara kualitatif, metode HDDS relatif lebih mudah dan sederhana digunakan untuk pengambilan data konsumsi pangan rumah tangga.

Penilaian metode HDDS secara kuantitatif dilakukan dengan menghitung nilai sensitivitas (Se) dan spesifisitas (Sp). Tujuannya adalah mengukur validasi metode HDDS dalam mengidentifikasi rumah tangga rawan pangan berdasarkan Tingkat Kecukupan Energi (TKE). Pada analisis ini, yang digunakan sebagai *benchmark* adalah TKE dengan *cut off point* < 70% (rawan pangan). Hasil perhitungan nilai Se dan Sp dari metode HDDS dengan *benchmark* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Kemampuan metode HDDS dengan *benchmark* tingkat kecukupan energi

HDDS	Tingkat Kecukupan Energi		Jumlah
	Rendah (< 70% AKE)	Tinggi (≥ 70% AKE)	
Rendah (0-5)	69	23	92
Tinggi (6-12)	187	132	319
Jumlah	256	155	411

$$\text{Sensivitas} = \frac{69}{(69+187)} = 26,95$$

$$\text{Spesifisitas} = \frac{132}{(132+23)} = 85,16$$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa HDDS hanya sensitif 26.95% menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah rawan pangan. Hasil uji Spesifisitas (Sp) menunjukkan HDDS hanya spesifik 85.16% untuk menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga tahan pangan. Sehingga, perlu dilakukan modifikasi metode HDDS untuk meningkatkan nilai Se dan Sp.

## Modifikasi Skor HDDS

Penentuan skor pada HDDS yang ditetapkan oleh FAO tidak mempertimbangkan fungsi zat gizi yang dikonsumsi. Sebagai contoh, serealia dan umbi-umbian memiliki fungsi yang sama sebagai sumber karbohidrat (energi). Namun dalam pemberian skor keduanya berada pada kelompok yang berbeda. Sehingga, skor yang tinggi bisa saja berasal dari sumber pangan dengan fungsi zat gizi yang sama.

Modifikasi dilakukan dengan mengkategorikan kelompok pangan dengan fungsi gizi yang sama ke dalam satu kategori. Pengkategorian tersebut ditampilkan pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6 Pengkategorian kelompok pangan untuk modifikasi skor HDDS

Kelompok Pangan	Kategori Pangan Berdasarkan Sumber Zat Gizi	Skor Maks
Serealia		
Umbi-umbian	1. Sumber karbohidrat	2
Gula dan pemanis		
Minyak dan lemak	2. Sumber lemak	2
Daging dan olahannya		
Telur	3. Sumber protein hewani	2
Susu dan olahannya		
Ikan dan makanan laut lainnya		
Polong-polongan dan kacang-kacangan	4. Sumber protein nabati	2
Sayur-sayuran	5. Sumber vitamin dan mineral	2
Buah-buahan		
Bumbu, rempah, dan minuman	6. Lain-lain	2
Total		12

Pemberian skor dilakukan dengan memberikan skor 0 jika rumah tangga sama sekali tidak mengkonsumsi kelompok pangan, skor 1 jika rumah tangga mengkonsumsi salah satu kelompok pangan, dan skor 2 jika rumah tangga mengkonsumsi seluruh kelompok pangan pada masing-masing kategori. Keragaman konsumsi pangan berdasarkan skor HDDS termodifikasi dikelompokkan ke dalam dua kategori yaitu rendah jika skor  $\leq 8$  dan tinggi jika skor  $\geq 9$ . Hasil modifikasi ini memberikan nilai sensitivitas (Se) yang tinggi yaitu 91,04%, dan nilai spesifisitas (Sp) yang rendah yaitu 35,61%. Nilai ini menunjukkan bahwa metode HDDS termodifikasi sensitif sebesar 91,04% untuk

menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga rawan pangan dan hanya spesifik 35,61% untuk menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga tahan pangan.

### **Hubungan keragaman dan status gizi balita**

Status gizi balita merupakan salah satu indikator dalam ketahanan pangan yang termasuk ke dalam dimensi pemanfaatan pangan. Salah satu indikator dalam pemanfaatan pangan adalah berat badan balita di bawah standar (*underweight*) (DKP 2009). Dalam mengidentifikasi rumah tangga rawan pangan, status gizi balita dapat dijadikan indikator karena balita merupakan prioritas utama dalam pemenuhan konsumsi pangan rumah tangga.

Tabel 7 Status gizi balita per wilayah penelitian

Status gizi	Wanaherang		Nanggower		Sukamaju		Citapen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
gizi buruk	16	15,2	0	0,0	27	22,7	2	1,8
gizi kurang	21	20,0	11	9,7	24	20,2	8	7,0
gizi baik	67	63,8	98	86,7	64	53,8	97	85,1
gizi lebih	1	1,0	4	3,5	4	3,4	7	6,1
total	105	100	113	100	119	100	114	100

Penilaian status gizi balita menunjukkan di keempat wilayah penelitian, prevalensi gizi baik lebih tinggi berbanding status gizi lainnya. Terdapat dua wilayah dengan prevalensi gizi kurang dan gizi buruk yang masih tinggi. Prevalensi gizi kurang di desa Wanaherang sebesar 20,0% dan gizi buruk sebesar 15,2%. Prevalensi gizi kurang di desa Sukamaju sebesar 20,2% dan gizi buruk sebesar 22,7%.

Berdasarkan uji korelasi Pearson, skor HDDS tidak berhubungan secara signifikan dengan status gizi balita ( $p>0,05$ ). Namun, status gizi balita, khususnya usia 24-59 bulan secara signifikan berhubungan dengan tingkat kecukupan energi (TKE) rumah tangga ( $p<0,05$ ) dengan nilai korelasi Pearson sebesar 0,218. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi TKE rumah tangga, maka status gizi anak usia 24-59 bulan juga semakin baik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan skor HDDS, rumah tangga di keempat wilayah penelitian menunjukkan keragaman konsumsi pangan yang tinggi (skor 6–12). Namun, prevalensi rumah tangga defisit energi dan protein yang tergolong defisit berat (< 70%) masih sangat tinggi yaitu di atas 50%. Secara kualitatif, metode HDDS dapat diterima dengan baik oleh responden dan enumerator karena teknik pengumpulan data relatif lebih mudah dan sederhana. Uji sensitivitas (Se) dan spesifisitas (Sp) menunjukkan metode HDDS hanya sensitif 26,95% menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga rawan pangan dan hanya spesifik 85,16% untuk menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga tahan pangan. Modifikasi HDDS dilakukan dengan memperhitungkan fungsi zat gizi di dalam penentuan skor. Skor berkisar dari 0–2 untuk setiap kategori dan 0–12 untuk total skor. Hasil modifikasi menunjukkan HDDS sensitif 91,04% menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga rawan pangan dan hanya spesifik 35,61% untuk menilai keragaman konsumsi pangan pada rumah tangga tahan pangan. Berdasarkan uji korelasi Pearson, skor HDDS tidak berhubungan secara signifikan dengan status gizi balita ( $p>0,05$ ). Namun, status gizi balita, khususnya usia 24–59 bulan secara signifikan berhubungan dengan tingkat kecukupan energi (TKE) rumah tangga ( $p<0,05$ ) dengan nilai korelasi Pearson sebesar 0,218. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi TKE rumah tangga, maka status gizi anak usia 24–59 bulan juga semakin baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Keberhasilan pelaksanaan penelitian ini tentunya didukung oleh banyak pihak. Tim peneliti menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak pemberi dana dan pihak yang terlibat dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas hibah dana penelitian melalui Program Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri (BOPTN) tahun 2013. Institut Pertanian Bogor melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) yang telah mewadahi program BOPTN di lingkungan kampus IPB. Ketua

Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan persetujuan kepada tim peneliti untuk melaksanakan penelitian ini guna memberikan kontribusi untuk ilmu pengetahuan Indonesia. Staf Departemen Gizi Masyarakat, FEMA, IPB yang telah membantu kelancaran administrasi guna keperluan pengurusan perijinan penelitian. Kantor Kesatuan Bangsa dan Politik, Kabupaten Bogor yang telah memberikan ijin sehingga penelitian dapat terlaksana di wilayah Kabupaten Bogor. Aparat kecamatan dan desa di Kecamatan Gunung Putri, Cibinong, Cigudeg, dan Ciawi, Kabupaten Bogor atas ijin pelaksanaan penelitian. Kader posyandu dan masyarakat di Desa Wanaherang, Gunung Putri; Kelurahan Nanggewer, Cibinong; Desa Sukamaju, Cigudeg; dan Desa Citapen, Ciawi. Rumah tangga yang telah bersedia menjadi responden pada penelitian ini. Mahasiswa program sarjana (S1) dan pascasarjana (S2) yang telah membantu selama pengambilan data di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2012. *Kabupaten Bogor Dalam Angka 2012*. Bogor (ID): BPS.
- Deitchler M, Ballard T, Swindale A, Coates J. 2011. Introducing a Simple Measure of Household Hunger for Cross-Cultural Use. *Technical Note No. 12 FANTA 2*. Washington DC (US): USAID.
- [DEPKES] Departemen Kesehatan. 1996. *13 Pesan Dasar Gizi Seimbang*. Jakarta (ID): Direktorat Bina Gizi Masyarakat.
- [DISKOMINFO] Dinas Komunikasi dan Informasi. 2011. *Profil Kabupaten Bogor*. Bogor (ID): Diskominfo.
- [FAO] Food and Agricultur Organization. 2008. Report On Use of The Household Food Insecurity Access Scale and Household Dietary Diversity Score in Two Survey Rpunds in Manica and Sofala Provinces Mozambique 2006-2007. *FAO food security project GCP/MOZ/079/BEL*.
- Hardinsyah. 2007. Review Faktor Determinan Keragaman Konsumsi Pangan. *J Gizi Pang* 2(2): 55-74.
- Kennedy G, Ballard T, Dop MC. 2011. *Guidelines for Measuring Household and Individual Dietary Diversity*. Roma (IT): FAO.

Ruel MT. 2003. Operationalizing Dietary Diversity: A Review of Measurement Issues and Research Priorities. *J Nutr* 133: 3911S–3926S.

Swindale A, Bilinsky P. 2005. *Household Dietary Diversity Score (HDDS) for Measurement of Household Food Access: Indicator Guide*. Washington (US): FANTA.

# **BIDANG ENERGI**



## PENGELOLAAN LIMBAH DOMESTIK YANG BERWAWASAN GENDER DALAM MERESPON PERUBAHAN IKLIM DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG

(Gender Aspect in Domestic Waste Management to Respond Climate Change  
in Cikapundung Watershed)

**Siti Amanah<sup>1)</sup>, Etty Riani<sup>2)</sup>, Akhmad Faqih<sup>3)</sup>, Tin Herawati<sup>4)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia,  
dan Pusat Kajian Gender dan Anak, LPPM IPB

<sup>2)</sup>Dep. Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

<sup>3)</sup>Dep. Geofisika dan Meteorologi dan CCROM SEAP, LPPM IPB

<sup>4)</sup>Dep. Ilmu Keluarga Konsumen, Fakultas Ekologi Manusia, IPB

### ABSTRAK

Penelitian bertujuan menemukan model pengelolaan limbah yang berwawasan gender. Penelitian dilaksanakan di hulu, tengah, dan hilir Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung, yakni di Desa Suntenjaya, Kelurahan Lebak Siliwangi dan Desa Dayeuh Kolot. Sebanyak 196 responden laki-laki dan perempuan terlibat dalam survei kerentanan rumah tangga terhadap perubahan iklim. Aspek kualitatif pengelolaan limbah didapat melalui diskusi kelompok terfokus. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa masyarakat memiliki pengetahuan tentang dampak limbah, namun aksi pengelolaan limbah masih bersifat parsial. *Gender gap* ditemui dalam mengolah dan memasarkan produk yang berasal dari limbah. Laki-laki lebih dapat mengakses informasi dan inovasi teknologi pengolahan sampah. Terdapat variasi tingkat kerentanan rumah tangga terhadap perubahan iklim. Rumah tangga dengan tingkat pendapatan tinggi lebih mampu merespon perubahan iklim dibanding rumah tangga berpendapatan rendah. Model dinamik pengelolaan limbah domestik memperlihatkan bahwa populasi penduduk, tingkat pendidikan, tingkat pendapatan, dan aspek gender berkaitan dengan pola pengelolaan limbah.

Kata kunci: Limbah domestik, peran gender, perubahan iklim, aksi adaptasi dan mitigasi.

### ABSTRACT

The study aims to find a model of gender sensitive waste management. The study was conducted in the upstream, midstream, and downstream of Cikapundung Sub Watershed. A number of 196 men and women respondents involved in the vulnerability survey to climate change. Focused-group discussions was conducted to obtain a qualitative picture. The results showed that people have appropriate knowledge about impacts of waste to environment, but the action are still limited. Gender gap is encountered in processing and marketing products from waste. Men are more likely to access information and innovative waste treatment technologies. There are varying levels of household vulnerability to climate change. Households with higher incomes are more capable to respond to climate change than low-income ones. A dynamic model of domestic waste management indicates that population, education level, income level, and gender aspects are related to the practice of waste management.

Keywords: Waste, gender role, sub-watershed, household vulnerability to climate change.

## PENDAHULUAN

Dokumen Agenda-21 Indonesia (1997) menyebutkan bahwa 60-70% pencemaran sungai di kawasan permukiman perkotaan disebabkan oleh limbah domestik (rumah tangga), sisanya dari industri dan kegiatan pertanian. Kondisi ini terjadi di berbagai Daerah Aliran Sungai (DAS), termasuk di Sub DAS Sungai Cikapundung, yang bermuara di Sungai Citarum. DAS Cikapundung Hulu merupakan kawasan hidrologis mata air Cikapundung sampai *outlet* di kawasan sekitar Jembatan Siliwangi Kecamatan Cidadap dan Coblong, Kota Bandung. Luas areal DAS Cikapundung di Bagian Hulu ±12.365 ha meliputi Kecamatan Lembang, Coblong, Cidadap, Cimenyan dan Cilengkrang (Budiasih, 2012). DAS Cikapundung Hulu seperti Lembang, Ciumbuleuit dan Dago merupakan wilayah industri dan daerah tujuan wisata, sehingga tanah di wilayah tersebut mempunyai nilai ekonomi tinggi. Hal ini mendorong meningkatnya alih fungsi lahan terutama dari hutan menjadi daerah terbangun.

Undang-undang No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPPLH) mengatur peran serta masyarakat dan *stakeholders* lain dalam pengelolaan lingkungan hidup. Pengelolaan limbah juga memiliki aspek yang berkaitan dengan adaptasi perubahan iklim. Peningkatan volume sampah di sungai meningkatkan beban sungai dan menurunkan ambang batas hujan yang menyebabkan banjir. Peningkatan frekuensi dan intensitas kejadian curah hujan ekstrim yang mungkin terjadi akibat perubahan iklim (IPCC 2012), semakin meningkatkan risiko masyarakat di sekitar aliran DAS jika ditambah dengan penurunan ambang batas hujan tersebut.

Pengelolaan limbah di kawasan DAS, termasuk Sub DAS Cikapundung sangat penting dalam meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap bencana, serta kemampuan adaptasi terhadap dampak perubahan iklim. Perubahan iklim memiliki pengaruh yang berbeda terhadap perempuan dan laki-laki dalam berbagai usia, etnik, dan wilayah. Instruksi Presiden (INPRES) Nomor 9/2000 tentang Pengarusutamaan Gender (PUG) dalam Pembangunan menyatakan bahwa “PUG merupakan strategi yang dilakukan secara rasional dan sistematis untuk mencapai kesetaraan dan keadilan gender dalam sejumlah aspek kehidupan

manusia melalui kebijakan dan program yang memperhatikan pengalaman, aspirasi, kebutuhan dan permasalahan perempuan dan laki-laki ke dalam perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi dari seluruh kebijakan dan program di berbagai bidang kehidupan dan pembangunan” (KPPA, 2001). Kertas Kebijakan Pengarusutamaan Gender dalam Adaptasi Perubahan Iklim di Indonesia (Bappenas, 2012), menyebutkan bahwa kebijakan adaptasi perubahan iklim dapat memberikan manfaat melalui PUG.

Untuk mencegah terjadinya bencana terkait iklim, diperlukan, upaya adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim perlu dilakukan. Dalam jangka panjang, keberlanjutan model pengelolaan limbah berwawasan gender dapat menahan laju perubahan dan mencegah bencana iklim. Atas dasar itu, makalah ini membahas aspek gender dalam pengelolaan limbah dalam pengelolaan limbah domestik, sebagai upaya aktif dalam merespon dampak perubahan iklim.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di hulu (Desa Sunten Jaya, Kabupaten Bandung Barat), 1 tengah (Kelurahan Lebak Siliwangi, Kota Bandung), dan 1 di hilir (Desa Dayeuh Kolot, Kabupaten Bandung), melibatkan 196 responden (Tabel 1). Data penelitian meliputi peranan gender dalam rumah tangga dan pengelolaan limbah, data kualitas air, data iklim, kerentanan rumah tangga terhadap perubahan iklim.

Data diperoleh melalui survei, uji lab, wawancara dan penelusuran dokumen di lembaga terkait, seperti data iklim historis dan data proyeksi perubahan iklim dari keluaran model iklim global (Global Climate Model), data kejadian dan luas banjir. Analisis gender dilakukan terkait pengelolaan limbah domestik di Sub DAS Cikapundung meliputi: Analisis gender menurut Harvard (Oxfam, 1994) untuk level rumah tangga.

Tabel 1 Sebaran responden survei di hulu, tengah, dan hilir DAS Cikapundung

No	Lokasi	Jumlah Responden		Keterangan
		Laki-laki (orang)	Perempuan (orang)	
A	Desa Sunten Jaya			
(1)	RW 09	11	11	▪ Ekologi manusia: desa pertanian
(2)	RW 10	11	11	▪ Mata pencaharian utama: peternak sapi perah, petani kopi, dan terdapat kegiatan <i>payment for environmental services</i>
(3)	RW 13	11	11	
B	Kelurahan Lebak Siliwangi			▪ Ekologi manusia: urban dengan kepadatan penduduk tinggi wilayah kota
(1)	RW 06	11	11	▪ Mata pencaharian utama: jasa, karyawan, pedagang kecil (makanan, kios)
(2)	RW 07	10	10	
(3)	RW 08	11	11	
C	Desa Dayeuh Kolot			▪ Ekologi manusia: semi urban-rural
(1)	RW 04	11	11	▪ Kepadatan penduduk tinggi
(2)	RW 05	11	11	▪ Mata pencaharian: buruh pabrik, pedagang kecil, dan swasta
(3)	RW 09	11	11	
	Jumlah	98	98	

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Terkini Pengelolaan Limbah Domestik

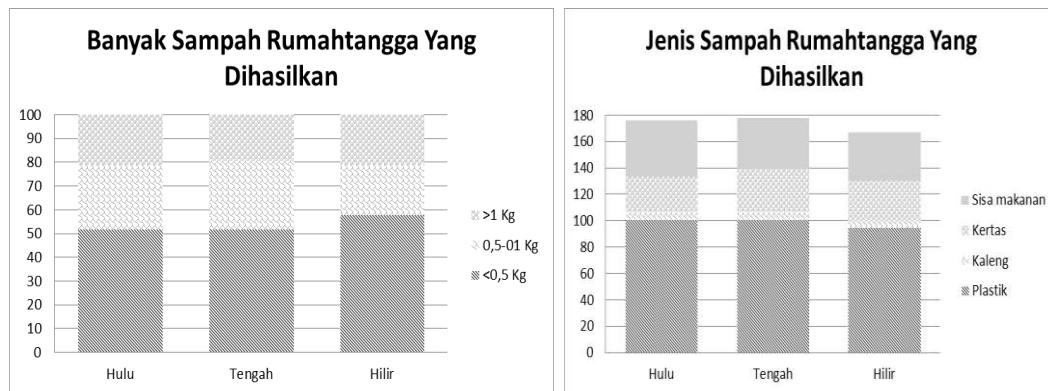
#### Kondisi Sampah

Jenis sampah yang dihasilkan rumah tangga beragam dan semua rumah tangga (100%) di ketiga lokasi penelitian menghasilkan jenis sampah plastik (Gambar 1). Jenis lain berupa kaleng, kertas dan sisa makanan. Jenis sampah terbanyak yang dihasilkan adalah sampah anorganik terutama plastik, bahkan saat ini mulai ditemukan sampah pecahan kaca yang berasal dari limbah elektronik. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Yeti *et al.* (2012) bahwa jenis sampah anorganik lebih sering ditemukan di rumah tangga.

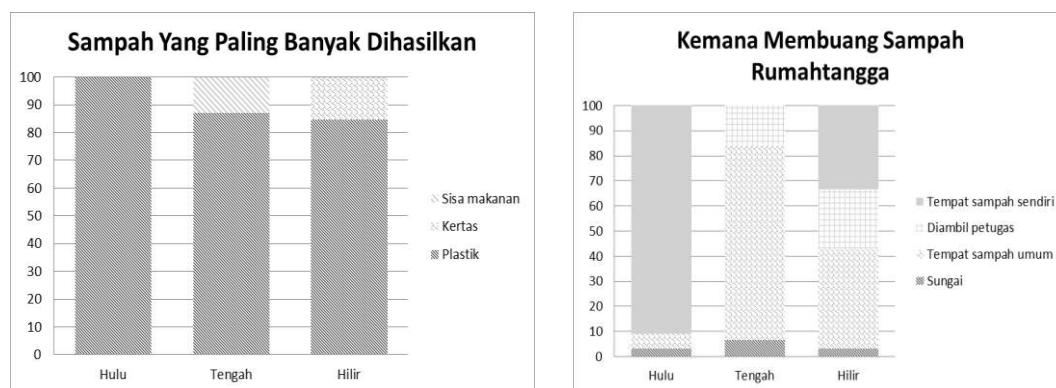
Sampah yang berasal dari perumahan, pasar, jalan raya, dan perkantoran umumnya berupa sisa makanan, sayuran, pembungkus, kertas, plastik, karet dan lain-lain. Sampah domestik paling dominan adalah plastik, lalu sisa makanan, dan urutan terbanyak ketiga adalah kertas, dan yang paling sedikit adalah kaleng.

Di semua wilayah penelitian, masih ada masyarakat yang membuang sampahnya ke sungai. Di Kelurahan Lebak Siliwangi, sampah dibuang di tempat pembuangan sampah milik umum, sedangkan di Desa Suntenjaya membuang

sampah ke tempat sampah yang dibuat sendiri. Selain cara membuang seperti tersebut di atas, mayoritas rumah tangga di wilayah hulu dan hilir, masyarakat memusnahkan sampah dengan dibakar, sedang di wilayah tengah hanya sedikit masyarakat yang membuang sampah.



Gambar 1 Jenis dan banyak sampah domestik yang dihasilkan di lokasi penelitian.



Gambar 2 Sampah terbanyak yang dihasilkan dan lokasi membuang sampah.

Lima puluh persen responden laki-laki maupun perempuan di Desa Suntenjaya dan Kelurahan Lebak Siliwangi menyatakan bahwa di daerahnya tidak sering terjadi wabah penyakit. Di Desa Dayeuh Kolot, lebih dari 50% rumah tangga menyatakan bahwa di daerahnya sering terjadi wabah penyakit. Menurut pernyataan responden di Desa Dayeuh Kolot, wabah penyakit tersebut biasanya menyerang anak-anak baik laki-laki dan perempuan serta kelompok lansia laki-laki dan perempuan. Merujuk hasil penelitian Ananda *et al.* (2013), kejadian sakit dan sampah saling berkaitan, yakni terdapat hubungan yang signifikan antara penyakit diare dengan pengelolaan sampah. Sampah terbuka dapat mengundang lalat dan insekta lain sehingga kejadian diare lebih besar dibandingkan dengan

sampah yang tertutup. Sampah yang menumpuk dapat menimbulkan bau dan gas yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

Luas bangunan rumah di ketiga lokasi penelitian cukup bervariasi, persentase tertinggi rumah tangga di Desa Suntenjaya memiliki luas bangunan antara 51–100 meter (39,4%). Di Kelurahan Lebak Siliwangi, ukuran rumah pada umumnya lebih sempit karena persentase tertinggi rumahtangga (61,9%) memiliki luas bangunan rumah kurang dari 25 meter, sedangkan di Desa Dayeuh Kolot persentase tertinggi (36,4%) rumahtangga memiliki luas bangunan antara 25–50 meter. Menurut Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum ([www.pu.go.id](http://www.pu.go.id)) luas bangunan untuk rumah sederhana sehat dengan jumlah anggota keluarga 4 orang minimal  $60\text{ m}^2$ . Berdasarkan pedoman tersebut maka sebagian besar luas bangunan rumah di ketiga lokasi penelitian masih di bawah luas minimal yang ditetapkan dalam pedoman umum rumah sederhana sehat.

Sebagian besar rumahtangga di Kelurahan Lebak Siliwangi (93,5%) dan Desa Dayeuh Kolot (81,8%) memiliki bahan bangunan rumah berasal dari batu bata dan lebih dari sepertiga rumahtangga di Desa Suntenjaya memiliki bahan bangunan rumah berasal dari kayu (30,3%) dan triplek (39,4%). Jika dilihat berdasarkan kepemilikan rumah, sebagian besar rumahtangga di Desa Suntenjaya (84,8%) dan Desa Dayeuh Kolot (87,9%) menempati rumah sendiri, sedangkan di Kelurahan Lebak Siliwangi jumlah rumah tangga yang menempati rumah sendiri dan rumah orangtua masing-masing 45,2%.

### **Peran Gender di Ranah Domestik dan Publik**

Peran gender dalam kegiatan domestik masih terpola sebagai pengaruh ciri kodrati. Perempuan mendapat kewenangan lebih untuk mengurus anak, memasak (69–89% dari seluruh responden perempuan melakukan hal ini), mencuci baju (65–97%), dan menjaga kesehatan anggota keluarga (55–88%), menyiapkan makanan (71–82%) dan menyetrika (55–74%), seperti tampak pada Gambar 3. Kegiatan domestik dapat dilakukan bersama, sehingga dapat mendorong laki-laki juga terlibat dalam menanamkan nilai positif kepada anggota keluarga tentang penanganan sampah.

Usaha ekonomi berupa pengolahan makanan terbanyak dilakukan di Kelurahan Lebak Siliwangi dibanding di daerah lain (26% laki-laki dan 23% perempuan). Di bidang ekonomi lain, jasa, pertanian dan peternakan, laki-laki yang lebih banyak terlibat. Sampah masih belum dapat diolah dan dijual secara serius. Di bidang sosial kemasyarakatan, laki-laki memiliki kesempatan lebih besar sebagai pemimpin, pertemuan desa, dan terlibat dalam kepanitiaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prinsip 3R belum dilaksanakan secara luas, baru 15% responden melakukan *reuse*). Desa Suntenjaya terbanyak melakukan *reduce*, disusul Dayeuh Kolot, lalu Lebak Siliwangi (21%; 16% dan 3%). Persentase terbanyak responden melakukan *Recycle* adalah di Dayeuh Kolot, lalu Lebak Siliwangi, dan Suntenjaya (16,7%; 9,7% dan 7,6%).

Melihat peran gender yang spesifik dalam rumah tangga, dan berkaitan dengan penanganan sampah domestik, menjadi orang tua harus mampu memberikan contoh. Mengingat sampai saat ini, kaum ibu dalam konstruksi budaya timur dianggap berperan dalam mendampingi anak dalam belajar dan beraktivitas termasuk membuang sampah, perempuan merupakan agen pembaharu yang tangguh. Ini sejalan dengan *pernyataan* Habtezion (2011) bahwa dalam merespon perubahan iklim, perempuan harus terlibat mulai perencanaan sampai dengan pelaksanaan termasuk pemberiannya, “*Decision makers and development partners at all levels need to bring women into the planning, financing and implementation of climate responses, including adaptation and mitigation, food security and agriculture, health, water, forestry, disaster risk reduction, energy and technologies and infrastructure.*”

Informasi tentang perubahan iklim lebih banyak didapat oleh laki-laki daripada perempuan. Laki-laki lebih banyak memperoleh informasi dan akses inovasi *teknologi* atas kesertaannya dalam program pembangunan, termasuk program lingkungan. Kesenjangan informasi dan teknologi merupakan hal yang kerap terjadi, termasuk dalam akses teknologi pertanian. Membanding kondisi di hulu, tengah, dan hilir Sub DAS Cikapundung, responden di kelurahan lebih banyak mendengar istilah perubahan iklim dibanding di desa.

Volume sampah di lokasi penelitian semakin meningkat, seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan aktivitas pembangunan. Kondisi ini sesuai dengan kondisi yang terjadi di lokasi penelitian, sampah yang berada di TPA Kabupaten Bandung, berasal dari wilayah Kota dan Kabupaten Bandung. Kota Bandung memberikan kontribusi jumlah sampah yang terbesar (Tabel 2).

Tabel 2 Volume sampah yang dihasilkan dari wilayah Kota/kabupaten Bandung yang membuang sampahnya ke TPA Leuwigajah

Tahun	Kab. Bandung Barat (ton)	Kota Bandung (ton)	Kota Cimahi (ton)
2011	18.571	347.411,87	37.318,34
2012	27.579	393.303,9	45.828,32
Jan-Mei 2013	11.947	134.997,78	14.468,94

Sumber: Bidang Perencanaan Prasarana Lingkungan, Dinas Cipta Karya Kabupaten Bandung Barat tahun 2013

Kontributor sampah ke TPA paling banyak adalah Kota Bandung, sedangkan kabupaten hanya menyumbang sampah relatif sedikit. Hal ini relevan dengan hasil wawancara dengan Dinas Ciptakarya Kabupaten Bandung Barat, mengungkap bahwa Kota Bandung paling banyak menyumbang sampah, dibanding kabupaten lain yang membuang sampahnya ke TPA Leuwigajah. Hal tersebut terjadi karena wilayah yang dilayani pengambilan sampahnya dan selanjutnya diangkut ke TPA yang relatif terbatas di wilayah perkotaan. Dalam hal ini Kota Bandung merupakan wilayah perkotaan yang seluruh sampahnya dilayani oleh Dinas terkait untuk dibawa ke TPA. Selain itu juga Kota Bandung memiliki jumlah penduduk yang paling banyak diantara kabupaten lain yang sama-sama membuang sampahnya ke TPA tersebut.

Masyarakat di lokasi penelitian sudah ada yang memanfaatkan kembali sampah. Pengolahan sampah tersebut umumnya dilakukan oleh para perempuan. Kondisi ini memperlihatkan bahwa masyarakat mulai menyadari proses produksi bersih, termasuk di Desa Suntenjaya. Di sisi lain, karena jumlah masyarakat yang mengolah sampah jumlahnya sangat sedikit mengakibatkan timbulan sampah masih terdapat di ketiga lokasi penelitian, sehingga perlu dilakukan penyadaran kembali dan sosialisasi terhadap masyarakat tentang pentingnya melakukan produksi bersih dalam menjaga kesehatan masyarakat, kebersihan lingkungan dan

kelestarian lingkungan. Penyuluhan tentang pemanfaatan sampah domestik untuk menjadi barang yang bernilai ekonomis, menjadi kebutuhan.

Selain sampah organik, masyarakat di wilayah penelitian juga umumnya menghasilkan sampah anorganik yang umumnya dihasilkan dari sampah berupa barang elektronik. Sampah organik tersebut umumnya dibuang ke tempat sampah umum, namun di Desa Sunten Jaya dan di Kelurahan Babakan Siliwangi ada juga masyarakat yang membuangnya ke sungai. Hasil studi Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten/kota wilayah Sub Das Cikapundung menyatakan bahwa besar timbulan sampah Kabupaten/kota wilayah Sub DAS Cikapundung dengan jumlah penduduk lebih kurang 6 juta jiwa adalah sebesar 20,14 juta l/hari. Dinas Kebersihan Kabupaten/ kota wilayah Sub DAS Cikapundung belum dapat melayani masyarakat secara keseluruhan. Armada truk yang dimiliki Dinas Kebersihan Kabupaten/kota wilayah Sub DAS Cikapundung berjumlah 25 unit. Dengan asumsi tingkat pelayanan sampah permukiman tetap sebesar 57,16%, perkiraan timbulan sampah permukiman yang dikelola atau dibuang oleh masyarakat masih cukup banyak, yaitu sekitar  $958 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Dengan kapasitas armada truk pengangkut sampah sebesar  $8 \text{ m}^3$ , timbulan sampah permukiman yang tidak terangkut tersebut setara dengan 120 truk/hari.

### Pencemaran Sungai Cikapundung

Saat penelitian, Sungai Cikapundung berwarna coklat kehitam-hitaman dan berbau busuk serta sampah tersebar, baik sampah plastik maupun sampah jenis lain, kondisi sungai menjadi tercemar berat. Saat turun hujan yang cukup deras terjadi kondisi menjadi lebih baik, dalam hal ini air sungai menjadi hanya berwarna coklat yang memperlihatkan bahwa sungai menjadi keruh sebagai akibat banyaknya partikel tanah, dan tidak menunjukkan bahwa sungai berbau busuk. Pada saat hujan deras, sampah dan kotoran lain akan terbawa oleh air hujan ke wilayah hilir, begitupun dengan amoniak, nitrit dan sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) yang terbawa ke tempat lain atau teroksidasi menjadi bahan lain sehingga baunya menghilang.

Tercemar beratnya kualitas air Sungai Cikapundung disebabkan adanya limbah cair domestik dan limbah cair industri yang masuk ke dalam air sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu. Selain itu, di antara sampah yang tidak terkelola

dengan baik tersebut, masih banyak masyarakat yang membuang sampahnya ke dalam sungai (perairan umum). Sampah organik yang dibuang didominasi oleh sampah yang berasal dari rumah tangga, yang terurai oleh bakteri dan akan diuraikan oleh proses hidrolisis, sehingga pada akhirnya akan menghasilkan berbagai bahan yang menurunkan kualitas air.

Selain sampah organik, ke dalam Sungai Cikapundung juga banyak dimasukan sampah yang sulit urai, terutama sampah plastik. Di dalam plastik, terdapat berbagai zat yang masuk pada kategori bahan berbahaya dan beracun (B-3), sampah plastik ini dapat menyumbangkan B-3 ke dalam perairan sungai, yang memperburuk kondisi kualitas air Sungai Cikapundung. Selain dihasilkan jumlah sampah dalam jumlah yang tinggi, juga dihasilkan detergen dalam jumlah yang juga tinggi (Cordova, 2008 dan Cordova *et al.* 2011). Kondisi yang sama juga terlihat pada penelitian Sitepu, Sutjahjo, Pramudya dan Riani (2008) di Sungai Ciliwung yang beban pencemaran detergennya mencapai 819,32 kg/hari; 24,579 ton/bulan dan 294,954 ton per tahun. Kondisi ini semakin memperburuk kualitas air, dan membahayakan biota yang hidup di dalamnya dan sekaligus membahayakan para pengguna air Sungai Cikapundung tersebut, terutama yang mencuci alat makannya di sungai ini.

Usaha pertanian juga menyumbangkan B-3, terutama pestisida dan insektisida, seperti dalam usahatani sayuran. Begitupula dengan industri perkotaan, yang selain menghasilkan limbah padat juga menghasilkan limbah cair. Limbah cair perkotaan dan limbah cair industri akan menghasilkan bahan-bahan yang masuk pada kategori B-3 seperti berbagai jenis logam berat (Riani, 2002). Sampai saat ini, kegiatan di perkotaan maupun industri (terutama industri kecil) umumnya belum mempunyai instalasi pengolah air limbah (IPAL) (Napitupulu, 2009). Hal ini membahayakan kesehatan manusia sebagai konsumen terakhir yang memanfaatkan hasil perairan (Riani, 2012), serta orang yang mengkonsumsi buah, batang, daun, dan umbi yang sumber airnya tercemar.

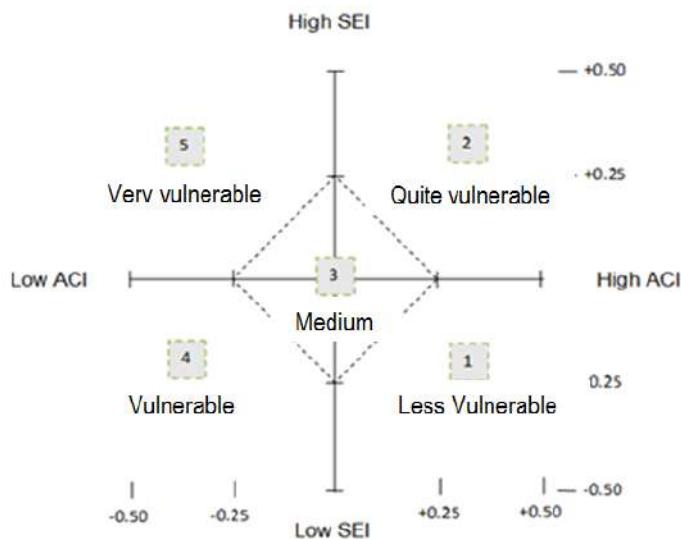
## Tingkat Kerentanan Rumah tangga terhadap Perubahan Iklim dan Perumusan Model Pengelolaan Limbah Domestik

Analisis Kerentanan Rumah tangga rumah tangga terhadap perubahan iklim diukur berdasarkan tingkat keterpaparan, sensitifitas, dan kemampuan adaptif rumah tangga terhadap variasi dan perubahan iklim. Indikator untuk perhitungan Indeks Keterpaparan dan Sensitifitas (IKS), meliputi (i) rasio jumlah anak terhadap jumlah tanggungan (Tggn), (ii) jumlah sampah yang dihasilkan dalam 1 hari (Smph), (iii) tempat pembuangan sampah (Bng\_Smph), (iv) tempat pembuangan limbah cair (Bng\_Lmbh), (v) jarak ke tempat pembuangan sampah (J\_TPS), (vi) sumber pendapatan utama (sumber pendapatan yang menyumbang > 50% terhadap pendapatan total) (Pdpn), (vii) total pengeluaran terhadap jumlah tanggungan (Pglr), (viii) Sumber air minum (SAM).

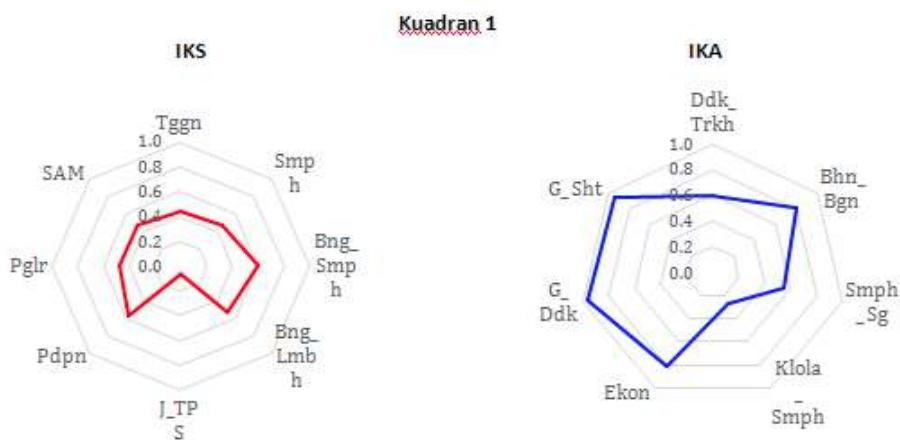
Indikator yang digunakan untuk perhitungan Indeks Kemampuan Adaptif (IKA) meliputi: (i) pendidikan terakhir (Ddk\_Trkh), (ii) jenis bahan bangunan rumah (Bhn\_Bgn), (iii) jenis sampah domestik yang dibuang ke sungai (Smph\_Sg), (iv) usaha pengelolaan sampah domestik (Klola\_Smph), (v) Gender\_Ekonomi [pengambilan keputusan] (Ekon), (vi) Gender\_Pendidikan [pengambilan keputusan] (G\_ddk), (vii) Gender\_Kesehatan [pengambilan keputusan] (G\_Sht). Pembobotan dilakukan pada setiap indikator dengan kisaran 0.2 sampai dengan 1. Penentuan bobot didasarkan pada penilaian tim pakar yang digunakan dalam penghitungan kerentanan rumah tangga terhadap perubahan iklim di DAS Citarum. Profil kerentanan dapat digambarkan seperti sebagai kuadran berikut (Gambar 3).

Kombinasi nilai IKS dan IKA dapat digunakan untuk menentukan profil kerentanan yang disajikan dalam sistem kuadran. Kuadran 1 menunjukkan yang paling tidak rentan karena memiliki nilai IKS terendah dan nilai IKA tertinggi. Sedangkan pada Kuadran 5 menunjukkan tipe yang paling rentan karena memiliki kondisi kebalikan dari tipe 1. Kelompok rumah tangga dalam kategori Kuadran 1 memiliki kemampuan adaptif yang tinggi, tetapi tingkat keterpaparan dan sensitivitas yang rendah. Salah satu faktor yang menentukan nilai IKA yang tinggi yaitu adanya peran gender dalam keluarga, terutama dalam pengambilan keputusan dalam hal kesehatan, pendidikan dan ekonomi. Kesenjangan peran

gender dalam ketiga hal itu berdampak terhadap meningkatnya level kerentanan rumah tangga.

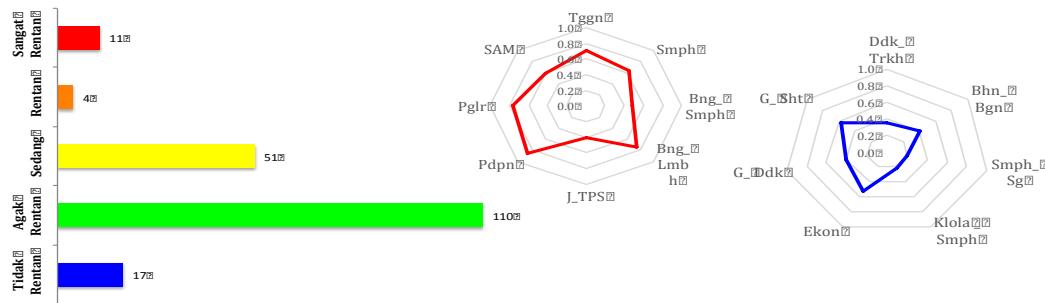


Gambar 3 Sistem kuadran dalam menentukan kerentanan.



Gambar 4 Hasil analisis kerentanan rumah tangga di Sub-DAS Cikapundung.

Perhitungan kerentanan rumah tangga terhadap perubahan iklim memperlihatkan terdapat sebelas rumah tangga responden yang masuk kategori sangat rentan. Terdapat keterkaitan antara pola pembuangan limbah, volume sampah, besaran keluarga dan jumlah TPS (Gambar 5). Kepemilikan TPS dalam komunitas dapat mendukung mengurangi limbah yang dibuang sungai, namun perlu pengelolaan TPS dengan melibatkan masyarakat setempat.



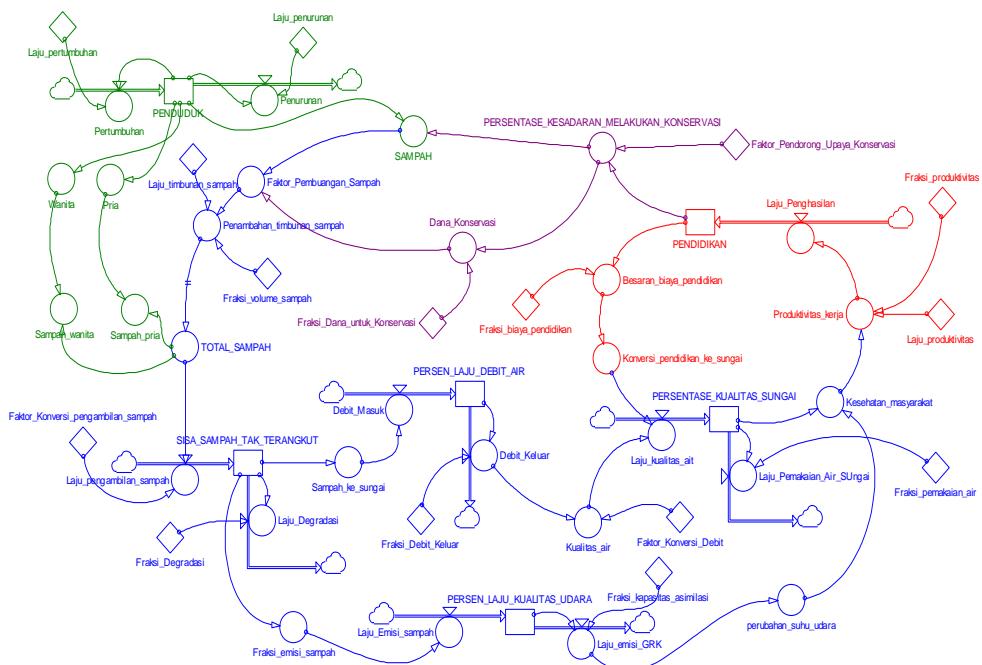
Gambar 5 Sebaran responden berdasarkan tingkat kerentanan dan *spider graph* untuk kategori sangat rentan.

Tabel 3 Rumah tangga responden yang masuk kategori sangat rentan (kuadran 5)

Inisial Rumah Tangga	Alamat	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Kabupaten/Kota
AS	Bojong Asih RT 05/RW 04	Dayeuh Kolot	Dayeuh Kolot	Kab. Bandung
Ti	Batu Loceng RT 01 RW 10	Sunten Jaya	Lembang	Kab.Bandung Barat
Ik	Batu Loceng RT 02 RW 10	Sunten Jaya	Lembang	Kab. Bandung Barat
II	Pelesiran RT 03 RW 06	Lebak Siliwangi	Coblong	Kota Bandung
EN	Bojong Asih RT 05/RW 05	Dayeuh Kolot	Dayeuh Kolot	Kab. Bandung
En	Kp. Batu Loceng RT 01/RW 09	Sunten Jaya	Lembang	Kab.Bandung Barat
Su	Rt 01/09 Dayeuh Kolot	Dayeuh Kolot	Dayeuh Kolot	Kab.Bandung
Ti	Rt 02/08	Lebak Siliwangi	Coblong	Kota Bandung
LI	Rt 01/13 Sunten Jaya	Sunten Jaya	Lembang	Kab. Bandung Barat
AU	Rt 02/10 Sunten Jaya	Sunten Jaya	Lembang	Kab. Bandung Barat
OA	Rt 02/10 Sunten Jaya	Sunten Jaya	Lembang	Kab.Bandung Barat

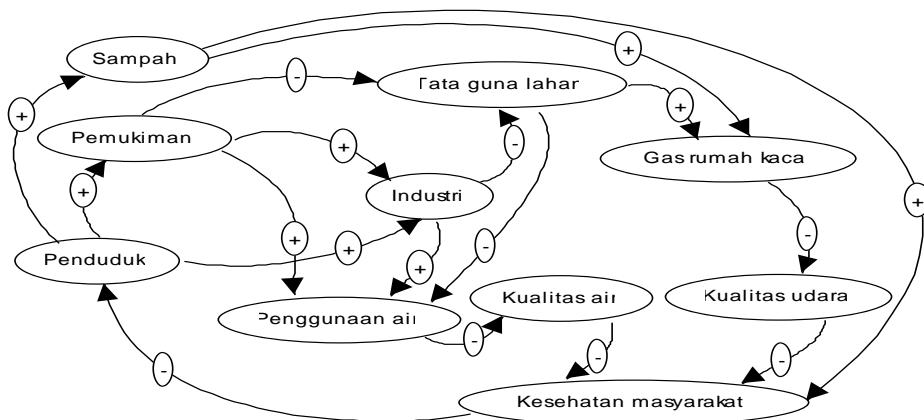
Semakin besar ukuran keluarga, semakin banyak volume sampah dan limbah yang dihasilkan. Limbah yang tidak diolah yang dibuang langsung ke sungai, membuat lingkungan sungai memburuk dan masyarakat lebih terpapar zat-zat yang berbahaya dan beracun. Hal ini yang membuat 56% rumah tangga responden dalam kategori agak rentan. Mempertimbangkan kondisi rumah tangga yang mayoritas berada dalam kondisi agak rentan, analisis berlanjut dengan menggunakan menyusun model pengelolaan limbah domestik Sub DAS Cikapundung dilakukan dengan diagram input-output (kebijakan, manajemen, pengelolaan perilaku manusia, pengolahan limbah, serta teknologi). Simulasi

model dilakukan melalui kajian data yang disusun. Diketahui bahwa terdapat lima faktor yang paling berpengaruh terhadap model pengelolaan limbah domestik DAS Cikapundung yang responsif gender dalam merespon perubahan iklim antara lain: i) kualitas air sungai, ii) kualitas udara dan iii) perubahan temperature udara. Kondisi (*state*) faktor-faktor tersebut di masa yang akan datang, dapat disusun pada simulasi yang mungkin terjadi.



Gambar 6 Stock flow diagram (SFD) model pengelolaan limbah domestik.

Pengaruh variabel-variabel tersebut terhadap sistem kemudian disajikan dalam diagram sebab akibat (*causal loop*) pada (Gambar7).



Gambar 7 Causal loop sub model pengelolaan lingkungan.

Berdasarkan diagram sebab akibat (*causal loop*), diketahui bahwa model pengelolaan limbah domestik DAS Cikapundung yang responsif gender dalam merespon perubahan iklim, berdampak terhadap volume sampah, laju emisi gas rumah kaca, kualitas air, kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Sampah yang dipengaruhi oleh jumlah penduduk, berimplikasi pada gas rumah kaca, dan pada kesehatan masyarakat. Selain itu jumlah penduduk dan permukiman, kegiatan industri dan jumlahnya serta tataguna lahan juga akan mempengaruhi kualitas air. Kualitas air sendiri akan mempengaruhi kesehatan masyarakat.

## KESIMPULAN

Limbah domestik di DAS Cikapundung bervariasi bergantung kegiatan rumah tangga. Di hulu, limbah didominasi oleh limbah dari usaha peternakan dan pertanian, di tengah DAS Cikapundung, limbah didominasi oleh limbah domestik berupa cair dan padat, dan di hilir DAS Cikapundung, limbah terdiri atas akumulasi dari limbah rumah tangga, industri, dan pertanian. Masyarakat sudah memahami bahwa limbah domestik berdampak buruk bagi lingkungan, namun belum memiliki kemampuan mengelola limbah menjadi barang dan jasa yang dapat meningkatkan kualitas hidup. Program pemerintah dan swasta sudah dilaksanakan terkait pengelolaan lingkungan seperti: menanam pohon, *agroforestry*, imbal jasa lingkungan, lokasi penampungan pembuangan sampah, 3R, dan pengomposan, namun belum berlanjut. *Gender gap* dalam pengelolaan sampah domestik ditemui pada peran perempuan dan laki-laki dalam mengolah dan memasarkan produk hasil olahan sampah. Informasi dan inovasi tentang teknologi pengolahan sampah dimiliki oleh kedua belah pihak, namun laki-laki memiliki akses terhadap teknologi yang lebih kuat. Dari sisi demografi, usia penduduk berkisar ke usia di atas 40-tahunan. Jumlah penduduk yang semakin meningkat, meningkatkan jumlah timbulan sampah dan limbah cair domestik. Hal ini akan mengakibatkan pencemaran, meningkatnya GRK, terkontaminasinya bahan pangan oleh bahan berbahaya dan beracun, sehingga akan membahayakan kesehatan masyarakat. Terdapat variasi tingkat kerentanan rumah tangga terhadap perubahan iklim dan rumah tangga yang lebih miskin relatif rentan terhadap perubahan iklim dibanding rumah tangga yang memiliki pendapatan rumah

tangga lebih tinggi. Kerentanan rumah tangga terhadap perubahan iklim akan menurun ketika perempuan terlibat dalam upaya-upaya perbaikan lingkungan (memiliki kapasitas diri dalam menghadapi bencana terkait iklim, jaringan kerjasama yang baik, dan memiliki relasi gender yang seimbang dalam rumah tangga).

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terima kasih atas dukungan selama penelitian kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI, Pimpinan Institut Pertanian Bogor, LPPM IPB; kepada BBTKLPP Kementerian Kesehatan RI, BPLHD Provinsi Jawa Barat, Kepala BLHD Kota Bandung, Kepala BLHD Kabupaten Bandung, Kantor Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung Barat, BPPKB Provinsi Jawa Barat dan BPPKB Kab/Kota, juga kepada responden penelitian dan informan penelitian, Anggota Tim Peneliti, Asisten Peneliti, Mahasiswa yang terlibat dalam penelitian, staf di PKGA dan CCROM IPB.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- ADB. 2007. Permasalahan sanitasi di Indonesia *dalam Internasional of Year Sanitation 2008* dan DSDP Sebagai Salah Satu Upaya Realisasi Perbaikan Sanitasi. Makalah Direktorat Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum.
- Aguilar, Lorena, Itza Castaneda. 2001. About fishermen, fisherwomen, oceans and tides: a gender perspective in marine-coastal zones. San Jose, Costa Rica: IUCN-ORMA.
- Ananda N, Suharto, Sitanggang P. 2013. Gambaran Sumber Air Minum, Tempat Pembuangan Tinja dan Tempat Pembuangan Sampah dan Penyakit Diare pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas KONI Kota Jambi Tahun 2013. Vol. 1, No.1.
- Ari Bambang. 2008. Sungai Cikapundung yang kian merana. Jurnal Pendidikan Profesional, IV (19): 32-41.
- Amanah S. 2007. Pendekatan pembelajaran dalam transformasi perilaku masyarakat. Jurnal Teknодик Depdiknas Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi Pendidikan 2(1): 56-71.

- \_\_\_\_\_, 2007. Penerapan tata kelola pemerintahan desa yang responsif gender di lima wilayah di Indonesia. *Jurnal Pusat Penelitian & Kajian Wanita Univ Tadulako*. I (1): 1-16.
- Bappenas, 2012. Policy Paper gender mainstreaming into climate change adaptation in Indonesia. Jakarta: Bappenas-UN Women.
- BKKBN. 1996. Opini Pengembangan Keluarga Sejahtera. Jakarta. BKKBN
- Cordova MR. 2008. Kajian limbah domestik di Perumnas Bantar Kemang, Kota Bogor dan pengaruhnya terhadap Sungai Ciliwung. Tidak Dipublikasikan. Institut Pertanian Bogor
- \_\_\_\_\_. 2011. Bioakumulasi logam berat dan malformasi kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Teluk Jakarta. Thesis. Tidak Dipublikasikan. Institut Pertanian Bogor.
- CCROM SEAP-IPB. 2012. Survei kerentanan rumah tangga terhadap variasi dan perubahan iklim di DAS Citarum (bagian dari Penguatan Kelembagaan pengelolaan sumber daya air terpadu di DAS Citarum dalam merespon perubahan iklim). TA ADB7189 E.
- Edmond Janet, 2008. Incorporating gender into PHE Strategies: Experiences from Conservation International. USAID dan Conservation International.
- Garza A,Vega R, Soto E. 2006. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. *Med Sci Monit*. 12:57-65. <http://regionalcentrebangkok.undp.or.th>
- Haryono, Rohmad Z. 2013. Identifikasi Pengelolaan Sampah kota yang berbasis partisipasi peran aktif keluarga dan pemulung. *JKB*. 12 Tahun VII. Januari 2013. Lppm.mipa.uns.ac.id
- Habtezion, Zerisenay. 2012. Gender and climate change Africa: Overview of linkages between gender and climate change. Policy Brief 1. New York: UNDP.
- Hurlock EB. 1980. Development Psychology: A life span approach. New York : McGraw-Hill
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. "Chapter 18: Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity." In IPCC, *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Riani E.2012. Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik. Bogor: PT Penerbit IPB Press
- Riswan, Sunko HR, Hadiyarto A. 2011. Pengelolaan sampah rumahtangga di Kecamatan Daha Selatan. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 9 (1).

- Sumardjo D. (2008). *Pengantar Kimia*. Jakarta: EGC.
- Yadollahi M, Hj Paim L, Othman M, Suandi T. 2009. Factors Affecting Family Status. European Journal of Scientific Research. 37 (1), pp 94-109
- Yeti M, Meryah R, Brata B. 2012. Strategi Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kelurahan Kota Medan Kecamatan Kota Manna Kabupaten Bengkulu Selatan. Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. 1 (1), pp 35-40.

# **BIDANG TEKNOLOGI DAN REKAYASA**



## TEKNIK EKSTRAKSI OLEORESIN DARI BERBAGAI JENIS CABAI

(Oleoresin Extraction Technique from Many Tipe of Chili)

**Chilwan Pandji, Endang Warsiki, Rini Purnawati, Laras Wahyu**  
Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

### ABSTRAK

Cabai memiliki berbagai kandungan yang berguna bagi manusia. Zat aktif pada cabai disebut capsaicin. Zat ini yang berperan utama dalam memberi rasa pedas pada cabai. Dalam penelitian ini oleoresin cabai diekstrak dari tiga jenis cabai dengan tiga perlakuan pencucian. Jenis cabai yang digunakan adalah cabai merah, keriting, dan rawit dengan perlakuan perulangan pencucian sebanyak satu, dua, dan tiga kali. Cabai segar dicuci dan dikeringkan sampai mencapai kadar air 8–10%. Cabai kering kemudian diblender dan diayak dengan ukuran 50 mesh. Sebanyak 100 gram cabai bubuk ditambahkan kedalam pelarut etanol 96% dengan perbandingan bubuk cabai dan etanol dalam berat per volume (b/v) sebesar 1:5. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi berpengaduk dengan kecepatan pengadukan 700 rpm pada suhu 50°C selama 4 jam. Analisis dilakukan untuk menguji mutu oleoresin cabai yang meliputi rendemen, kadar sisa pelarut dan nilai warna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara jenis cabai dan jumlah perulangan pencucian tidak berpengaruh nyata terhadap hasil yang diperoleh. Namun demikian cabai rawit menghasilkan rendemen tinggi dibandingkan dengan jenis cabe lain. Nilai warna dan kadar sisa pelarut oleoresin dari ketiga jenis cabe belum sesuai dengan ketentuan EOA (*Essential Oil Association*).

Kata kunci: Cabai, ekstraksi, pencucian, oleoresin.

### ABSTRACT

The chili has a variety of content that is very useful for human being. The active substance in chili peppers is called capsaicin. This substance is the main substance in giving a sense of spicy. In this research, oleoresin of chili was extracted from three types of chili with three treatments of solvent cycle of washing. The chilies were red chili, curly chili, and cayenne pepper with once, twice and and three times of solvent washing. Fresh chili was washed then dried to achieve moisture content of 8–10%. Dryed chili was grounded and sieved in a mesh of 50. Chili extraction was done by 96% ethanol. A total of 100 grams of material was added into ethanol with a ratio between chili and etanol in weight per volume (w/v) of 1:5. Extraction was done by maceration method and stirred with a stirring speed of 700 rpm at temperature of 50°C, for 4 hours. Analysis was conducted to quality testing of chilli oleoresin including yield, solvent residual, and color values. The results showed that the interaction between types of chili and the cycles of washing had no significantly effect of the quality of the oleoresin. Among them, cayyene paper had the highest level of yield however color value and solvent residue of all kind of chili has not yet met EOA (*Essential Oil Association*) requirements.

Keywords: Chilli, extraction, washing, oleoresin.

### PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum sp.*) merupakan salah satu bahan pangan yang mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Cabai berasal dari Peru, namun

penyebarannya bermula dari Benua Amerika, kemudian ke Benua Asia, Afrika, dan Eropa (Farrel 1985). Cabai merah merupakan salah satu jenis tanaman dari suku terung-terungan (Solanaceae atau Nightshade). Tanaman ini merupakan tanaman semusim yang mudah tumbuh di dataran rendah maupun di dataran tinggi. Kebutuhan akan cabai ini semakin meningkat setiap tahunnya. Pada umumnya masyarakat luas menggunakan cabai sebagai bahan masakan yang dapat memberikan rasa pedas dan pembangkit selera makan. Selain sebagai bahan pangan, cabai dapat pula dijadikan sebagai baahan baku pembuatan herbal. Sejak dahulu cabai telah dimanfaatkan sebagai obat-obatan di seluruh dunia.

Tingginya kebutuhan akan cabai ini menyebabkan harga cabai melambung pada saat-saat tertentu. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan bahan rempah tersebut yang terbatas di luar musim panen. Sedangkan ketika musim panen tiba, kelebihan pasokan menyebabkan harga jual cabai jatuh. Selain itu kerusakan juga banyak terjadi pada cabai-cabai yang tidak terjual. Sejauh ini sudah terdapat beberapa teknologi untuk menambah umur simpan komoditas cabai. Salah satunya adalah dengan mengolah rempah segar menjadi serbuk. Dengan proses pengolahan tersebut, cabai segar dikeringkan hingga kadar air tertentu kemudian dihaluskan menjadi serbuk. Dengan dilakukan pengolahan ini maka penyimpanan cabai tidak akan memakan banyak tempat. Selain itu kadar air yang rendah akan menyebabkan mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan pada cabai tidak tumbuh. Namun kelemahan sistem penyimpanan berupa serbuk adalah stabilitas kelembaban ruang pemnyimpanan yang dapat menyebabkan perubahan kadar air pada serbuk cabai berubah dan menyebabkan tumbuhya mikroorganisme perusak.

Capsaisin adalah zat utama yang mengakibatkan rasa pedas pada cabai. Capsaisin yang telah diekstraksi dari cabai akan diperoleh dalam bentuk oleoresin. Oleoresin adalah suatu ekstrak berbentuk gel atau pasta yang memiliki kandungan utama dari bahan yang diekstrak. Selain digunakan sebagai bahan pangan yaitu sebagai flavour, oleoresin capsaicin juga dapat dimanfaatkan di bidang farmasi dalam pembuatan berbagai obat-obatan. Penggunaan oleoresin dapat mengurangi biaya transportasi karena volum per satuan berat akan berkurang dan penyimpanannya lebih mudah. Sehingga dalam kurun satu tahun terjadi peningkatan permintaan oleoresin dalam jumlah tinggi di berbagai negara

termasuk di Eropa dan Amerika Serikat. Sebagai negara agraris yang memiliki jumlah produksi cabai tinggi, potensi pengolahan cabai menjadi oleoresin perlu ditindak lajuti. Oleh sebab itu diperlukan suatu penelitian untuk menemukan bahan serta metode terbaik untuk dapat menghasilkan oleoresin cabai sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh EOA. Tujuan penelitian ini adalah teknik ekstraksi dan jenis cabe terbaik untuk menghasilkan oleoresin berkualitas tinggi.

## METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cabai merah, cabai keriting, dan cabai rawit. Pelarut yang digunakan dalam ekstraksi adalah etanol teknis 96%. Alat-alat yang digunakan adalah peralatan gelas, alat pengering (blower), alat pengecil ukuran (hammer mill), saringan 50 mesh, peralatan maserasi, vacuum evaporator, spektrofotometer, dan GCMS (*gas chromatography mass spectrometry*).

Tahapan penelitian diawali dari proses persiapan bahan dengan mencuci cabai segar dan dipisahkan dari tangkainya. Cabai kemudian dijemur hingga mencapai kadar air sekitar 8–10%. Cabai kering dihaluskan dengan menggunakan *hammermill* dan diayak hingga diperoleh serbuk cabai berukuran 50 mesh. Cabai bubuk diekstrak dengan metode maserasi berpengaduk. Pelarut yang digunakan adalah etanol teknis dengan perbandingan antara bahan dan pelarut (b/v) sebesar 1:5. Ekstraksi dilakukan selama 4 jam dengan suhu 50 °C dan kecepatan pengadukan 200 ppm. Pemisahan oleoresin dengan pelarut dilakukan dengan menggunakan alat *vacuum evaporator* hingga terbentuk cairan kental dan pekat.

Respons yang diamati pada penelitian ini meliputi jumlah rendemen yang dihasilkan, kadar sisa pelarut dan nilai warna hasil ekstraksi oleoresin. Rendemen disajikan dalam satuan persen (%). Rendemen oleoresin dihitung dari total bobot oleoresin yang diperoleh per kadar kering bahan dikali 100%. Kadar sisa pelarut diukur dengan memanaskan sejumlah pelarut dengan menggunakan oven suhu 40 °C hingga bobot stabil. Selisih bobot oleoresin dianggap sebagai sisa kadar pelarut yang menguap. Nilai warna dihitung dengan menggunakan metode

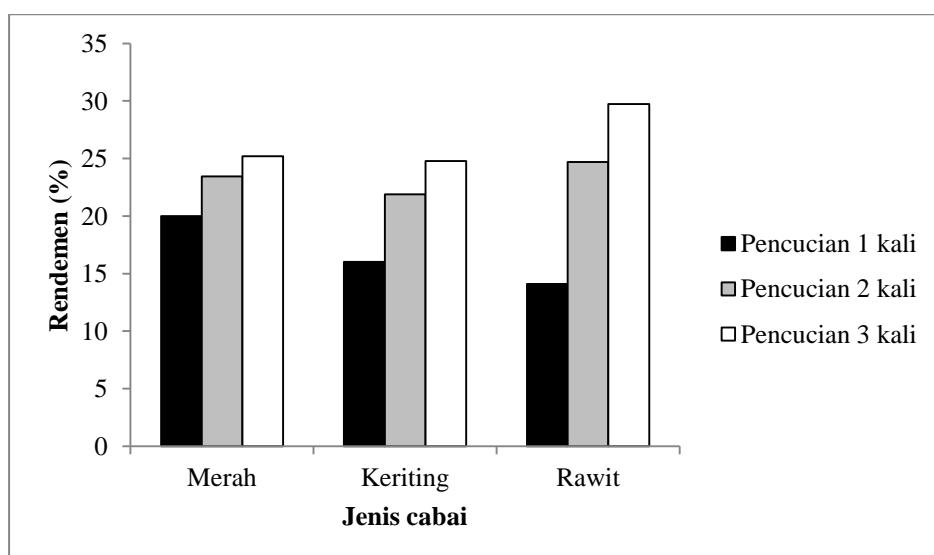
spektrofotometri dengan satuan ASTA (*American Spice Trade Association*) Farrel (1995).

Rancangan percobaan yang digunakan untuk analisis data hasil ekstraksi oleoresin cabai adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua kali ulangan. Faktor yang diamati terdiri atas dua faktor yang masing-masing faktor terdiri atas tiga taraf, yaitu (A) Jenis cabai (cabai merah, cabai keriting, dan cabai rawit) dan (B) Perulangan pencucian (satu, dua, dan tiga kali). Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis ragam (anova) dan analisis deskriptif. Apabila hasil analisis ragam berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan *uji Duncan*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rendemen Oleoresin

Rendemen oleoresin merupakan oleoresin yang diperoleh setelah melalui proses ekstraksi dan pemisahan pelarut. Bobot oleoresin yang diperoleh dibagi bobot kering sampel dikali 100%. Rendemen oleoresin yang diperoleh terdiri atas berbagai komponen seperti minyak atsiri, resin, komponen bumbu, pigmen, vitamun, karbohidrat, dan sterol. Jenis dan jumlah komponen oleoresin yang terekstraksi bergantung pada jenis pelarut yang digunakan. Selain itu, rendemen juga dipengaruhi oleh, ukuran partikel, lama pencucian, suhu, dan kecepatan pengadukan.



Gambar 1 Rendemen oleoresin.

Berdasarkan hasil data rataan, hasil tertinggi rendemen oleoresin yang diperoleh dari cabai rawit dengan tiga kali pencucian yaitu sebesar 29,74% (Gambar 1). Pada kelompok lain juga diperoleh hasil rendemen oleoresin tertinggi terdapat pada perlakuan pencucian sebanyak tiga kali. Hasil ini dapat dijadikan acuan untuk melakukan uji kandungan capsaicin yang terkandung pada oleoresin dengan menggunakan metode GCMS pada penelitian selanjutnya.

Rendemen oleoresin meningkat seiring jumlah perulangan pencucian. Selama ekstraksi masih terdapat oleoresin yang terkandung dalam bahan berbentuk gumpalan-gumpalan padat yang terjebak diantara ampas dan salah satu solusi untuk mengambil kembali oleoresin sisa adalah pengulangan ekstraksi dengan pelarut segar. Tahapan yang harus diperhatikan dalam ekstraksi oleoresin adalah penyiapan bahan sebelum ekstraksi dan pemilihan pelarut. Menurut Purseglove *et al.* (1981), persiapan bahan baku mencakup pengeringan bahan sampai kadar air tertentu serta dilanjutkan dengan proses penggilingan untuk mempermudah kontak antara bahan dan pelarut, proses ekstraksi akan berlangsung efektif. Menurut Dewi *et al.* (2012), efisiensi proses ekstraksi oleoresin dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran partikel, kehalusan partikel bahan yang sesuai akan menghasilkan ekstrak yang sempurna dalam waktu singkat, tetapi jika terlalu halus maka minyak atsiri akan hilang pada saat penggilingan. Menurut Purseglove *et al.* (1981) Ukuran yang lazim digunakan adalah 50 mesh. Ukuran terbesar yang digunakan di lab adalah 30 mesh, sedangkan yang terhalus adalah 60 mesh. Penelitian ini menggunakan ukuran sebesar 50 mesh untuk menghindari hilangnya zat-zat volatil yang terkandung pada bahan dalam proses penghalusan serbuk cabai.

Selain ukuran partikel, tinggi rendahnya rendemen oleoresin juga dipengaruhi oleh pemilihan pelarut Moestafa (1981). Ekstraksi dengan menggunakan pelarut non polar akan menghasilkan oleoresin dengan kandungan lemak yang tinggi, sedangkan ekstraksi dengan menggunakan pelarut polar akan menghasilkan oleoresin dengan kandungan lemak yang rendah. Hal tersebut disebabkan oleh karakteristik lemak yang bersifat non polar, sehingga lemak akan larut dalam pelarut non polar.

Penelitian menggunakan pelarut etanol. Cairan ini memiliki polaritas tinggi sehingga dapat mengekstrak oleoresin lebih banyak dibandingkan pelarut organik lainnya seperti aseton dan heksan. Etanol mudah melarutkan senyawa resin, lemak, minyak, asam lemak sebagian karbohidrat dan senyawa organik lainnya. Suhu ekstraksi adalah hal lain yang patut diperhatikan pada proses ekstraksi. Ekstraksi akan lebih cepat jika dilakukan pada suhu tinggi, tetapi pada ekstraksi oleoresin, suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan beberapa komponen aktif menghilang. Penelitian Triska *et al.* (2012) menyatakan, rendemen tertinggi oleoresin cabai diperoleh pada suhu ekstraksi 50 °C.

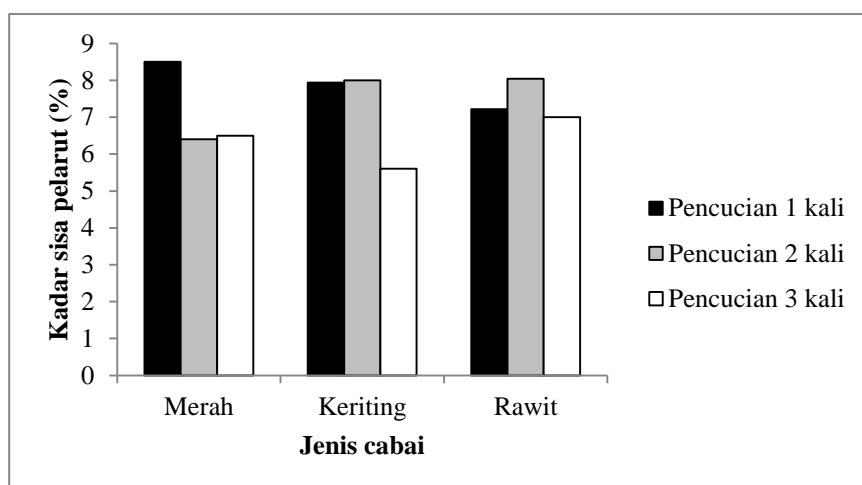
Perbandingan bahan dengan pelarut juga merupakan faktor penting dalam ekstraksi oleoresin. Menurut Purseglove *et al.* (1981) jumlah pelarut yang baik digunakan untuk mengekstrak oleoresin adalah sebanyak tiga kali jumlah bahan yang di ekstrak. Menurut penelitian yang dilakukan Komara (1991), perbandingan yang menghasilkan rendemen tertinggi adalah perbandingan bahan:pelarut sebesar 1:5.

### Kadar Sisa Pelarut

Kadar sisa pelarut merupakan salah satu karakteristik mutu dalam perdagangan oleoresin. US-FDA (*United Stated-Food and Drug Administration*) telah menetapkan aturan yang ketat mengenai jumlah maksimum pelarut yang tertinggal dalam bahan. Adanya sisa pelarut dalam jumlah tinggi akan berpengaruh pada flavor serta aroma oleoresin yang dihasilkan serta menurunkan mutu oleoresin tersebut. menyatakan ekstraksi oleoresin sebaiknya menggunakan pelarut organik yang mudah menguap. Berdasarkan analisis ragam (anova), baik jenis cabai maupun perulangan pencucian dan interaksinya tidak memberikan pengaruh yang sangat signifikan pada  $\alpha = 1\%$ . Sehingga uji lanjut Duncan tidak perlu dilakukan. Hasil pengujian kadar sisa pelarut dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa kadar sisa pelarut masih sangat tinggi. Pelarut sisa akan mempengaruhi rendemen. Sisa pelarut yang tinggi akan menyebabkan hitungan rendemen lebih tinggi. Oleh karena itu, nilai rendemen yang disajikan pada Gambar 1 masih perlu dikoreksi. Kadar sisa pelarut yang diperoleh masih jauh melampaui batas yang ditetapkan oleh US-FDA yaitu

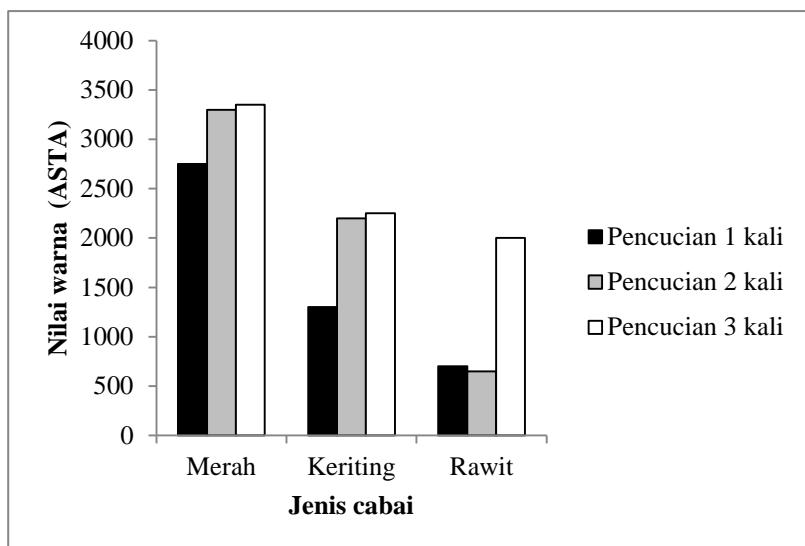
sebesar 30 ppm yang setara dengan 0,03%. Tingginya kadar sisa ini disebabkan oleh adanya kandungan triterpenoid yang merupakan saponin dalam tumbuhan dikotil (Hardiansyah 2010). Keberadaan senyawa saponin ini menyebabkan terjadinya saponifikasi yang menghasilkan gelembung yang stabil sehingga titik pemberhentian proses evaporasi sangat sulit dilakukan karena tidak terdapatnya perbedaan yang signifikan secara visual ketika oleoresin mulai berbentuk pasta. Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk menurunkan kandungan sisa pelarut oleoresin adalah dengan melewatkannya gas nitrogen yang akan mengikat etanol yang tersisa dalam sampel oleoresin.



Gambar 2 Kadar sisa pelarut.

### Nilai Warna

Penentuan nilai warna oleoresin dilakukan dengan metode spektrofotometri sesuai aturan yang dibuat oleh EOA. Warna oleoresin tersebut dinyatakan dalam satuan ASTA (Farrel 1985). Standar yang ditentukan oleh EAO adalah sebesar 4000 ASTA. Hasil nilai warna oleoresin pada penelitian ini tidak memenuhi ketetapan EOA seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil analisa uji ragam (anova) pada  $\alpha=0,1$  menunjukkan nilai F hitung yang lebih kecil daripada F tabel. Yang artinya tidak ada pengaruh terhadap perlakuan dan interaksi yang diberikan. Karena tidak adanya perbedaan nyata dari interaksi perlakuan, maka uji Duncan tidak dilanjutkan.



Gambar 3 Nilai warna oleoresin.

Pigmen warna yang berpengaruh pada cabai adalah klorofil dan karotenoid. Pada cabai h muda, pigmen klorofil lebih mendominasi sehingga warna cabai akan hijau. Sedangkan ketika cabai menua, perlahan klorofil akan berkurang dan digantikan oleh karotenoid. Selain itu, jenis pelarut juga berpengaruh pada warna oleoresin yang dihasilkan. Menurut Purseglove (1981), etanol merupakan pelarut yang tidak efisien dalam melarutkan warna. Sehingga penggunaan etanol dalam ekstraksi tidak dapat melarutkan semua pigmen wana yang terkandung dalam bahan.

## KESIMPULAN

Ekstraksi dengan menggunakan metode pencucian berulang dapat meningkatkan rendemen oleoresin. Rendemen oleoresin tertinggi diperoleh oleh oleoresin yang mengalami perlakuan pencucian tiga kali. Meningkatnya rendemen berkaitan jengan meningkatnya nilai sisa pelarut. Hasil rendemen oleoresin tertinggi diperoleh sampel cabai rawit dengan tiga kali pencucian. Hasil rendemen oleoresin yang diperoleh adalah sebesar 29,74%. Nilai warna dari cabai rawit justru sangat rendah. Nilai warna dan kadar sisa perlarut oleoresin dari berbagai cabai belum memenuhi ketetapan EOA.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jendral Perguruan Tinggi (DIKTI) melalui Hibah Penelitian Dasar untuk Bagian Tahun Anggaran 2013.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dewi T, Khasanah L, Kawiji. 2012. Optimasi Ekstraksi Oleoresin Cabai Rawit Hijau (*Capsicum frutescens L.*) [Thesis]. Solo (ID): Universitas Sebelas Maret.
- Ferrel KT. 1985. Spices, Condiments, and Seasoning. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hardiansyah AD. 2010. Analysis of Capsicum Level of Various Capsicum Fruit from Bandung Indonesia. [Skripsi]. Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Komara A. 1991. Mempelajari Ekstraksi Oleoresin dan Karakteristik Mutu Oleoresin dari Bagian Cabai Rawit. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Moestafa. 1981. Aspek Teknis Pengolahan Rempah-Rempah Menjadi Oleoresin dan Minyak Rempah-Rempah. Balai Besar Hasil Pertanian, Bogor.
- Purseglove JW, Brown EG, Green CL, Robins SRJ. 1981. Spices. Vol I. Longman Inc., New York.
- Triska H. 2012. Estimasi Ekstraksi Cabai Rawit Hijau (*Capsicum frutescens L.*) Melalui Metoda Maserasi. [Tesis]. Solo(ID): Universita Sebelas Maret.

**REKAYASA PRODUKSI ALANIN DARI BIOKONVERSI LANGSUNG LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT PADA KONDISI AEROBIK**  
(Process Engineering of Alanine Production from Direct Bioconversion of Palm Oil Mill Effluent under Aerobic Conditions)

**Djumali Mangunwidjaja<sup>1)</sup>, Prayoga Suryadarma<sup>1)</sup>,  
Akhmad Endang Zainal Hasan<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

<sup>2)</sup>Dep. Biokimia, Fakultas Matematika dan IPA, IPB

**ABSTRAK**

Bikonversi langsung limbah cair kelapa sawit (LCPKS) dilakukan dengan menggunakan konsorsium mikroorganisme dan *E. coli* rekombinan pada kondisi aerobik. Penelitian tersebut diawali dengan seleksi dan aplikasi penggunaan konsorsium mikroorganisme dari kolam penanganan LCPKS yang berbeda untuk konversi langsung material lignoselulosa di dalam LCPKS pada kondisi aerobik. Konsorsium tersebut diisolasi dari 16 kolam di pabrik kelapa sawit (PKS) Condong, Garut dan PKS Rejosari, Lampung. Kumpulan mikroorganisme tersebut diaerasi untuk memastikan ketepatan isolasi mikroorganisme yang mampu hidup pada kondisi aerobik. Mikroorganisme pendegradasi lignin dan selulosa ditentukan berdasarkan metode medium selektif agar. Sementara itu, mikroorganisme pendegradasi hemiselulosa diseleksi menggunakan metode spektrofotometri. Mikroorganisme yang diisolasi dari Kolam Anaerobik 5 PKS Condong dan Anaerobik 3 PKS Rejosari memiliki laju pertumbuhan yang lebih tinggi di dalam medium selektif lignin dibandingkan mikroorganisme dari kolam lainnya. Sementara itu, indeks selulolitik tertinggi diindikasikan oleh konsorsium mikroorganisme dari Kolam Aerobik 2 dan Fakultatif 1 PKS Rejosari. Bikonversi langsung yang tinggi dari lignoselulosa di dalam LCPKS menjadi alanin ditunjukkan oleh campuran konsorsium mikroorganisme tersebut dan rekombinan *E. coli*.

Kata kunci: Alanin, limbah cair pabrik kelapa sawit, *Escherichia coli*, biokonversi langsung, konsorsium mikroorganisme, dan aerobic.

**ABSTRACT**

Direct bioconversion of palm oil mill effluent (POME) into alanine was done by using the microbial consortia and recombinant *E. coli* under aerobic conditions. The research started with the selection and application of microbial consortia from different ponds of palm oil mill effluent (POME) treatment for direct bioconversion of lignosellulosic materials in palm oil mill effluent under aerobic conditions. The consortias were isolated from 16 ponds of palm oil mills (POM) of Condong-Garut and Rejosari-Lampung. They were aerated to ensure effective isolation of aerobic microorganisms. The active lignin- and cellulose-degrading microorganisms were determined by using the method of selected agar plate medium. Meanwhile, the hemicellulose-degrading microorganisms were selected by spectrophotometry method. The microorganisms isolated from Anaerobic 5 of Condong POM and Anaerobic 3 of Rejosari POM had the high growth rate in selected medium of agar lignin plates. Meanwhile, the high cellulolytic indexes were indicated by microbial consortia from Anaerobic 2 and Facultative 1 of Rejosari POM. The high direct bioconversion of lignin, cellulose, and hemicellulose in POME was also shown by the mix culture of these consortias.

Keywords: Alanine, palm oil mill effluent, *Escherichia coli*, direct bioconversion, microbial consortia, and aerobic.

## PENDAHULUAN

Jumlah limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) saat ini terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya produktivitas minyak kelapa sawit (*crude palm oil/CPO*). Menurut Erningpraja *et al.* (2009), 1 ton tandan buah segar (TBS) yang diolah, mampu menghasilkan 0.6–0.8 m<sup>3</sup> LCPKS yang berasal dari stasiun klarifikasi (70–75%), stasiun rebusan (15–20%), hidrosiklon (5–10%), dan sisanya air cucian pabrik. Apabila tidak diolah, beban pencemarannya setara dengan buangan 1000 orang/hari.

Jika dilihat dari komposisinya, LCPKS dapat dijadikan suatu produk yang bernilai tinggi. Menurut Baharuddin *et al.* (2010), LCPKS yang belum diolah mengandung 38,36% selulosa; 23,21% hemiselulosa; dan 26,72% lignin dari total padatannya. Selulosa dan hemiselulosa ini apabila dihidrolisis menghasilkan gula-gula sederhana yang dapat dijadikan substrat dalam bioproses. Maka dari itu, LCPKS sangat berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi suatu produk yang bernilai tinggi.

Pada umumnya degradasi bahan lignoselulosa dilakukan secara kimiawi dan enzimatis karena tidak membutuhkan waktu yang lama namun masih memiliki kekurangan. Degradasi lignoselulosa secara kimiawi menggunakan asam dapat menghasilkan senyawa inhibitor yaitu 5-hidroksimetilfurfural (HMF), asam levulinat, serta asam format, sedangkan hemiselulosa menghasilkan asam asetat, furfural, HMF, asam format dan levulinat (Taherzadeh & Karimi 2007a). Selain itu, degradasi kimiawi dapat merusak lingkungan. Degradasi selulosa dan hemiselulosa secara enzimatis lebih aman namun membutuhkan biaya yang besar karena produksi dan pemurnian enzim selulolitik dan hemiselulolitik sangat mahal (Taherzadeh & Karimi 2007b).

Enzim dapat diperoleh dari mikroorganisme sehingga degradasi lignoselulosa dapat dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme secara langsung. Cara ini dapat dilakukan secara anaerobik dan aerobik. Degradasi secara anaerobik membutuhkan waktu yang lama karena laju pertumbuhan mikroorganisme lambat sehingga laju konversinya pun lambat (Fadzilah dan Mashitah 2010). Oleh karena itu, cara yang paling efektif dilakukan untuk

mendegradasi lignoselulosa LCPKS yaitu menggunakan mikroorganisme aerobik secara langsung.

Mikroorganisme aerobik pendegradasi lignoselulosa yang diisolasi dari LCPKS dan diaplikasikan langsung ke dalam LCPKS dapat memperpendek fase adaptasinya dan pertumbuhannya pun lebih maksimal (Leahy & Colwell 1990). Mikroorganisme tersebut dapat diisolasi dari tanah dan lumpur LCPKS pada pH 6,2–7,2 dan suhu 35 °C. Menurut Rashid (2009), mikroorganisme aerobik pendegradasi komponen lignoselulosa LCPKS yang sudah teridentifikasi yaitu *Aspergillus*, *Penicilium*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Phanerochaete*, dan *Basidiomycetes*.

Pemanfaatan mikroorganisme tersebut lebih baik dilakukan dalam bentuk konsorsium bukan tunggal. Menurut Komarawidjaja (2009) dan Jadhav *et al.* (2008), pemanfaatan campuran kultur mikroorganisme akan memberikan hasil yang lebih efektif karena kerja enzim dari tiap jenis mikroorganisme dapat saling melengkapi agar dapat bertahan hidup dengan sumber nutrient yang tersedia. Suatu kultur mikroorganisme dapat menyerang suatu molekul pada posisi yang berbeda atau memanfaatkan produk dekomposisi yang dihasilkan dari kultur lain untuk proses dekomposisi lebih lanjut. Pada penelitian ini menyeleksi konsorsium mikroorganisme aerobik LCPKS pendegradasi lignoselulosa yang dapat diaplikasikan untuk menghasilkan glukosa atau gula-gula sederhana lainnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsorsium mikroorganisme yang dapat diaplikasikan untuk bikonversi langsung lignoselulosa LCPKS pada kondisi aerobik. Penelitian ini dapat dijadikan informasi dasar untuk pengembangan bioproduk agroindustri yang memanfaatkan gula – gula sederhana sebagai substrat bioproses dari LCPKS.

## METODE PENELITIAN

### Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Konsorsium Mikroorganisme

Bahan berupa LCPKS diambil di PTPN VII Rojosari, Lampung dan PT Condong Garut. Karakterisasi LCPKS menggunakan bahan setelah kolam pengutipan yang sudah dingin (30–32 °C) dan pH 7,0–8,0, sedangkan sampel

konsorsium mikroorganisme pendegradasi selulosa dan hemiselulosa diambil di kolam anaerobik 2, anaerobik 3, fakultatif 1, fakultatif 2, dan tempat pengaliran ke aplikasi lahan untuk sampel dari PTPN VII Rojosari, Lampung dan anaerobik 4, anaerobik 5, dan anaerobik 6 untuk sampel dari PT Condong Garut.

Media selektif yang digunakan adalah medium agar Mendels-CMC (10 gram CMC; 0,2 gram MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,75 gram KNO<sub>3</sub>; 0,5 gram K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,02 gram FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,04 gram CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O; 2 gram ekstrak khamir; 15 gram agar–agar bakto, dan 1 gram glukosa dalam 1000 ml aquades). Pewarna yang digunakan yaitu congo red 0,1% (0,1 gram congo red dalam 10 ml alkohol 95% dan 90 ml aquades). Gliserol 30% (30 gram gliserol dalam 100 ml air bidestilata) dibuat untuk gliserol stok, media untuk perbanyak mikroba menggunakan pepton, NaCl, dan ekstrak khamir, garam fisiologis 0,85% untuk pengenceran, Isolat *T. reesei* dan *P. crysosporum* yang diperoleh dari IPBCC, PDA dan PDB untuk penyegaran dan propagasi *T. reesei* dan *P. crysosporum*, serta alkohol 70%.

### **Karakterisasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit**

Karakterisasi LCPKS diantaranya pH, analisis proksimat (kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan kadar serat kasar), dan analisis komponen lignoselulosa (kadar selulosa, kadar hemiselulosa, dan kadar lignin). Sebelum analisis LCPKS, dilakukan pemisahan cairan terlebih dahulu.

### **Seleksi Konsorsium Mikroorganisme Pendegradasi Lignin**

Media ligninase dibuat untuk menyeleksi konsorsium mikroorganisme yang dapat menghasilkan enzim ligninolitik. Media yang digunakan adalah media seperti pada Glenn dan Gold (1983). Mikroorganisme penghasil enzim ligninolitik akan mengurai Poly R-478 (lignin sederhana) yang ada pada media, sehingga terbentuk warna jernih (*clear zone*) disekitar koloni (pada media padat). Jika media cair terjadi penurunan warna dari biru kental menjadi biru muda (Subowo 2010).

### Seleksi Konsorsium Mikroorganisme Pendegradasi Selulosa

Cuplikan yang diperoleh dari masing-masing kolam diaerasi menggunakan aerator minimal selama satu hari sebelum penggunaan. Setelah itu, sebanyak 1% (v/v) sampel dari masing-masing kolam diinokulasikan ke dalam media berisi 1% (b/v) pepton, 0,5% (b/v) ekstrak khamir, dan 1% (b/v) NaCl dalam 20 ml aquades dengan ukuran erlenmeyer 100 ml kemudian inkubasi pada suhu ruang menggunakan shaker dengan kecepatan putar 100 rpm selama satu malam. Sampel hasil inkubasi diencerkan hingga  $10^{-6}$  dan 200  $\mu\text{l}$  sisanya dijadikan stok dalam tabung eppendorf berisi 200  $\mu\text{l}$  gliserol.

Pengenceran terakhir untuk masing-masing cuplikan diinokulasikan ke dalam dua cawan plastik steril berisi medium agar Mendels-CMC dan diinkubasi selama 2–5 hari pada suhu 32 °C (Rashid *et al.* 2009). Pengamatan dilakukan setiap hari, apabila pertumbuhan terlalu banyak maka inkubasi dihentikan dan diamati zona bening yang terbentuk. Penambahan congo red 0,1% bertujuan untuk memperjelas zona bening yang terbentuk. Indeks Selulolitik dihitung berdasarkan Persamaan (1).

$$\text{Indeks Selulolitik} = \frac{\text{Diameter Zona Bening (mm)}}{\text{Diameter Koloni (mm)}}$$

### Aplikasi Konsorsium Mikroorganisme pada LCPKS

Untuk aplikasi, konsorsium diinokulasikan sebanyak 1% ke dalam 40 ml LCPKS steril yang sudah disiapkan sebelumnya kemudian diinkubasi pada suhu 32 °C pada kecepatan putar 200 rpm atau  $K_{La} = 4,9$  dan pH 6,5–7,5. Parameter yang diamati diantaranya pH dan jumlah gula pereduksi dengan menggunakan metode DNS (Miller 1959) pada jam ke 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 12; 24; dan 48, jumlah glukosa dengan menggunakan glucose kit, residu selulosa menggunakan prosedur Updegraff (1969), dan Biomassa (Fadzilah & Mashitah 2010) yang diamati hanya jam ke 0 dan 48.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Kondisi Konsorsium Mikroorganisme**

Bahan baku LCPKS dan isolat mikroorganisme pendegradasi selulosa dan hemiselulosa diambil di kolam pengolahan LCPKS PTPN VII Rojosari, Lampung dan PT Condong Garut. Kolam tersebut menerima limbah cair lebih dari 1 m<sup>3</sup> per ton TBS. Mikroorganisme pendegradasi lignoselulosa diambil di atas permukaan kolam perombakan anaerobik yang memungkinkan mikroorganisme aerobik tumbuh. Pada kolam tersebut masih terjadi proses degradasi senyawa senyawa organik kompleks menjadi senyawa-senyawa sederhana oleh mikroorganisme. Pada kolam anaerobik 1–Rejosari, bentuk LCPKS masih padat dan panas namun pada kolam anaerobik 2, fakultatif 1, dan fakultatif 2 LCPKS sudah cair sehingga sampel dapat diambil pada kolam tersebut ditambah tempat pengaliran limbah ke aplikasi lahan.

Pada kolam anaerobik 1, 2, dan 3–Condong Garut, bentuk LCPKS masih padat dan panas namun kolam anaerobik 4, 5, dan 6 bentuk LCPKS sudah mencair sehingga sampel dapat diambil pada kolam tersebut. Kondisi kolam dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, jenis mikroorganisme yang akan digunakan untuk mendegradasi selulosa dan hemiselulosa adalah mikroorganisme mesofilik (suhu 25–40 °C) dan neutrofilik (pH 6.5–7.5). Kondisi pengambilan cuplikan konsorsium mikroorganisme dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 kondisi pengambilan konsorsium mikroorganisme di PTPN VII Rojosari, Lampung dan PT Condong Garut

Kolam Pengolahan LCPKS	Suhu (°C)	pH
Anaerobik 2 – Rojosari	33	8.0
Anaerobik 3 – Rojosari	34	8.0
Fakultatif 1 – Rojosari	34	8.0
Fakultatif 2 – Rojosari	33	8.0
Pengaliran limbah ke aplikasi lahan – Rojosari	31	8.0
Anaerobik 4 – Condong Garut	34	8.0
Anaerobik 5 – Condong Garut	34	8.0
Anaerobik 6 – Condong Garut	34	8.0

### **Konsorsium Mikroorganisme Pendegradasi Lignin**

Tabel 2 menampilkan hasil seleksi konsorsium mikroorganisme pendegrasi lignin. Konsorsium mikroorganisme yang diperoleh dari Kolan Anaerob 3 PKS

Rejosari memiliki laju pertumbuhan yang tertinggi diantara konsorsium mikroorganisme lainnya. Hal tersebut ditunjukkan oleh jumlah dan pertumbuhan koloni. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa konsorsium mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan untuk mendegradasi lignin pada kondisi aerobik yang tinggi.

Tabel 2 Hasil seleksi konsorsium mikroorganisme pendegradasi Lignin

Cuplikan	Jumlah Koloni	Diameter Koloni [cm]	Pertumbuhan	Waktu Inkubasi [hari]
Anaerob 2 PKS Rejosari	1	0,77	+	4
Anaerob 3 Rejosari (A)	26		++++	4
Anaerob 3 Rejosari (B)	43		++++	4
Anaerob 3 Rejosari (C)	1	0,26	+	4
Anaerob 5 PKS Garut (A)	1	2,8	++	4
Anaerob 5 PKS Garut (B)	3	(2,33) (4,76) (1,90)	+++	4
Aplikasi Lahan (A)	3	(0,33) (0,10) (0,21)	++	4
Aplikasi Lahan dari (B)	1	0,23	+	4

Untuk mengkonfirmasi kemampuan konsorsium mikroorganisme dalam mengkonversi lignin, dilakukan pengamatan penurunan lignin (Tabel 3). Dapat diketahui bahwa persentase degradasi lignin oleh konsorsium mikroorganisme dari Kolam Anaerob 3 sangat tinggi. Hal tersebut mengkonfirmasi bahwa konsorsium mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan mendegradasi lignin yang tinggi.

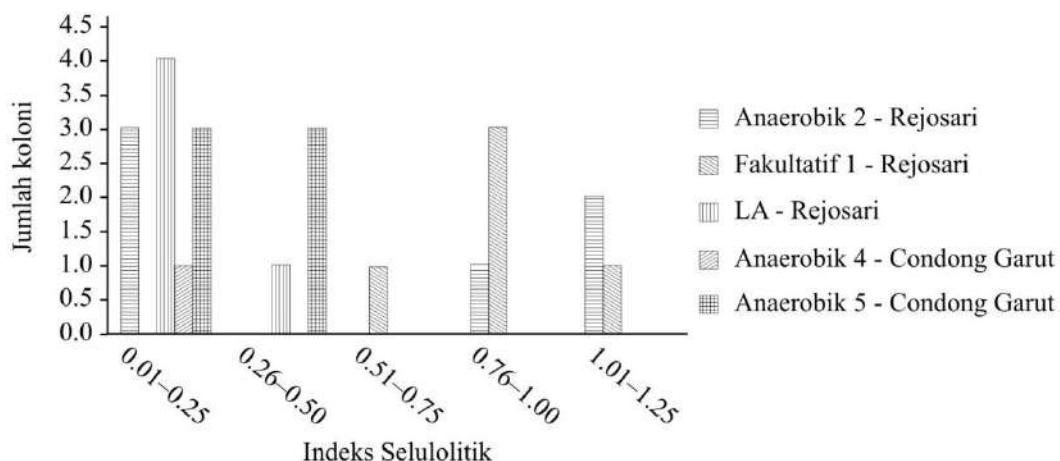
Tabel 3 Degradasi lignin oleh konsorsium mikroorganisme

Konsorsium Mikroorganisme	Penurunan Lignin [%]
Anaerob 3 PKS Rejosari	30,95
Anaerob 2 PKS Rejosari	6,80
Fakultatif 1 Rejosari	16,64
Anaerob 5 PKS Garut	23,08
<i>Phanerochete chrysosporium</i>	8,59

### Konsorsium Mikroorganisme Pendegradasi Selulosa

Hasil seleksi mikroorganisme aerobik pendegradasi selulosa ditunjukkan pada Gambar 1. Dari 8 sampel, hanya 5 sampel yang tumbuh dan menghasilkan zona bening pada suhu 32 °C selama 48 jam dengan pengenceran 10<sup>-6</sup>. Konsorsium mikroorganisme dari kolam anaerobik 2-Rejosari memiliki frekuensi dan Indeks Selulolitik paling tinggi, sedangkan konsorsium mikroorganisme dari

kolam anaerobik 4–Condong Garut memiliki frekuensi dan Indeks Selulolitik paling rendah.



Gambar 1 Hasil seleksi konsorsium mikroorganisme pendegradasi selulosa pada suhu 32 °C selama 72 jam.

### Aplikasi Konsorsium Mikroorganisme

Degradasi selulosa dan hemiselulosa LCPKS oleh konsorsium mikroorganisme, menghasilkan glukosa dan gul-gula sederhana lainnya yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme tersebut untuk pertumbuhannya. Penurunan jumlah selulosa LCPKS akibat degradasi mikroorganisme pendegradasi selulosa dilihat dari glukosa yang dihasilkan sedangkan penurunan jumlah hemiselulosa LCPKS akibat degradasi mikroorganisme pendegradasi hemiselulosa dilihat dari penurunan gula pereduksinya. Campuran konsorsium mikroorganisme pendegradasi lignin, selulosa, dan hemiselulosa dan *E. coli* rekombinan mampu mendegradasi 80% selulosa dan hemiselulosa di dalam LCPKS untuk menghasilkan 4 g/l alanin. Hasil tersebut menunjukkan bahwa campuran konsorsium mikroorganisme pendegradasi lignoselulosa dan *E. coli* rekombinan mampu untuk mendegradasi lignoselulosa dalam LCPKS untuk menghasilkan alanin.

### KESIMPULAN

Konsorsium mikroorganisme yang diperoleh dari Kolam Anaerobik 3, PKS Rejosari memiliki kemampuan mendegradasi lignin yang tinggi. Sementara itu,

konsorsium mikroorganisme yang diperoleh dari Kolam Anaerobik 2, PKS Rejosari memiliki kemampuan mendegradasi selulosa yang tinggi.

Campuran dari konsorsium pendegradasi lignoselulosa dan *E. coli* rekombinan mampu mampu mendegradasi 80% selulosa dan hemiselulosa secara aerobik untuk menghasilkan 4 g/l alanin. Hal tersebut menunjukkan bahwa campuran konsorsium tersebut mampu untuk mengkonversi langsung lignoselulosa dalam LCPKS menjadi alanin secara aerobik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chowdhury AJK, Alam MdZ, Shahlizah SH. 2006. Isolation, purification and screening of fungal strain for effective bioconversion of palm oil mill effluent. *Proceeding of the first international conference on natural resources engineering and technology*. 167–175.
- Ahmad AL, Ismail S, Bhatia S. 2003. Water recycling from palm oil mill effluent (POME) using membrane technology. *Desalination*. 157: 87–95.
- Alam MdZ, Kabbashi NA, Zain KHM. 2008. Optimization of Media Composition for Bioethanol Production by Direct Bioconversion of Palm Oil Mill Effluent. *Proceeding of International Conference on Environment Research and Technology (ICERT 2008)*: 952–956.
- Baharuddin, Samsu A. 2010. Effects of palm oil mill effluent (POME) anaerobic sludge from 500 m<sup>3</sup> of closed anaerobic methane digested tank on pressed-shredded empty fruit bunch (EFB) composting process. *Afric. J. Biotechnol.* 9(16) : 2427–2436.
- Barrow GI, Feltham RKA; ed.. 2003. *Cowan and Steel's manual for identification of medical bacteria 3rd ed.* Cambridge University Press.
- Crueger W, Crueger A, in: T. D. Brock TD. (ed). 1984. Biotechnology: A Textbook of Industrial Microbiology. Minuaer Associates, Sunderland.
- Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian. 2006. Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit. Jakarta: Subdit Pengelolaan Lingkungan, Ditjen PPHP, Departemen Pertanian.
- Fadzilah K, Mashitah MD. 2010. Cellulases Production in palm oil mill effluent : effect of aeration and agitation. *J. Appl. Sci.* 24: 3307–3312.
- Habib MAB, Yusof FM, Phang SM, Ang KJ, Mohamed S. 1997. Nutritional values of chironomid larvae grown in palm oil mill effluent and algal culture. *Aquaculture*. 158: 95–105.

- Jadhav SU, Jadhav UU, Dawkar VV, Govindwar SP. 2008. Biodegradation of Disperse Dye Brown 3REL by Microbial Consortium of *Galactomyces geotrichum* TCC 1360 and *Bacillus* sp. VUS. *Biotechnol. Bioproc. Eng.* 13 : 232–239.
- Judoamidjojo M, Sa'id EG, Hartoto L. 1989. Biokonversi. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Komarawidjaja W. 2009. Karakteristik dan Pertumbuhan Konsorsium Mikroba Lokal dalam Media Mengandung Minyak Bumi. *J. Tek. Ling.* 10: 114–119.
- Leahy JG, Colwell RR. 1990. Microbial degradation of hydrocarbon in the environment. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 54: 305–315.
- Lynd LR, Paul JW, Willem H, Isak SP. 2002. Microbial Cellulase Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiol. Molecul. Bio. Review.* 66(3): 506–577.
- Mathew GM, Sukumaran RK, Singhania RR, Pandey A. 2008. Progressin research on fungal cellulases for lignocelluloses degradation. *J. Sci. Indus. Res.* 67: 898–907.
- Meryandini A, Widodo W, Maranatha B, Sunarti TC, Rachmania N, Satria H. 2009. Isolasi bakteri selulolitik dan karakterisasi enzimnya. *Makara, Sains* 13(1): 33–38.
- Naibaho P. 1999. Aplikasi Biologi dalam Pembangunan Industri Berwawasan Lingkungan. *J. Visi.* 7: 112–126.
- Nainggolan, Susilawati. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Industri Perkebunan dan Air Gambut Menjadi Air Bersih*. Medan : USU Press.
- Oktavia, Devi ambarwaty *et al.* 2012. Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba *Indigenous Proteolitik dan Lipolitik*. *Agrointek.* 6(2): 65–71.
- Perez J, Ballesteros I. 2008. Optimising liquid hot water pretreatment condition to enhance sugar recovery from wheat straw for fuel-ethanol production. *Fuel.* 87: 3640–3647.
- Rahardjo, Nugroho P. 2006. Teknologi Pengelolaan Limbah Cair yang Ideal untuk Pabrik Kelapa Sawit. *JAI.* 2(1): 66–72.
- Rashid SS, Alam MZ, Karim MIA, Shalleh HM. 2009a. Management of palm oil mill effluent through production of cellulases by filamentous fungi. *World J. Microbiol Bioethanol.* 25: 2219–2226.
- Rahid SS, Alam MZ, Karim MIA, Salleh M H. 2009b. Optimization of the nutrient supplients for cellulose production with the basal medium palm oil

- mill effluent. *World academy of science, engineering and technology.* 36: 811–817.
- Reczey K, Szengyel ZS, Eklund R, Singh S. 2002. Effect of aeration on the production of hemicellulase by *T. lanuginosus* SSBP in a 30 l bioreactor. *Proc. Biochem.* 37: 1221–1228.
- Suciati mih. 2008. Uji Degradasi Selulosa dari Jamur Tanah Hutan Bekas Terbakar Wanariset-Semboja, Kalimantan Timur. *Berk. Penel. Hayati.* 13: 141–146.
- Suryadarma, Prayoga, Ojima Y, Tsuchida K, Taya M. 2012. Design od *Escherichia coli* cell culture for regulating alanine production under aerobic condition. *Journal of Chemical Engineering of Japan.* 45(8): 604–608.
- Teather RM, Wood PJ. 1981. Use of congo red-polysaccharide interaction in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria from the bovine rumen. *Appl. Environ. Microbiol.* 43: 777–780.

## PENGARUH JENIS INOKULUM *RHIZOPUS OLIGOSPORUS* DAN *RHIZOPUS ORYZAE* TERHADAP SIFAT FISIKO-KIMIA TEMPE KACANG MERAH

(Physicochemical Properties of Red Bean Tempe Resulted from combined-culture Fermentation of *Rhizopus oligosporus* and *Rhizopus oryzae*)

**Antung Sima Firleyanti<sup>1,2)</sup>, Eko Hari Purnomo<sup>1,2)</sup>, Feri Kusnandar<sup>1,2)</sup>, Lulu Maknun<sup>1)</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), LPPM IPB

### ABSTRAK

Tempe kacang merah diketahui memiliki kadar protein yang lebih rendah dibandingkan tempe kedelai. Upaya meningkatkan kadar protein dapat dilakukan melalui pendekatan optimasi kondisi fermentasi, antara lain jenis kapang dan waktu fermentasi. Tempe umumnya diproduksi dengan menggunakan kapang *R. oligosporus* sebagai kultur utama. Aplikasi *R. oligosporus* dan *R. oryzae* secara tunggal atau kombinasi diduga dapat menghasilkan tempe dengan karakteristik yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi inokulum (laru *R. oligosporus*, laru *R. oryzae*, laru *R. oligosporus+R. oryzae*, dan laru *R. oligosporus + laru R. oryzae*) dan waktu inkubasi (24, 36, dan 48 jam) terhadap sifat fisik dan kimia tempe kacang merah, terutama pengaruhnya terhadap peningkatan kadar protein tempe kacang merah. Kombinasi kapang *R. oligosporus + R. oryzae* (laru K1+K2) mampu menghasilkan tempe kacang merah dengan karakteristik yang lebih baik dibandingkan aplikasi kapang secara tunggal. Aplikasi laru K1+K2 menghasilkan tempe dengan miselium yang kompak dengan waktu fermentasi yang lebih cepat (24–36 jam) dibandingkan laru K2. Tempe laru K1+K2 juga memiliki kadar protein terlarut unggul dalam parameter kadar protein terlarut dibandingkan tempe laru K1.

Kata kunci: Kacang merah, tempe, kadar protein, *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus oryzae*.

### ABSTRACT

Red kidney bean tempe has been reported to contain less protein content as compared to soy bean tempeh. It is believed that protein content of tempeh depends not only on the protein content of the raw material but also processing parameters i.e. inoculum and fermentation time. Therefore, the objective of this research was to study the effect of different inoculum and fermentation time on the physicochemical properties of red kidney bean tempeh. Single and combined application of two types of mold normally used for tempeh fermentation (*R. oligosporus* and *R. oryzae*) and three different fermentation times (24, 36, and 48 hours) were studied. Mixed-culture inoculum of *R. oligosporus* and *R. oryzae* produces tempeh with improved physicochemical properties compared to their single application. Tempeh with mixed-culture inoculum shows good growth of mycelium and requires shorter fermentation time (24–36 hours), as compared to tempeh with *R. oryzae* inoculum. The tempeh also has higher soluble protein content (21,01%) than tempeh made by inoculum of *R. oligosporus*.

Keywords: Red bean, tempeh, protein content, *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus oryzae*.

## PENDAHULUAN

Tempe merupakan produk pangan asli Indonesia yang sangat potensial sebagai sumber protein nabati. Tempe pada umumnya dibuat dari kedelai. Akan tetapi produksi kedelai nasional relatif stagnan dan impor kedelai semakin meningkat. Ketidakseimbangan ini mendorong pencarian sumber alternatif bahan baku tempe lain, di antaranya adalah kacang merah. Kacang merah dilaporkan memiliki nilai gizi yang setara dengan kedelai, walaupun Kereena dan Vishnuvardhan (2012) melaporkan bahwa kadar protein dan lemak kacang merah sedikit lebih rendah dari kedelai. Kacang merah juga dilaporkan memiliki kandungan natrium, kolesterol, dan asam lemak jenuh yang rendah akan tetapi kaya akan vitamin B komplek, mineral, dan asam lemak tak jenuh (Barampama & Simard 1994; Guzman & Paredes-Lopez 1998).

Kacang merah sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan tempe. Akan tetapi, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kandungan protein kacang merah (16,36%–17,21% bk) lebih rendah dari tempe kedelai (21,28% bk) (Jaisan *et al.* 2012). Hal ini bisa menjadi kelemahan tempe kacang merah apabila tidak ditangani dengan baik. Rendahnya kadar protein tempe kacang merah diduga terkait dua faktor yaitu kadar protein kacang merah itu sendiri dan jumlah kapang yang tumbuh pada tempe kacang merah.

Fermentasi tempe umumnya menggunakan kapang *Rhizopus oligosporus* sebagai kultur utama dalam proses fermentasinya. Beberapa spesies kapang lain yang dapat digunakan dalam produksi tempe antara lain *R. oryzae*, *R. stolonifer*, *R. arrhizus*, *Aspergillus oryzae*, dan *Mucor javanicus* (Shurtleff & Akiko 1979). Aplikasi kapang secara kombinasi diduga dapat menghasilkan tempe dengan karakteristik yang berbeda. Penelitian ini bertujuan 1) mempelajari pengaruh komposisi inokulum *R. oligosporus* dan laru *R. oryzae*, dan 2) mempelajari pengaruh waktu fermentasi terhadap sifat fisik dan kimia tempe kacang merah, terutama pengaruhnya terhadap peningkatan kadar protein tempe kacang merah.

## METODE PENELITIAN

### Pembuatan Laru

Laru dibuat dari nasi pera yang telah disterilkan. Nasi tersebut diinokulasi dengan suspensi kapang *Rhizopus oligosporus* atau *Rhizopus oryzae*, diinkubasi selama 3–4 hari, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 40 °C selama 2–3 hari dan kemudian dihaluskan.

### Optimasi Jenis Kapang dan Waktu Fermentasi Tempe

Bahan baku yang digunakan adalah kacang merah kering. Proses pembuatan tempe meliputi tahap perebusan selama 10 menit, perendaman dalam larutan asam asetat pH 4.5 selama 7 jam, pengupasan kulit, pengukusan selama 10 menit, pengemasan dengan plastik yang diberi lubang berjarak 2 cm, penambahan laru (5 g/kg kacang merah), dan inkubasi pada suhu 30 °C. Jenis laru yang digunakan untuk pembuatan tempe terdiri atas laru kapang *R. oligosporus* (laru K1), laru kapang *R. oryzae* (laru K2), laru kapang *R. oligosporus+R. oryzae* (laru K1+K2), dan campuran laru kapang *R. oligosporus* + laru kapang *R. oryzae* (laru K1+laru K2). Waktu fermentasi yang digunakan bervariasi, yaitu 24, 36, 48 jam. Setelah waktu fermentasi yang telah ditentukan, kekompakan miselium pada tempe diamati secara visual. Selain itu juga dilakukan analisis untuk parameter kadar protein terlarut, tekstur/daya iris, warna, dan rendemen.

### Metode Analisis

- **Kadar protein terlarut**

Kadar protein terlarut diukur menggunakan metode Bradford dengan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 520 nm.

- **Rendemen**

Rendemen dihitung sebagai perbandingan bobot tempe dengan bobot kacang merah setelah tahap perebusan, perendaman asam, dan pengukusan.

- **Tekstur/Daya Iris**

Tekstur dianalisis menggunakan TA-XT2i texture analyzer. *Probe* yang digunakan adalah tipe Knife blade HDP/BS. TAXT-2i diset dengan *pre test speed*

1.5 mm/s, *test speed* 1.5 mm/s, *post test speed* 10.0 mm/s, *distance* 10 mm, dan *force* 40 gram.

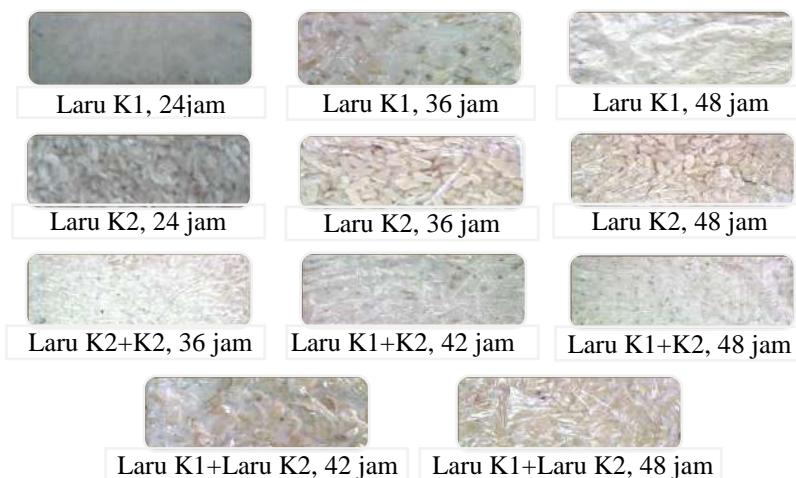
- **Warna**

Pengamatan warna tempe dilakukan dengan menggunakan alat Minolta Chromameter CR 200. Hasil pengukuran chromameter akan dikonversikan ke dalam sistem Hunter dengan lambang L (tingkat kecerahan), a (merah-hijau), dan b (biru-kuning).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pertumbuhan Miselium Tempe Kacang Merah

Salah satu parameter mutu tempe adalah pertumbuhan miselium kapang pada substrat kacang. Pertumbuhan miselium yang baik akan menghasilkan tempe dengan tekstur yang kompak. Perbedaan jenis kapang yang digunakan sebagai starter dan waktu fermentasi pada produksi tempe kacang merah menghasilkan tempe dengan kekompakan yang bervariasi (Gambar 1). Pertumbuhan miselium terbaik ditunjukkan oleh tempe dengan laru K1+K2 sehingga diperoleh tempe dengan struktur yang kompak dan tekstur yang padat. Sedangkan pada tempe laru K2 tidak terlihat pertumbuhan kapang hingga waktu fermentasi 48 jam. Hal ini menunjukkan tempe dengan laru K1+K2 membutuhkan waktu fermentasi yang lebih singkat (24-36 jam) dibandingkan tempe dengan perlakuan lainnya.



Gambar 1 Penampakan tempe kacang merah dengan jenis laru dan waktu fermentasi yang berbeda.

Laru K1 menggunakan kapang *Rhizopus oligosporus* yang merupakan spesies kapang utama dalam pembuatan tempe. Penelitian Srapinkornburee *et al.* (2009) juga menyebutkan *R. oligosporus* digunakan dalam pengembangan tempe kacang merah secara komersial. *R. oligosporus* memiliki aktivitas protease dan lipase tertinggi dibandingkan kapang tempe lainnya sehingga ideal untuk memecah protein dan lemak yang terkandung pada kacang merah maupun bahan lain yang digunakan sebagai bahan baku tempe. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan tempe dengan laru K1 dan laru K1+K2 yang mengandung *R. oligosporus* menunjukkan pertumbuhan miselium kapang yang lebih cepat dan lebih baik dibandingkan tempe yang hanya menggunakan kapang *R. oryzae* (laru K2).

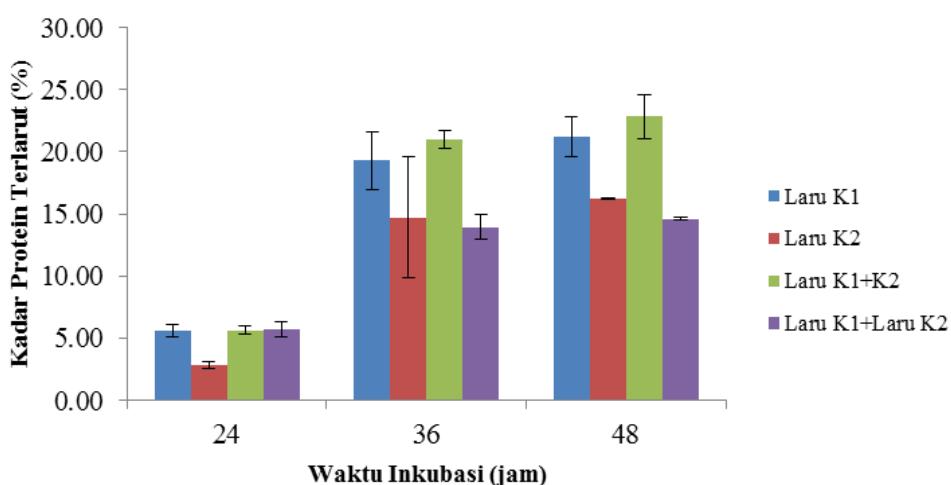
Pertumbuhan kapang pada suatu media dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain komposisi komponen nutrisi pada media dan aktivitas kapang pada laru. Setelah penyimpanan, kapang pada laru umumnya berada pada kondisi dorman dan memerlukan tahap aktivasi sebelum dapat bergerminasi dan tumbuh pada media baru. Proses aktivasi dapat didukung oleh kondisi lingkungan seperti adanya cahaya dan peningkatan suhu. Peningkatan aktivitas kapang juga dipengaruhi oleh keberadaan sumber C dan N pada media. Penelitian Thanh (2004) menunjukkan asam amino L-alanine dapat mempercepat aktivasi kapang *R. oligosporus* dengan berperan sebagai sumber N sekaligus sumber C. Kombinasi asam amino alanin-leusin-isoleusin juga menghasilkan pertumbuhan kapang dari kondisi dorman. Kacang merah sebagai media pertumbuhan kapang yang digunakan pada penelitian ini mengandung asam amino yang cukup lengkap, termasuk Alanin (0,78%); leusin (1,50%); dan isoleusin (0,95%) (Purnomo *et al.* belum dipublikasikan). Kacang merah juga tidak mengandung L-proline yang diketahui dapat mengganggu intake Alanin oleh *R. oligosporus* sehingga dapat menghambat sporulasi dan pertumbuhan kapang *R. oligosporus* (Thanh 2004). Keberadaan gula sebagai sumber C juga berpengaruh terhadap germinasi spora dan pertumbuhan kapang. Glukosa merupakan sumber C yang sederhana dan sangat penting dalam proses aktivasi kapang pada laru (Thanh 2004). Kombinasi kapang *R. oligosporus* dan *R. oryzae* pada laru K1+K2 menunjukkan pertumbuhan kapang terbaik. *R. oryzae* yang bersifat amilolitik dapat memecah

karbohidrat kompleks yang banyak terkandung pada kacang merah sehingga menyediakan glukosa yang mendukung pertumbuhan kapang *R. oligosporus*.

Pertumbuhan miselium kapang pada tempe laru K1+K2 juga lebih baik dibandingkan dengan tempe laru K1+laru K2 meskipun keduanya sama-sama menggunakan laru campuran. Hal ini diduga disebabkan oleh proses kompetisi antara *R. oligosporus* dan *R. oryzae* pada tempe laru K1+laru K2 sehingga pertumbuhan kedua kapang tersebut terhambat. Pada laru K1+K2, kompetisi berlangsung lebih awal pada tahap pembuatan laru sehingga memungkinkan terjadinya proses adaptasi oleh kedua kapang tersebut.

### Kadar Protein Terlarut Tempe Kacang Merah

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, kadar protein tempe kacang merah berkisar antara 16–17% (Jaisan *et al.* 2012; Srapinkornburee 2009), lebih rendah dibandingkan tempe kedelai (21%). Berdasarkan hasil penelitian ini, aplikasi laru campuran kapang *R. oligosporus* dan *R. oryzae* mampu meningkatkan kadar protein terlarut pada tempe kacang merah dibandingkan dengan tempe laru *R. oligosporus* atau *R. oryzae* secara tunggal. Kadar protein terlarut tertinggi ditunjukkan oleh tempe laru K1+K2 yang difermentasi selama 48 jam, yaitu sebesar 22,83% (Gambar 2).



Gambar 2 Kadar protein terlarut tempe kacang merah dengan variasi jenis laru dan waktu inkubasi.

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan kultur campuran dalam pembuatan tempe menghasilkan tempe dengan nilai gizi yang lebih baik.

Kombinasi *R. oligosporus*, *R. oryzae*, and *R. stolonifer* pada pembuatan tempe kedelai menghasilkan tempe dengan kandungan gizi yang lebih seimbang (Wiesel *et al.* 1997) dibandingkan tempe dengan laru kultur tunggal, demikian juga dengan tempe kedelai yang menggunakan laru campuran *R. oligosporus* dan *Aspergillus oryzae* (Chou & Rwan 1995). Penelitian Starzynska-Janiszewska *et al.* (2012) juga menyebutkan aplikasi *R. oligosporus* dan *A. oryzae* pada produksi tempe kacang uci (*grass pea seeds* atau *Lathyrus sativus L.*) menghasilkan tempe dengan kandungan protein terlarut lebih tinggi, bioavailability protein yang lebih baik, serta kadar thiamin dan riboflavin lebih tinggi dibandingkan tempe dengan laru *R. oligosporus* tunggal.

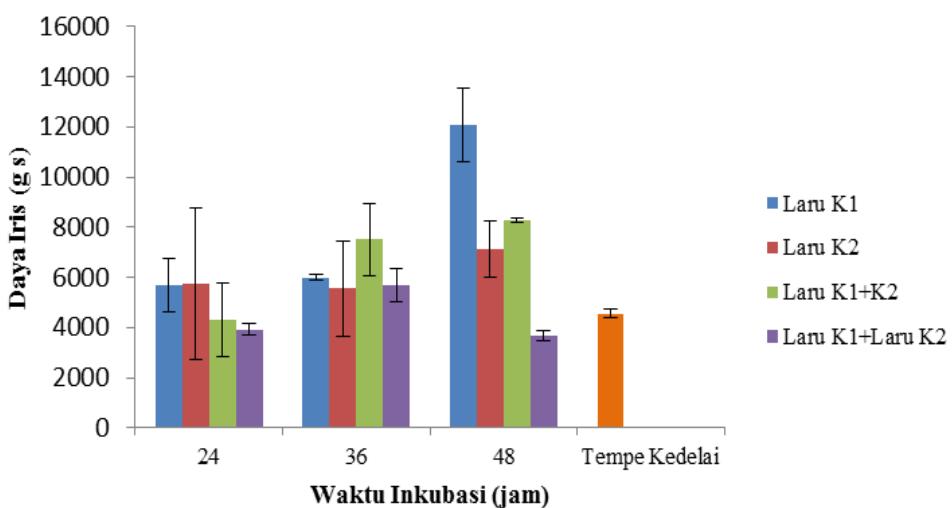
Kadar protein terlarut tempe kacang merah juga dipengaruhi oleh waktu fermentasi. Dari hasil penelitian (Gambar 2) diketahui bahwa kadar protein terlarut meningkat seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Menurut Beuchat di dalam (Babu *et al.* 2009), proses fermentasi diawali dengan tahap pertumbuhan kapang yang mengikat kacang hingga terbentuk struktur tempe yang kompak dan padat. Pada tahap selanjutnya terjadi pemecahan sebagian komponen gizi kompleks oleh enzim yang diproduksi oleh kapang, misalnya pemecahan protein menjadi peptida, asam amino, ammonia, dan komponen sederhana lainnya. Pada penelitian ini diduga hingga jam ke-48, proses yang terjadi adalah pertumbuhan kapang dengan menggunakan komponen nutrisi pada kacang merah. Pada fase ini, kapang menggunakan asam amino untuk pertumbuhannya dan mensitesa protein sehingga terjadi peningkatan kadar protein setelah 36 dan 48 jam.

### Tekstur, Warna, dan Rendemen Tempe Kacang Merah

Faktor-faktor yang mempengaruhi tekstur, warna, dan rendemen tempe kacang merah antara lain adalah kadar air dan jumlah miselium kapang pada tempe. Kadar air tempe kacang merah pada semua perlakuan hampir sama, yaitu berkisar antara 60.32%–65.71%, sedangkan pertumbuhan kapang pada setiap tempe bervariasi sebagaimana telah dijelaskan pada bagian sebelumnya.

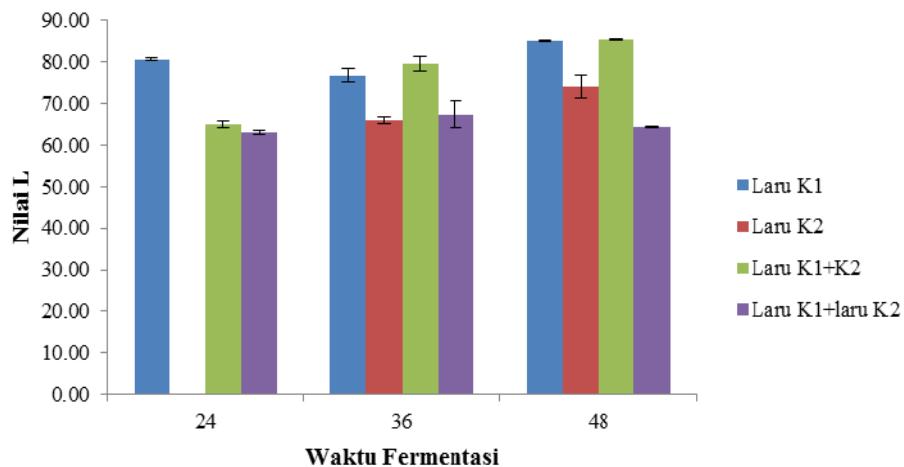
Data tekstur (daya iris) tempe kacang merah disajikan pada Gambar 3. Hampir semua tempe memiliki tekstur yang mirip dengan tempe kedelai sebagai

kontrol. Pada waktu fermentasi 36 dan 48 jam, tempe laru K1 dan tempe laru K1+K2 memerlukan daya yang lebih besar dibandingkan daya yang dibutuhkan untuk mengiris tempe dengan perlakuan lainnya. Hal ini berkorelasi positif dengan pertumbuhan kapang dan jumlah protein terlarut tempe. Pada tempe laru K1 dan tempe laru K1+K2, jumlah miselium yang terbentuk lebih banyak sehingga struktur tempe lebih kompak dan padat dan membutuhkan daya iris yang lebih besar. Pertumbuhan kapang pun menggunakan air yang terdapat pada kacang merah sehingga kandungan air pada tempe lebih rendah dibandingkan kadar air kacang merah. Menurunnya kadar air berimplikasi terhadap meningkatnya tingkat kekerasan atau daya iris tempe yang dihasilkan. Meskipun proses respirasi kapang juga menghasilkan air, akan tetapi sebagian besar uap air yang dihasilkan akan menguap melalui bukaan yang terdapat pada kemasan tempe sehingga tidak menyebabkan kenaikan kadar air tempe secara signifikan.



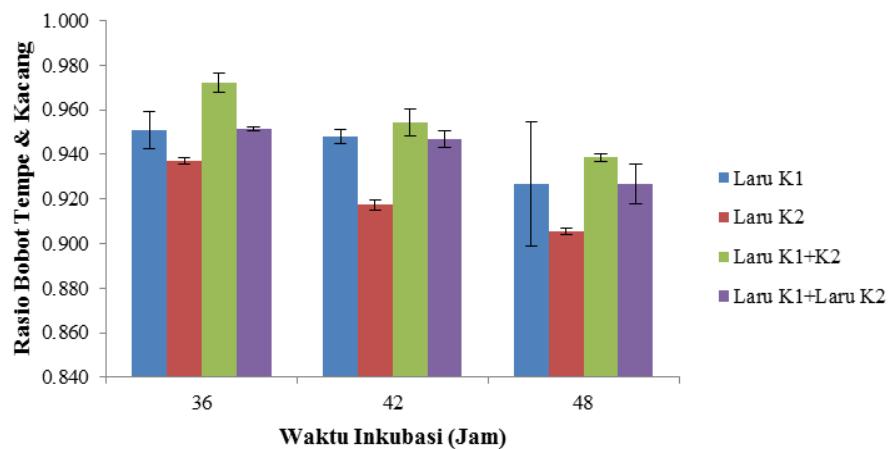
Gambar 3 Daya iris tempe kacang merah dengan variasi jenis laru dan waktu inkubasi.

Warna tempe selama proses fermentasi dengan menggunakan berbagai jenis laru disajikan pada Gambar 4. Warna tempe disajikan dalam tingkat kecerahan (L). Secara umum tingkat kecerahan tempe semakin meningkat dengan meningkatnya waktu fermentasi sebagai dampak dari pertumbuhan miselium tempe. Gambar 4 juga menunjukkan bahwa tempe yang difermentasi dengan menggunakan laru *R. oligosporus* (laru K1) dan kombinasinya dengan *R. oryzae* (Laru K1+K2) memiliki tingkat kecerahan paling tinggi dibanding jenis laru yang lain untuk semua waktu fermentasi.



Gambar 4 Tingkat kecerahan (nilai L) tempe kacang merah dengan variasi jenis laru dan waktu fermentasi.

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa rendemen tempe kacang merah dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan kapang dan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi (Gambar 5). Tempe dengan laru kombinasi *R. oligosporus* dan *R. oryzae* yang menunjukkan jumlah miselium terbanyak (laru K1+K2) memiliki rendemen tertinggi pada setiap waktu fermentasi.



Gambar 5 Rendemen tempe kacang merah dengan variasi jenis tempe dan waktu inkubasi.

## KESIMPULAN

Kombinasi kapang *R. oligosporus* + *R. oryzae* (laru K1+K2) mampu menghasilkan tempe kacang merah dengan karakteristik yang lebih baik daripada

aplikasi kapang secara tunggal. Aplikasi laru K1+K2 menghasilkan tempe dengan miselium yang kompak dengan waktu fermentasi yang lebih cepat (24–36 jam) dibandingkan laru *R. oryzae* (laru K2). Tempe laru K1+K2 juga memiliki kadar protein terlarut tertinggi dibandingkan tempe dengan perlakuan lainnya pada waktu fermentasi 36 dan 48 jam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Institut Pertanian Bogor yang telah menyediakan dana penelitian melalui DIPA IPB tahun 2013.

## DAFTAR PUSTAKA

- Babu PD, Bhakyaraj R, Vidhyalakshmi R. 2009. A Low Cost Nutritious Food “Tempeh”- A Review. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. 4(1): 22–27.
- Barampama Z, Simard RE. 1994. Oligosaccharide, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. *Journal of Food Science*. 59:833–838.
- Chou CC, Rwan JH. 1995. Mycelial propagation and enzyme production in koji prepared with *Aspergillus oryzae* on various rice extrudates and steamed rice. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 79(5): 509–512.
- Guzman-Maldonado SH, Paredes-Lopez O. 1998. Functional Products of plants indigenous to Latin America: Amaranth, Quinoa, Common Beans, and Botanicals. Ing. Mazza (ed). Functional foods: Biochemical's and processing Aspects. Technomic Publishing, Pennsylvania. 308–312.
- Jaisan C, Kusumaningrum HD, Suliantari. 2013. Optimizing of Fermentation Process of Red bean Tempe. Research report, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Bogor Agricultural University.
- Kereena CH, Vishnuvardhan Z. 2012. Effect of Soya & Red Kidney Bean Supplementation on Nutrient Intakes of Head and Neck Cancer Patients. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences ISSN: 2231-6345. Vol. 2(1) January- March, pp.266–275.
- Shurtleff W, Akiko A. 1979. *The Book of Tempeh*. New York : Harper & Row Publisher.
- Srapinkornburee W, Unnop T, Nipornram S. 2009. Commercial development of red kidney bean tempeh. *As. J. Food Ag-Ind.* 2(03): 362–372.

- Starzynska-Janiszewska A, Stodolak B, Dulinski R, Mickowska B. 2012. The influence of inoculum composition on selected bioactive and nutritional parameters of grass pea tempeh obtained by mixed-culture fermentation with *Rhizopus oligosporus* and *Aspergillus oryzae* strains. *Food Science and Technology International*. 18: 113.
- Thanh NV. 2004. Dormancy, Activation, and Viability of *Rhizopus oligosporus* sporangiospores. [Thesis]. Wageningen University, The Netherland.
- Wiesel I, Rehm HJ, Bisping B. 1997. Improvement of tempe fermentations by application of mixed cultures consisting of *Rhizopus* sp. and bacterial strains. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 47(3): 218–225.

**KINETIKA PERUBAHAN WARNA LABEL INDIKATOR BERBAHAN  
ZAT WARNA BUAH BIT (*B. vulgaris L. var cicla L.*)  
(Color Changing Kinetic of Indicator Label from Beet Dye  
(*B. vulgaris L. var cicla L.*))**

**Endang Warsiki, Indah Yuliasih, Asih Setia Utami**  
Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**ABSTRAK**

Perkembangan label indikator waktu dan suhu sebagai label pintar untuk memantau penurunan kualitas produk telah berhasil diaplikasikan untuk banyak produk. Umumnya, penurunan mutu produk terkemas dikenali dengan adanya perubahan warna label yang ditempelkan pada permukaan/di dalam kemasan. Perubahan warna ini bersifat *irreversible*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari model kinetika perubahan warna label indikator terbuat dari pewarna ekstrak buah bit. Penelitian dilakukan dengan mengamati perubahan warna film/label pada berbagai suhu penyimpanan yaitu suhu kulkas (3–5 °C), freezer (-5 - (-10) °C) dan paparan sinar matahari. Perubahan wana label diukur dengan kromameter yang tercermin dengan nilai L (kecerahan), a (warna merah-hijau) dan b (warna biru-kuning). Nilai ini kemudian diplotkan dengan model persamaan linear. Model menghasilkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) L , a , b nilai paparan sinar matahari berturutan adalah 0,664 , 0,960, 0,937. Selain itu , suhu 3–5 °C mengasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,494, 0,356, 0,283, dan 0,072, 0,388, 0,247 untuk suhu -5 -(-10) °C. Kinetika perubahan warna label indikator mengikuti model regresi linier untuk label yang dipapar dengan sinar matahari.

Kata kunci: Label indikator, pewarna buah bit, perubahan warna, model kinetika.

**ABSTRACT**

The development of time and temperature indikator (TTI) label as a smart label to monitor product quality have been successfully applied to widely product. Generally this quality losses of the package product is represented by color changing of the TTI which is sticked on the surface/into packaging. The color changing is irreversible. The purpose of this research is to study the kinetic model of changing of color indicator label made from bit dye. The main research was done by observing the change color of sheet films in the storage temperature of the refrigerator (3–5 °C), freezer (-5-(-10) °C) and sunlight exposure. The color changing of the label is measured by Chromameter as represented by value of L (lightness), a (red to green) and b (yellow to blue). This value and then fitted and plotted into a linear equation model. The measurement of color film produced determination coefficient ( $R^2$ ) L, a, b value of sun exposure were 0.664, 0.960, 0.937 respectively. Moreover, temperatures of 3–5 °C were 0.494, 0.356, 0.283, and 0.072, 0.388, 0.247 for the temperature of -5-(-10) °C. It seemed that the color changing of label was linear only for the treatment of sunlight exposure.

Keywords: Indicator label, bit dye, color changing, kinetic model.

## PENDAHULUAN

Pengembangan aplikasi sensor kemasan cerdas terus menerus dilakukan, salah satunya adalah kemasan cerdas dalam bentuk label/*film* dengan tambahan warna sebagai indikator mutu. Penelitian mengenai kemasan cerdas dalam bentuk label dengan indikator pewarna telah banyak dilakukan. Sebagai contoh penelitian yang dilakukan oleh Hasnedi (2009) untuk mendeteksi kebusukan *fillet* ikan nila. Penelitian ini menggunakan sensor berbahan dasar kitosan yang dicampur dengan polivinil alcohol (PVA) sebagai *film* dan pewarna indikator *Bromthymol Blue* sebagai pendekripsi kebusukan *fillet* ikan. Kemudian penelitian oleh Warsiki dan Putri (2012) tentang label indikator warna dari pewarna alami dan sintetis, Nofrida *et al.* (2013) dan Warsiki *et al.* (2013a) tentang label indikator warna daun erpa.

Menurut Ahvenainen (2003) mekanisme kerja label indikator adalah dengan menginformasikan kualitas produk terkemas yang tercermin dari perubahan warna indikator. Perubahan warna ini dapat dipicu oleh berbagai faktor, salah satunya adalah suhu. Bahan pewarna alami dapat dimanfaatkan untuk pembuatan label indikator (Warsiki *et al.* 2013b) ini karena sifatnya yang mudah mengalami degradasi warna karena suhu tinggi. Aplikasi label indikator untuk produk yang tepat diperlukan justifikasi kesesuaikan antara perubahan warna label dan perubahan mutu produk, sehingga diperoleh warna acuan yang dapat merepresentasikan kualitas produk pada saat segar, segera dikonsumsi dan rusak. Pemahaman tentang kinetika perubahan warna indikator seiring dengan perubahan kualitas produk terkemas patut dipelajari sehingga pemilihan produk untuk aplikasi label menjadi lebih mudah dan cepat.

Peminat industri makanan dan minuman dalam mengembangkan metode cepat untuk mengevaluasi kesegaran *real time* produk dengan menggunakan label indikator ini semakin meningkat. Indikator ini sangat membantu sebagai produsen dan konsumen untuk mengenali bahwa produk tersebut telah diperlakukan sesuai dengan kebutuhan penyimpanan sehingga kualitas dan keamanan produk terjamin. Namun demikian, mekanisme perubahan warna indikator ini, sebagai model ilmiah, belum dipahami dengan jelas. Oleh karena itu, penelitian ini

bertujuan untuk mengetahui model kinetika berubah warna dari label indikator berbahan kitosan dengan ekstrak buah bit sebagai bahan perwarna pada berbagai suhu penyimpanan. Model ini akan sangat berguna untuk pemilihan aplikasi label untuk produk yang sesuai

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan, asam asetat glasial 1%, *plasticizer* gliserin, aquades, ekstrak warna buah bit, dan alkohol 70%. Sementara alat yang dipergunakan adalah oven suhu 50°C, *hot plate* dan *magnetic stirrer*, batang pengaduk, sudip, termometer, gelas piala, gelas ukur, plat kaca ukuran 20 cm × 20 cm × 1 cm, neraca analitik, pipet tetes, kuas, kain saring, jar, cawan petri, *styrofoam*, *alumminium foil*, mikrometer sekrup, dan *chromameter*.

### Pembuatan *Film* Indikator

Kitosan seberat 3.5 g dilarutkan dalam 70 mL asam asetat glasial 1% sedikit demi sedikit. Larutan dihomogenkan dengan pengaduk stirer dan dipanaskan pada suhu konstan, yaitu 40 °C ± 60 menit hingga larutan *film* tersuspensi dengan sempurna. Larutan *film* tersebut ditera dengan aquades sampai 100 mL. Kemudian ditambahkan *plasticizer* gliserol sebanyak 1% dari volume *film* yang dibuat. Larutan *film* kemudian dituangkan pada media *plat* kaca berukuran 20 × 20 cm. Setelah itu dilakukan pemanasan di dalam oven dengan suhu 50 °C selama 24 jam. Pewarna indikator dari ekstrak buah bit dengan volume 6 mL/400 cm<sup>2</sup> permukaan *film* dioleskan pada permukaan *film*. *Film* yang telah diolesi pewarna kemudian dimasukkan ke dalam lemari pendingin selama ± 1 jam. Hal ini dilakukan agar warna dapat menempel dengan sempurna pada lembaran *film*.

### Pengukuran Nilai L (kecerahan), a (warna merah-hijau), b (warna kuning-biru)

Pada tahap ini dilakukan pengamatan perubahan label/*film* pada berbagai suhu penyimpanan. Film dipotong menjadi label dengan ukuran 3 × 3 cm disimpan pada suhu kulkas (3–5 °C), suhu *freezer* (-5-(-10)°C) dan paparan sinar matahari. Respon yang diamati adalah perubahan warna label indikator. Pengamatan dilakukan pada 7 titik untuk memperoleh garis kecenderungan

perubahan label selama penyimpanan. Perubahan warna label diukur dengan kromameter untuk memperoleh nilai L (kecerahan), a (merah-hijau), dan b (kuning-biru) (Joshi & Brimelow 2002). Nilai  $a^+$  (positif) dengan jangkauan dari 0–100 menandakan warna merah, sedangkan nilai  $a^-$  (negatif) dari 0–(-80) menandakan warna hijau. Sementara nilai b, jika  $b^+$  (positif) dengan nilai dari 0–70 menandakan warna kuning dan nilai  $b^-$  (negatif) bernilai 0 – (-70) untuk warna biru (Jha 2010).

### **Model Kinetika Perubahan Warna**

Data L, a, b kemudian dianalisis secara statistik. Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui hubungan hasil pengukuran warna menggunakan *Chromameter* dengan lama penyimpanan. Analisis yang digunakan adalah analisis korelasi regresi linier yang dinyatakan dengan persamaan regresi. Secara matematik persamaan linier dinyatakan sebagai berikut (Usman dan Akbar 2008):

$$y = ax + b$$

Dimana :

x = lama penyimpanan

y = hasil pengukuran warna

a = *slope* garis regresi

b = nilai warna pada kondisi garis regresi berpotongan dengan sumbu y

Tingkat ketepatan dan ketelitian pengukuran ditunjukkan dengan melihat nilai korelasi garis regresi (kecenderungan data). Nilai pengukuran dinyatakan baik jika nilai korelasinya lebih dari 80% ( $R^2 \geq 0.80$ ). Menurut Usman dan Akbar (2008), nilai  $R^2$  terbesar adalah +1 dan terkecil adalah -1 sehingga dapat dituliskan  $-1 \leq R^2 \leq +1$ . Apabila nilai  $r^2 = +1$ , maka disebut hubungan positif sempurna dan hubungannya linier langsung sangat tinggi. Sedangkan jika nilai  $R^2 = 0$ , maka disebut hubungan negatif sempurna dan hubungannya tidak langsung sangat tinggi (*invers*). Nilai  $R^2$  tidak mempunyai satuan (dimensi). Makna dari nilai  $R^2$  yang dihitung dapat diinterpretasikan dengan Tabel 1.

Tabel 1 Interpretasi dari nilai  $R^2$  (Usman & Akbar 2008)

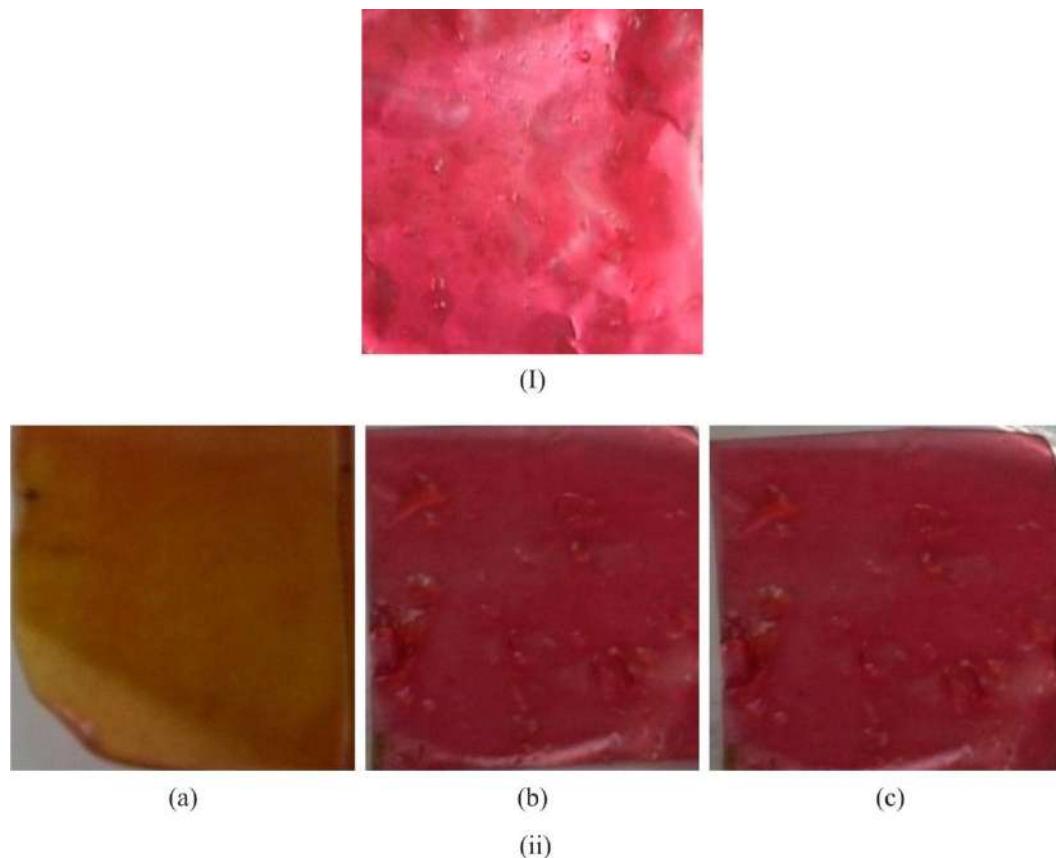
$R^2$	Interpretasi
0	Tidak berkorelasi
0.01–0.20	Sangat rendah
0.21–0.40	Rendah
0.41–0.60	Agak rendah
0.61–0.80	Cukup tinggi
0.81–0.99	Tinggi
1	Sangat tinggi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perubahan Warna Label Indikator Selama Penyimpanan

Dalam pengukuran warna suatu produk, terdapat dua metode pengukuran warna yang paling banyak digunakan, yaitu pengukuran warna secara obyektif dan pengukuran warna secara subyektif. Pengukuran warna secara obyektif dipandang sebagai sifat fisik produk tersebut sehingga pengukurannya menggunakan instrumen fisik. Sementara pengukuran warna secara subjektif dipandang sebagai sifat organoleptik sehingga pengukurannya menggunakan indera penglihatan. Instrumen fisik yang digunakan untuk pengukuran obyektif antara lain *Spektrophotometer*, *Colorimeter* atau *Chromameter*, dan kamera CCD. Kemudian alat bantu yang digunakan untuk pengukuran warna secara subyektif dapat menggunakan diagram warna, *Chromaticity CIE 1931*, Munsell, dan Hunter (Nurmawati 2011).

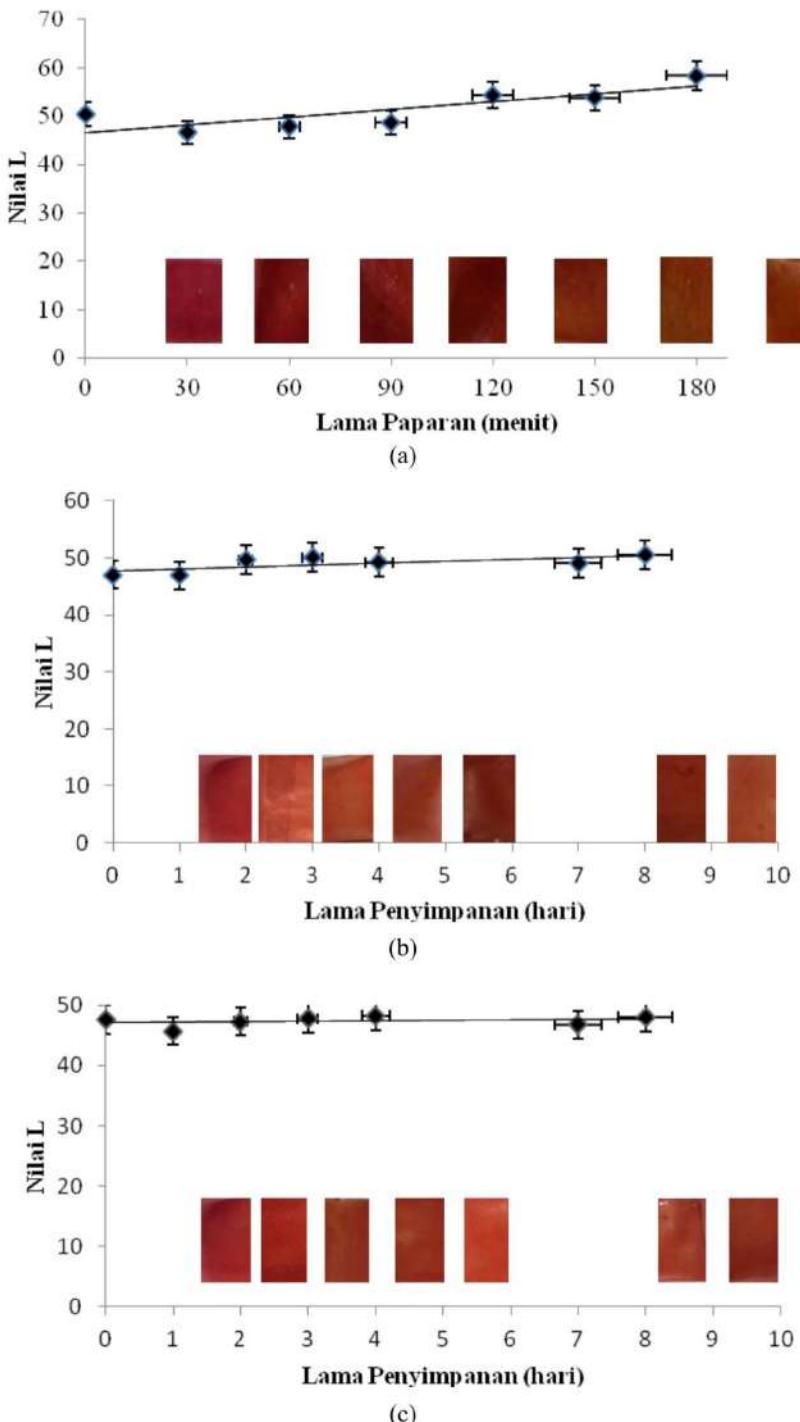
Perubahan pada label indikator warna selama penyimpanan di suhu 3–5 °C, suhu -5(-10) °C, dan paparan matahari menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan, warna dari label mengalami perubahan warna ke arah warna cerah. Perubahan warna 1 indikator selama awal penyimpanan hingga akhir penyimpanan pada berbagai suhu penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Perubahan warna label indikator (i) awal penyimpanan, (ii) akhir penyimpanan pada (a) paparan matahari, (b) suhu 3–5 °C, dan (c) suhu -5-(-10) °C.

### Nilai L

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran warna secara objektif dengan menggunakan *Chromameter*. Grafik nilai L label indikator dapat dilihat pada Gambar 2. Kemudian Tabel 2 menunjukkan persamaan regresi dan nilai  $R^2$  dari masing-masing grafik nilai L. Derdasarkan ketiga grafik tersebut dapat dilihat bahwa terjadi perubahan warna label indikator selama penyimpanan. Pada penyimpanan di paparan matahari label indikator rata-rata sudah mulai berubah dari 30 menit pertama penyimpanan hingga 30 menit keenam penyimpanan atau 180 menit (Gambar 2 atas). Pada penyimpanan suhu 3–5 °C (Gambar 2 tengah) dan suhu -5-(-10) °C (Gambar 2 bawah) warna label sudah mulai berubah pada hari pertama penyimpanan hingga hari ke-8 penyimpanan.



Gambar 2 Grafik nilai L label indikator selama penyimpanan : (a) terpapar matahari; (b), suhu 3–5 °C dan (c) suhu -5–(-10) °C .

Perubahan warna ini juga diikuti dengan perubahan pada nilai L (kecerahan warna) yang semakin meningkat. Awal penyimpanan di paparan matahari, tingkat kecerahan warna *film* indikator adalah 50.45 dengan warna merah keunguan. Diakhir penyimpanan (180 menit), terjadi kenaikan tingkat kecerahan warna, yaitu

menjadi 58,41 dengan warna oranye. Tingkat kecerahan warna 1 indikator pada suhu 3–5 °C di awal penyimpanan adalah 47,05; kemudian mengalami peningkatan pada hari ke-8 menjadi 50,57. Pada paparan matahari dan suhu 3–5 °C, pada penyimpanan suhu -5-(-10) °C pun terjadi peningkatan kecerahan warna dari hari ke-0 sebesar 47,71 menjadi 48,06 pada hari penyimpanan ke-8.

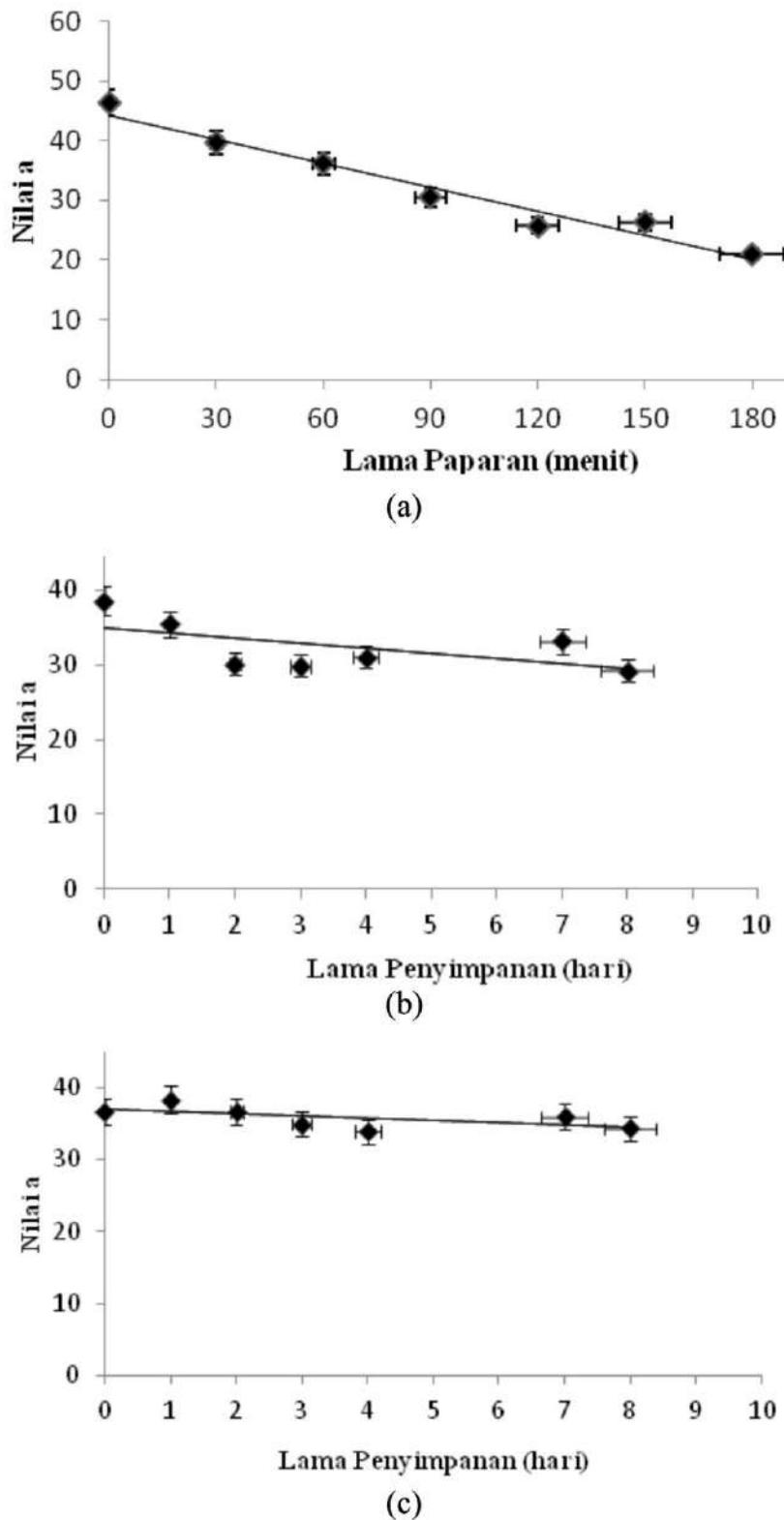
Tabel 2 Persamaan regresi dan nilai  $R^2$  dari grafik nilai L paparan matahari, suhu 3–5 °C, dan suhu -5-(-10) °C

Suhu penyimpanan	Persamaan regresi	Nilai $R^2$
Paparan matahari	$y = 0.053x + 46.66$	0.664
3–5 °C	$y = 0.337x + 34.94$	0.494
-5 - (-10) °C	$y = 0.079x + 47.08$	0.072

Nilai L hasil pengukuran *Chromameter* untuk label indikator pada penyimpanan paparan matahari berkorelasi positif cukup tinggi dengan lama paparan karena nilai  $R^2$  yang dimiliki lebih dari 0,6. Berarti sebesar 66,4% hubungan antara lama paparan matahari dan perubahan nilai L yang dapat dijelaskan oleh model regresi, sedangkan sisanya tidak dapat dijelaskan akibat pengaruh variabel lain. Sementara pada suhu suhu 3–5 °C, hubungan antara nilai L dan lama penyimpanan berkorelasi agak rendah karena nilai  $R^2$  bernilai lebih tinggi dari 0,4 tetapi kurang dari 0,6 ( $0.4 \leq R^2 \geq 0.6$ ), berarti hanya 49,4% hubungan antara lama paparan matahari dan perubahan nilai L yang dapat dijelaskan oleh model regresi. Pada suhu -5-(-10) °C berkorelasi sangat rendah karena nilai  $R^2$  berada di bawah 0,2.

### Nilai a

Selain nilai L, dalam pengukuran *Chromameter* juga terdapat nilai a (derajat kemerahan) dan b (derajat kekuningan). Dalam pengamatan ini terdapat kecenderungan nilai L berbanding terbalik dengan nilai a dan berbanding lurus dengan nilai b. Grafik nilai a dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik nilai a label indikator selama penyimpanan: (a) terpapar matahari; (b) suhu 3–5 °C dan (c) suhu -5-(-10) °C (bawah).

Pada ketiga grafik (Gambar 3) terlihat bahwa nilai label cenderung bergerak turun meskipun penurunan yang terjadi tidak konstan. Terjadi kenaikan dibebberapa titik pada setiap suhu penyimpanan. Nilai a di awal penyimpanan paparan matahari bernilai 46,33 dan pada menit 180 (akhir penyimpanan) menjadi 20,96. Sedangkan pada penyimpanan suhu 3–5 °C, nilai a adalah 38,54 pada hari ke 0 dan turun menjadi 29,24 pada hari ke-8. Pergerakan nilai a berbanding terbalik dengan nilai L. *Fiting* dan *plotting* nilai a secara linier disajikan pada Tabel 3.

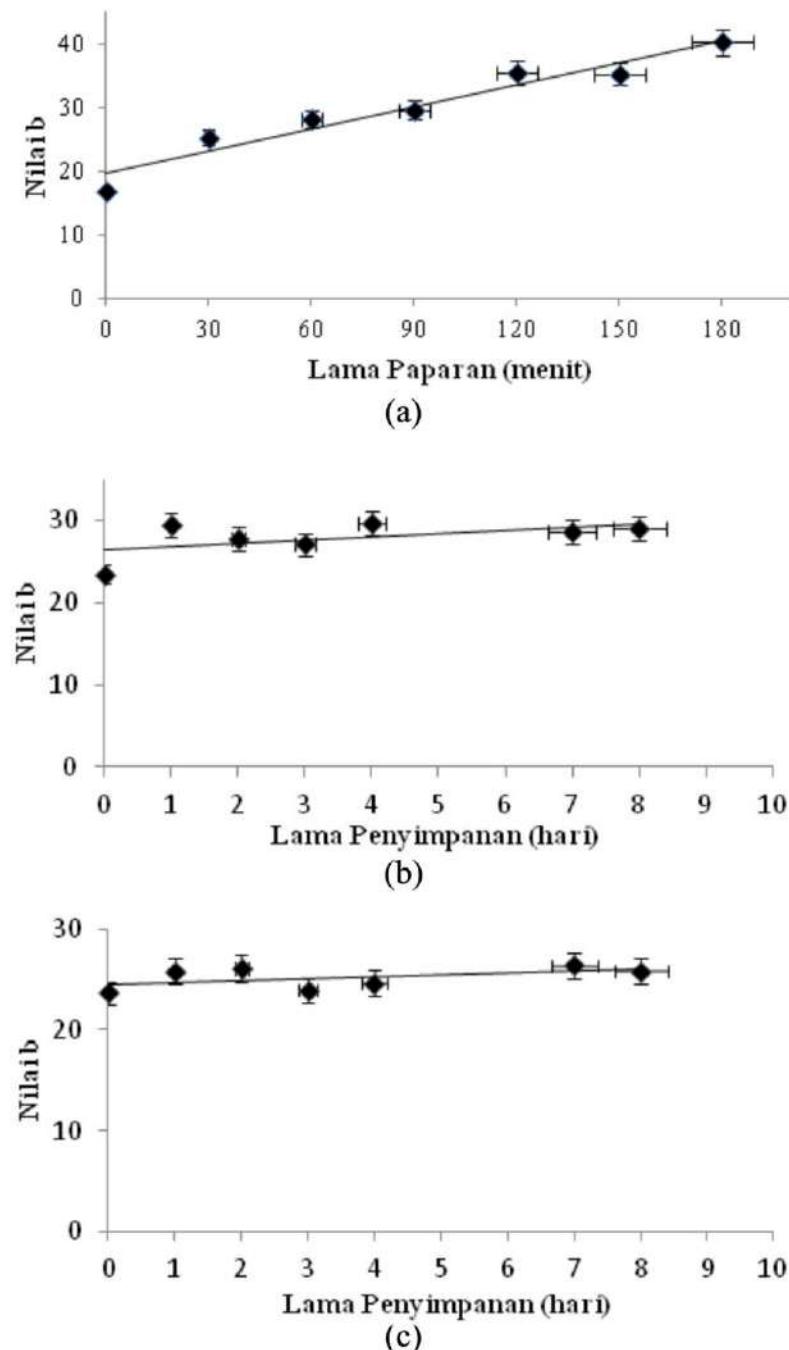
Tabel 3 Persamaan regresi dan nilai  $R^2$  dari grafik nilai a\* paparan matahari, suhu 3–5 °C, dan suhu -5-(-10) °C

Suhu penyimpanan	Persamaan regresi	Nilai $R^2$
Paparan matahari	$y = -0.134x + 44.35$	0.960
3–5 °C	$y = -0.684x + 34.94$	0.356
-5 - (-10) °C	$y = -0.316x + 36.95$	0.388

Dari table terlihat bahwa model linier sangat sesuai dengan perubahan warna label yang terpapar sinar matahari dengan koefisien 0,96. Namun demikian, pada penyimpanan suhu 3–5 °C dan -5-(-10) °C menghasilkan koefisiensi determinasi sebesar 0,356 dan 0,388. Pada penyimpanan dingin perubahan warna label berjalan lambat

### Nilai b

Perbandingan terbalik juga terjadi antara nilai a terhadap b. Berdasarkan gambar tersebut (Gambar 4), dapat dilihat bahwa nilai b hasil pengukuran cenderung meningkat walaupun dalam pengukuran suhu 3–5 °C dan suhu -5-(-10) °C data yang diperoleh cenderung naik turun. Parameter b adalah warna kromatik campuran biru–kuning dengan nilai +b (positif b) dari nol sampai 70 (kuning) dan nilai–b (negatif b) dari nol sampai 70 (biru) (Sumarto 2008). Nilai b memiliki pola data berbanding lurus dengan nilai L dan berbanding terbalik dengan nilai a. Peningkatan intensitas warna kuning (b) menunjukkan penurunan konsentrasi betasanin karena betasanin memberikan pengaruh warna merah yang lebih dominan dibandingkan warna kuning. Selain itu, peningkatan warna kuning juga menunjukkan peningkatan kerusakan betasanin.



Gambar 4 Grafik nilai  $b^*$  film indikator selama penyimpanan: (a) terpapar matahari; (b) suhu 3–5 °C dan (c) suhu -5–(-10) °C.

Berdasarkan data hasil pengukuran *Chromameter* tersebut (Gambar 4), dibuat persamaan regresi dan nilai  $R^2$  dari masing-masing grafik dan disajikan pada Tabel 4. Persamaan linier yang menghasilkan koefisien determinasi berturut-turut 0,937; 0,283; dan 0,247. Nilai  $b$  pada label indikator pada penyimpanan dengan paparan matahari berkorelasi positif tinggi model linier. Semakin tinggi

nilai b maka semakin lama waktu paparannya, begitu pula sebaliknya. Kemudian berdasarkan nilai *slope* yang dihasilkan perubahan derajat kekuningan pada paparan matahari meningkat rata-rata sebesar 0,116 setiap 30 menit.

Nilai korelasi ( $R^2$ ) dengan regresi linier yang rendah untuk penyimpanan pada suhu 3–5 °C dan -5-(-10) °C (sesuai dengan nilai a) disebabkan karena pada suhu dingin, perubahan warna label berjalan lambat sehingga diperlukan waktu yang cukup untuk memperoleh perubahan warna label yang konstan di akhir masa penyimpanan. Namun demikian, dapat dijelaskan bahwa model regresi yang dihasilkan pada kedua suhu penyimpanan tersebut memiliki hubungan positif rendah antara nilai b dengan lama penyimpanan. Peningkatan warna kuning pada sampel label indikator suhu-5-(-10) °C bergerak lebih lambat daripada suhu 3–5 °C, hal ini tercermin dari nilai *slope* yang hanya sebesar 0,183 setiap 1 hari.

Tabel 4 Persamaan regresi dan nilai  $R^2$  dari grafik nilai b\* paparan matahari, suhu 3–5 °C, dan suhu -5-(-10) °C

Suhu penyimpanan	Persamaan regresi	Nilai $R^2$
Paparan matahari	$y = 0.116x + 19.70$	0.937
3–5 °C	$y = 0.379x + 26.47$	0.283
-5 - (-10) °C	$y = 0.183x + 24.54$	0.247

## KESIMPULAN

Perubahan warna label indikator terjadi selama penyimpanan pada paparan matahari, suhu kulkas (3–5°C) dan suhu *freezer* (-5-(-10)°C). Tingkat kecerahan warna atau nilai L dari label semakin meningkat, diikuti dengan turunnya nilai a (derajat kemerah) dan naiknya nilai b (derajat kekuningan). Hasil pengukuran warna label menghasilkan koefisien determinasi L, a, b untuk paparan matahari sebesar 0,664; 0,960; 0,937; suhu kulkas (3–5 °C) sebesar 0,494; 0,356; 0,283; dan 0,072; 0,388; 0,247 untuk suhu *freezer* (-5-(-10) °C). Sementara pada pengukuran ketebalan koefisien determinasi pada paparan matahari, suhu kulkas (3–5 °C), dan suhu *freezer* (-5-(-10) °C) masing-masing 0,407; 0,838; dan 0,720; sedangkan pada pengukuran susut bobot menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0,543; 0,490; dan 0,272.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan pengukuran perubahan warna label pada suhu dingin (kulkas/freezer) sampai dicapai warna konstan. Oleh karena itu diperoleh jumlah data yang cukup untuk mendapatkan model kinetika yang sesuai dengan korelasi yang tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jendral Perguruan Tinggi (DIKTI) Tahun Anggaran 2013 melalui Hibah Penelitian Unggulan Strategis Nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahvenainen R. 2003. Active and intelligent packaging. Di dalam Ahvenainen R (ed). *Novel Food Packaging Techniques*. London : Woodhead Publishing. P5–21.
- Hasnedi YW. 2009. Pengembangan kemasan cerdas (*smart packaging*) dengan sensor berbahan dasar *chitosan-asetat*, polivinil alkohol, dan pewarna indikator *bromthymol blue* sebagai pendekripsi kebusukan *fillet* ikan nila. [Skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Jha SN. 2010. *Non Destructive Evaluation of Food Quality : Theory and practice*. New York. Springer : 17–40.
- Joshi P, Brimelow CJB. 2002. Color measurement of food by color reflectance. Di dalam MacDougall (ed). *Color in food*. London. Blackie Academic Prof. P244–309.
- Nofrida R, Warsiki E, Yuliasih I. 2013. Pengaruh suhu penyimpanan dan terhadap perubahan warna label cerdas indikator warna daun erpa (*Aerva sanguinolenta*). Jurnal Teknologi Industri Pertanian (In Press).
- Nurmawati R. 2011. Pengembangan metode pengukuran warna menggunakan kamera CCD (*Charge Coupled Device*) dan *image processing*. [Skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sumarto. 2008. Mempelajari pengaruh penambahan asam lemak dan Natrium benzoat terhadap sifat fisik, mekanik, dan Aktivitas antimikroba film edibel kitosan. [Skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Usman H, Akbar PS. 2008. *Pengantar Statistika*. Jakarta : PT Bumi Aksara.
- Warsiki E, Putri CW. 2012. Pembuatan Label/Film Indikator Warna Dengan Pewarna Alami dan Sintetis. *E-Jurnal Agroindustri Indonesia* 1(2): 82–87.

Warsiki E, Nofrida R, Yuliasih I. 2013a. Termometer Pintar Penjamin Mutu. 105 Inovasi Indonesia. Jakarta : *Bussiness Innovation Center* P18–19.

Warsiki E, Nofrida R, Yuliasih I. 2013b. Pemanfaatan ekstrak warna daun erpa (*Aerva sanguinolenta*) untuk label cerdas indikator warna. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 18(1): 15–19.

## KARAKTERISASI STRUKTUR NANO-TAPIOKA DAN APLIKASINYA DALAM BERAS ARTIFISIAL

(Characterization of Nano-Tapioca Structure and its Application In Artificial Rice)

Feri Kusnandar<sup>1)</sup>, Elvira Syamsir<sup>1)</sup>, Heni Herawati<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Dep. Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

<sup>2)</sup>Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian,  
Kementerian Pertanian

### ABSTRAK

Salah satu modifikasi tapioka adalah pengecilan struktur granula hingga ukuran nano. Nano-tapioka diharapkan memperbaiki karakteristik fisiko-kimia pati, salah satunya untuk memperbaiki sifat beras artifisial. Pengecilan ukuran dilakukan dengan hidrolisis enzimatis, perlakuan asam (*linterization*) atau secara fisik dengan penggilingan berenergi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik modifikasi tapioka (perlakuan asam, enzimatis dan fisik) terhadap pengecilan struktur granula; dan pengaruh aplikasi nano-tapioka pada karakteristik fisik beras artifisial jagung. Penelitian dilakukan dua tahap: pembuatan nano-tapioka dengan tiga metode; dan uji coba tapioka modifikasi pada beras artifisial jagung. Tapioka modifikasi dianalisis dengan difraksi sinar X, ukuran partikel PSA, dan SEM. Bahan baku dan produk dianalisis karakteristik proksimat, profil pasting, kadar pati, kadar amilosa dan tekstur. Hidrolisis dengan pengasaman menggunakan HCl 5% selama 5 jam menghasilkan granula yang umumnya masih utuh dengan ukuran relatif besar (belum mencapai nano). Walaupun demikian, terdapat granula berukuran kecil (diameter 781,8 nm). Pengecilan ukuran secara fisik menggunakan Ball Mill tiga siklus pada 1400 rpm menghasilkan partikel berukuran 871,1 nm. Perlakuan enzimatis menggunakan isoamilase selama 24 jam, menurunkan ukuran granula dengan distribusi 40,75–407,49 nm dan rata-rata 125,91 nm. Penambahan 5% tapioka modifikasi dalam beras artifisial jagung, menghasilkan butiran yang kompak, tidak lengket dan tidak mengembang (puffing) secara berlebihan.

Kata kunci: Teknologi nano, tapioka, beras artificial.

### ABSTRACT

One of the modification method of tapioca is the size reduction of the starch granular to nano particle. Nano-tapioca is expected to improve physicochemical characteristics of tapioca, which is expected to improve the qualities of artificial rice. Size reduction can be done by an enzymatic hydrolysis, acid treatment (*linterization*) or by physical treatment using a high-energy milling. This study aimed to determine the effect of acid, enzymatic and physical treatments against the size reduction of starch granular structure; and its effect on the physical characteristics of the artificial corn rice. The study was conducted two phases, ie the production of nano-tapioca with the above methods; and its application on artificial rice made from corn. The modified tapioca was analyzed by X-ray diffraction, particle size analyzer (PSA), and Scanning Electron Microscope (SEM). Raw materials and of artificial either addition of size reduced tapioca was analyzed in terms of proximate characteristics, pasting profile, starch content, amylose content and texture. Acidification applying 5% HCl for 5 hours resulted in starch granules that were generally still intact with relatively large size (not yet reached the nano size). Nevertheless, there were some small sized granules (diameter 781.8 nm). Physical size reduction using a Ball

Mill three cycles at 1400 rpm produced particle size of 871.1 nm. Enzymatic treatment using isoamilase for 24 hours produced granule size distribution from 40.75 to 407.49 nm with average of 125.91 nm. The addition of 5% in modified tapioca in artificial rice yielded compact, not sticky and did not puff excessively.

Keywords: Nano technology, tapioca, artificial rice.

## PENDAHULUAN

Tapioka merupakan salah satu bahan pangan sumber karbohidrat yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi produk lain yang mempunyai nilai tambah. Salah satu pengembangan tapioka yang dapat dilakukan adalah dengan memperkecil ukuran struktur granula pati tapioka hingga ukuran nano. Perubahan struktur granula pati ke tingkat nano diharapkan dapat diaplikasikan dalam memperbaiki karakteristik fisiko-kimia pati, terutama yang terkait dengan struktur kristal dan pola kristalinitas pati yang dihasilkan, diantara aplikasinya adalah memperbaiki kristalinitas beras artifisial.

Pembentukan struktur nano dapat dilakukan dengan cara pengecilan ukuran granula pati dengan hidrolisis parsial menggunakan enzim yang sesuai, perlakuan asam (*linterization*) atau secara fisik dengan penggilingan menggunakan energi tinggi. Modifikasi pati maizena, kentang dan gandum dengan teknik hidrolisis parsial menggunakan asam pada suhu 50 °C dan dikeringbekukan telah dilakukan oleh Cai *et al.* 2012. Teknik ini mengubah ukuran dari bagian kristalin pati gandum menjadi 11,5 nm, maizena menjadi 10,9 nm dan kentang menjadi 10,4 nm. Proses juga menyebabkan perubahan pola kristalinitas dari tipe B menjadi tipe A. Penelitian yang dilakukan oleh Cai dan Shi 2010 juga menunjukkan bahwa proses hidrolisis pati dapat meningkatkan kadar RS. Kadar RS meningkat dengan pengecilan ukuran pati hingga mencapai ukuran kristal nano meter.

Beberapa peneliti terdahulu (Herawati *et al.* (2011); Widowati *et al.* (2008), Herawati dan Widowati (2009) telah mengembangkan teknologi pembuatan beras artifisial dari ubi kayu dan ubi jalar dengan menggunakan teknologi proses ekstrusi. Akan tetapi, kualitas tekstur dan kekompakkan beras artifisial yang dihasilkan masih belum dapat menyerupai beras. Pengecilan ukuran hingga ke struktur nano diharapkan dapat meningkatkan daya ikat pati. Dengan demikian,

aplikasi pati nano sebagai pengikat pada beras artifisial diharapkan dapat mengatasi keterbatasan dari proses strukturisasi beras artifisial.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui pengaruh beberapa teknik modifikasi pati tapioka (perlakuan asam, enzimatis dan fisik) terhadap pengecilan struktur granula pati hingga ukuran nano; dan (2) mengetahui pengaruh aplikasi nano-tapioka dalam memperbaiki karakteristik fisik beras artifisial berbasis tepung jagung.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan meliputi: tepung jagung, tapioka, HCl, asam asetat, KOH, enzim isoamilase, enzim alfa amilase, NaOH, etanol, fehling A dan B, amilosa murni, dan bahan untuk analisa proksimat. Produksi beras artifisial dilakukan dengan proses ekstrusi menggunakan twin ekstruder. Instrumen analisis yang digunakan adalah Rapid Visco Analyzer (RVA), X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM) dan Particle Size Analyzer (PSA).

Penelitian mencakup dua hal, yaitu (1) proses modifikasi untuk menghasilkan struktur granula pati tapioka ke ukuran nano dengan beberapa teknik (perlakuan asam, enzimatis dan fisik); dan (2) ujicoba aplikasi nano-tapioka dalam formulasi beras artifisial berbasis jagung dan mengetahui pengaruhnya, terutama terhadap stabilitas fisik dari beras artifisial yang dihasilkan. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- **Perlakuan Hidrolisis Parsial dengan Asam**

Teknologi hidrolisis parsial tapioka mengacu pada metode Erungan (1991). Dalam penelitian ini dilakukan proses modifikasi hidrolisis parsial menggunakan asam klorida (HCl) pada suhu 50 °C dengan menggunakan kombinasi perlakuan konsentrasi asam yang digunakan (1, 2, 5 dan 7%) dan perlakuan waktu hidrolisis (1, 3, 5 dan 6 jam). Tapioka ditambahkan ke dalam larutan asam klorida dengan konsentrasi sesuai perlakuan, lalu dilakukan proses hidrolisis pada suhu 50 °C dengan waktu proses sesuai perlakuan. Selama proses hidrolisis dilakukan proses pengadukan. Pati lalu disaring dengan penyaringan vakum dan menggunakan kertas sharing whatman. Pati yang diperoleh kemudian dikeringkan di dalam oven

pada suhu 50 °C. Pemilihan pati untuk analisis lebih lanjut didasarkan pada warna pati yang dihasilkan. Pati yang diinginkan adalah yang berwarna putih (tidak mengalami reaksi pencokelatan).

Analisis yang dilakukan terhadap hasil dari perlakuan terpilih adalah pengamatan distribusi ukuran partikel dengan PSA, penampakan struktur granula dengan SEM dan pola kristalinitas dengan XRD.

- **Perlakuan Hidrolisis Enzimatis**

Teknik hidrolisis secara enzimatis dilakukan dengan menggunakan enzim isoamilase, mengacu pada Cai dan Shi 2010. Tapioka (150 gram) dicampur dengan aquades 600ml. Larutan kemudian diturunkan pH-nya menjadi 4 dengan menambahkan 0,5 N HCl serta pemanasan pada suhu 115–120 °C selama 10 menit dan pendinginan pada suhu 50 °C. Reaksi enzimatis dilakukan dengan menggunakan 0,5% isoamilase basis tapioka. Larutan kemudian diaduk pada suhu 50 °C, dengan perlakuan lama waktu proses 3, 6, 12 dan 24 jam. Sampel yang telah diperoleh, kemudian dikeringkan dengan oven 50 °C selama 24 jam. Berdasarkan hasil penelitian, dipilih pati yang memiliki karakteristik fisik yang baik dengan lama waktu hidrolisis yang paling lama. Analisis yang dilakukan terhadap perlakuan terpilih adalah pengamatan distribusi ukuran partikel dengan PSA, penampakan struktur granula dengan SEM dan pola kristalinitas dengan XRD.

- **Perlakuan Fisik (Penggilingan)**

Reduksi ukuran tapioka secara fisik dilakukan dengan Ball Mill HEM-E3D High Energy Milling Ellipse 3D Motion 220 V, 1 KVA. Pada tahap ini dilakukan perlakuan yang meliputi 3 siklus proses, masing-masing dengan kecepatan 1400 rpm. Waktu proses untuk siklus pertama, kedua dan ketiga berturut-turut adalah 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Analisis yang dilakukan adalah distribusi ukuran partikel dengan PSA, penampakan struktur granula dengan SEM dan pola kristalinitas dengan XRD.

- **Aplikasi Nano-tapioka Dalam Beras Artifisial Berbasis Jagung**

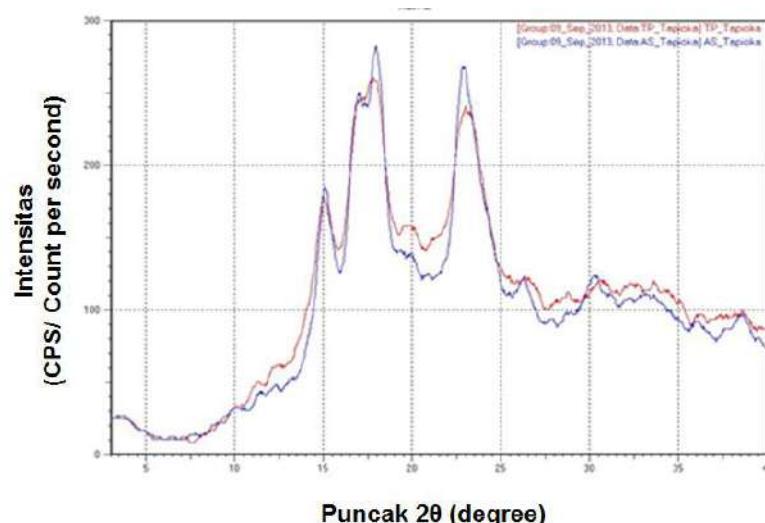
Pembuatan beras artifisial menggunakan bahan baku utama tepung jagung putih. Ke dalam formulasi beras artifisial ditambahkan tepung jagung putih 76%,

tapioka 10%, nano tapioka 10%, GMS 2%, dan Na alginat 1%. Proses ekstrusi dilakukan pada suhu 95 °C; kecepatan putaran screw auger 50 Hz, screw 50 Hz, dan cutter 24 Hz. Nano-tapioka yang digunakan adalah hasil dari hidrolisis asam 5% selama 5 jam, hidrolisis enzimatis selama 24 jam dan destruksi fisik. Analisis yang dilakukan meliputi tekstur dan karakteristik pemasakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hidrolisis Parsial dengan Asam

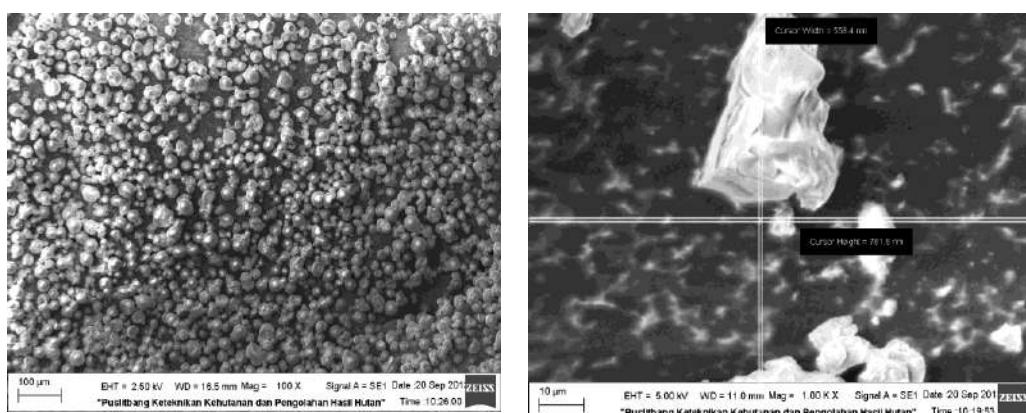
Analisis difraksi sinar X (Gambar 1) menunjukkan bahwa proses hidrolisis dengan HCl 5% selama 5 jam tidak menyebabkan perubahan struktur kristalin tapioka, walaupun intensitas difraksinya berubah. Tapioka alami dan hasil hidrolisis asam menunjukkan struktur kristalin tipe A. Puncak 20 dari tapioka hasil hidrolisis HCl lebih runcing dibandingkan dengan tapioka alaminya. Kristalinitas pati meningkat dengan proses hidrolisis, dari 32,13% (tapioka alami) menjadi 41,48%. Perubahan intensitas difraksi dan kristalinitas ini mengindikasikan terjadinya pengaturan ulang dari daerah kristalin pati. Kim *et al.* (2012) juga telah melaporkan bahwa proses hidrolisis asam dengan menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tidak mengubah kristalin pati tipe A (maizena normal dan maizena waxy) dan sedikit meningkatkan kristalinitas maizena waxy.



Gambar 1 Difraksi sinar X tapioka hasil hidrolisis asam 5% selama 5 jam (biru) dibandingkan dengan tapioka alami (merah).

Profil SEM dari tapioka hasil hidrolisis HCl 5% selama 5 jam dibandingkan dengan tapioka alami ditampilkan pada Gambar 2. Tapioka alami memiliki granula yang utuh dengan ukuran granula terkecil sekitar 6 mikro meter. Sebagian kecil dari pati hasil hidrolisis HCl 5% selama 5 jam berbentuk serpihan dengan diameter 781,8 nano meter dan sebagian besar masih berbentuk granula utuh.

Analisa PSA (particle size analyzer) tidak dapat dilakukan untuk sampel tapioka hasil hidrolisis asam. Hal ini diduga karena alat tidak sensitif untuk partikel berukuran lebih dari 1 mikrometer. Dari sini dapat disimpulkan bahwa serpihan sangat kecil dengan ukuran diameter sampai dengan 781,8 nm yang terlihat pada saat analisis SEM jumlahnya relatif sedikit. Secara keseluruhan ukuran masih cukup besar sehingga tidak dapat dibaca oleh PSA dalam rentang ukuran nano meter.

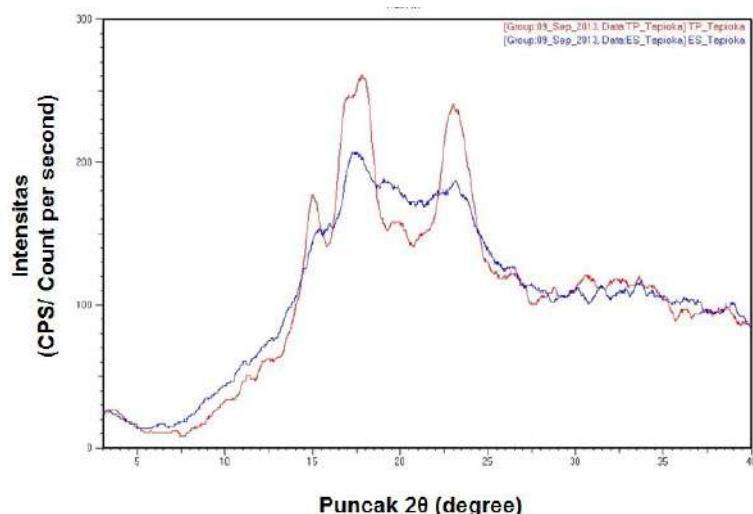


Gambar 2 Hasil Analisis SEM untuk (a) Granula pati tapioka alami (tanpa modifikasi); (b) Granula pati tapioka dengan perlakuan asam 5% selama 5 jam.

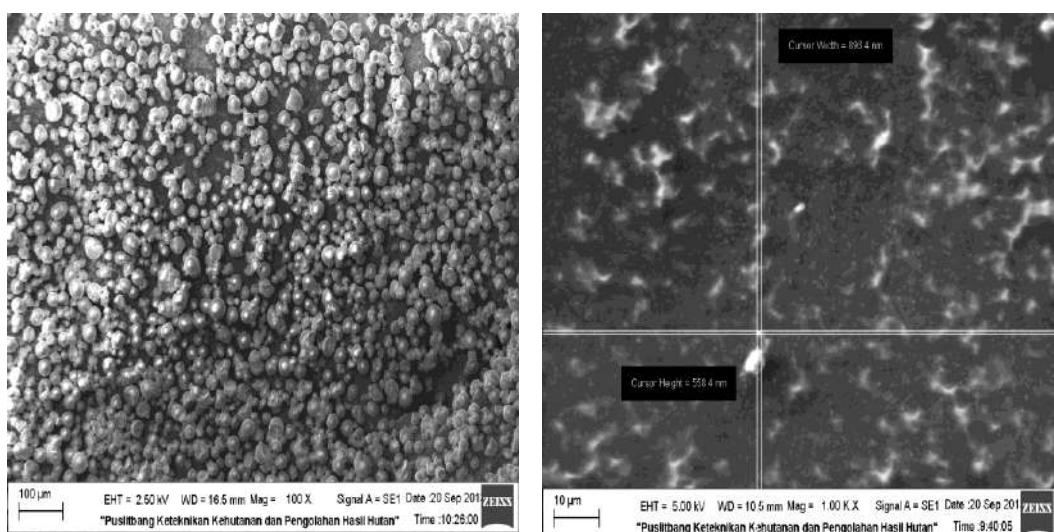
### Hidrolisis Secara Enzimatis

Analisis difraksi sinar X menunjukkan bahwa tapioka hasil hidrolisis enzimatis selama 24 jam memiliki puncak 20 yang berbeda dengan tapioka alaminya. Perubahan pola kristalinitas ini mengindikasikan terjadinya pengaturan ulang daerah kristalin pati (Gambar 3). Kristalinitas tapioka menurun dari 32,13% (tapioka alami) menjadi 27,10% (tapioka hasil hidrolisis enzim 24 jam). Penelitian Kim *et al.* (2008) melaporkan terjadinya penurunan intensitas difraksi pada pati beras waxy yang dihidrolisis dengan  $\alpha$ -amilase selama 24 jam yang mengindikasikan terjadinya erosi daerah kristalin.

Seperti halnya hidrolisis asam, maka proses hidrolisis enzim juga akan menghasilkan kristal pati nano (Le Corre *et al.* 2010). Analisis SEM (Gambar 4) menunjukkan bahwa dari hidrolisis enzimatis selama 24 jam diperoleh serpihan pati dengan diameter 558,4 nano meter. Ukuran ini lebih kecil dari yang diperoleh melalui hidrolisis asam.



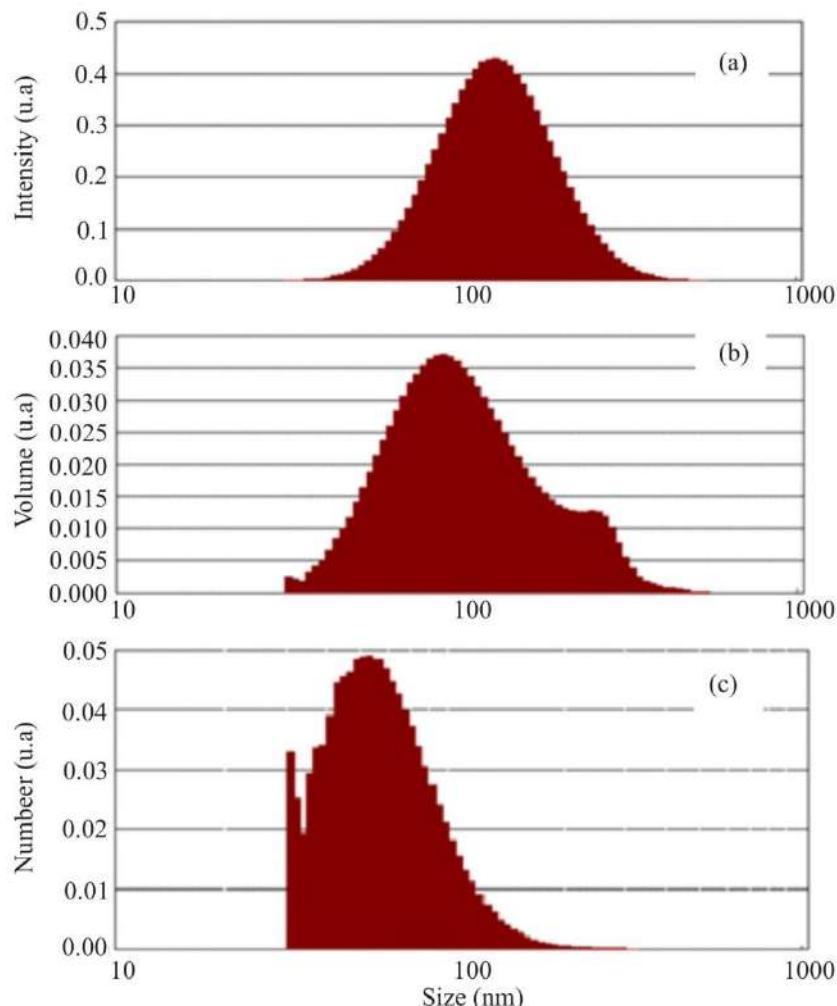
Gambar 3 Difraksi sinar X tapioka hasil hidrolisis isoamilase 0,5% selama 24 jam dibandingkan dengan tapioka alami.



Gambar 4 Hasil Analisa SEM untuk (a) Granula pati tapioka alami (tanpa modifikasi); (b) Granula tapioka modifikasi dengan enzim isoamilase 0,5% selama 24 jam.

Dilihat dari distribusi ukuran partikelnya (Gambar 5), sebaran ukuran partikel tapioka hasil analisis enzimatis selama 24 jam adalah 40,75–407,49 nm dengan ukuran rata-rata 125,91 nm. Waktu hidrolisis enzimatis mempengaruhi

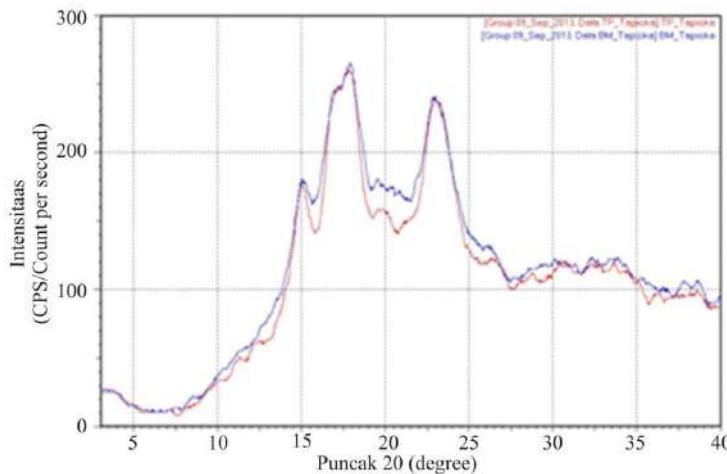
distribusi ukuran partikel. Pada pati beras waxy, partikel pati nano (500 nm) terutama diperoleh pada lama waktu hidrolisis kurang dari 24 jam. Proses hidrolisis 24 jam menyebabkan partikel berukuran besar lebih banyak dijumpai. Hal ini diduga karena terjadinya agregasi fragmen pati (Kim et al, 2008).



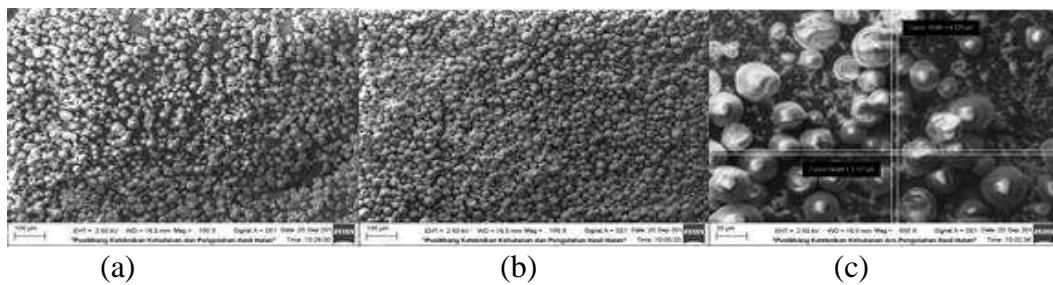
Gambar 5 Hasil analisa Size dengan Particle Size Analyzer: Berdasarkan intensitas (a); berdasarkan volume (b) dan berdasarkan nomor (c).

### Hidrolisis Secara Fisik

Analisis difraksi sinar X (Gambar 6) menunjukkan bahwa pola kristalinitas tapioka hasil destruksi fisik mirip dengan tapioka alami. Akan tetapi, destruksi fisik menurunkan kristalinitas 32,13% (pati alami) menjadi 25,88% (pati modifikasi). Proses mekanis menyebabkan sebagian granula pecah membentuk serpihan-serpihan kecil, seperti ditunjukkan oleh analisis SEM (Gambar 7). Sementara itu, sebagian yang lain masih utuh dengan ukuran sekitar 3,127 mikron.



Gambar 6 Difraksi sinar X tapioka hasil destruksi fisik menggunakan ball mill dibandingkan dengan tapioka alami.



Gambar 7 Hasil Analisa SEM Granula Pati Tapioka (a) Alami (tanpa modifikasi perbesaran 100 x; (b) Hasil modifikasi fisik dengan alat Ball Mill perbesaran 100x (c) Hasil modifikasi fisik dengan Ball Mill pada perbesaran 500 x.

Intensitas perlakuan mekanis yang diberikan berpengaruh terhadap ukuran rata-rata dan distribusi ukuran pati yang dihasilkan. Proses mekanis 3 siklus dengan waktu proses 4 jam menghasilkan ukuran rata-rata terkecil (871,1 nm) dengan distribusi ukuran yang luas, yaitu  $871,1 \pm 535,1$  nm (Tabel 1). Chen *et al.* (2010) melaporkan bahwa proses penggilingan selama 30 menit mengecilkan ukuran pati jagung dari 9610 nm menjadi 260 nm dan diperoleh pula partikel pati berukuran kurang dari 100 nm.

Tabel 1 Hasil analisa PSA untuk Tapioka dengan perlakuan penggunaan Ball Mill

Perlakuan	Polidispersity Index	Ukuran (nm)
Siklus 1, 1400 rpm, selama 2 jam	0,152	$2114,3 \pm 223,9$
Siklus 2, 1400 rpm, selama 3 jam	0,347	$1582,0 \pm 164,4$
Siklus 3, 1400 rpm, selama 4 jam	0,532	$871,1 \pm 535,1$

## Aplikasi Nano-tapioka dalam Beras Artifisial

Uji coba pembuatan beras jagung artifisial dilakukan dengan menggunakan tepung jagung dan tapioka yang belum dimodifikasi dengan beberapa kombinasi komposisi bahan untuk memperoleh butiran beras dengan mutu yang baik. Kriterianya adalah: terbentuk butiran yang terpisah satu sama lain, tidak saling lengket, dan tidak mengalami puffing yang berlebihan.

Dari proses uji coba diketahui bahwa komposisi bahan akan mempengaruhi proses pembentukan butiran beras. Penggunaan tapioka lebih dari 10% menyebabkan kelengketan adonan meningkat sehingga butiran beras tidak dapat dibentuk. Kondisi formula optimal yang diperoleh yaitu penggunaan 10% tapioka, 2% GMS, 1% Na alginat dan sisanya tepung jagung. Proses ekstrusi maksimal dilakukan pada suhu 95 °C; kecepatan putaran screw auger 50 Hz, screw 50 Hz, dan cutter 24 Hz.

Uji coba lebih lanjut dilakukan untuk melihat pengaruh dari teknik penepungan terhadap karakteristik beras artifisial yang dihasilkan. Parameter produk yang diamati adalah keseragaman ukuran, rasio pengembangan, derajat putih, waktu hidrasi, rasio hidrasi dan tekstur.

Ukuran beras artifisial yang dibuat dengan tepung jagung dry mill (DM) sedikit lebih besar dari beras yang dibuat dengan tepung jagung alkali cooked mill (ACM). Tepung jagung DM juga menghasilkan beras artifisial dengan derajat putih dan kecerahan (nilai L) yang sedikit lebih tinggi dibandingkan tepung jagung ACM (Tabel 2).

Tabel 2 Ukuran dan warna beras artifisial instan

Jenis Sampel	Ukuran (mg/butir)	Warna			
		L	a	b	Derajat putih
DM 1	20,06	70,22	-0,70	19,36	64,46
DM 2	21,22	69,67	-0,45	19,95	63,69
ACM 1	19,55	64,32	0,26	20,37	58,91
ACM 2	20,88	69,94	-0,46	18,89	64,49

Selama pemasakan, beras artifisial menggunakan tepung DM memiliki rasio pengembangan yang sedikit lebih tinggi, waktu rehidrasi yang sedikit lebih pendek dan rasio hidrasi yang lebih tinggi dibandingkan beras artifisial tepung ACM (Tabel 3). Perbedaan ini diduga disebabkan oleh terjadinya modifikasi pati karena kondisi alkali (perendaman dalam larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) pada penepungan

dengan teknik ACM. Analisis tekstur menunjukkan bahwa nasi dari beras jagung artifisial memiliki karakter lengket yang lebih rendah dari nasi beras. Tepung DM menghasilkan nasi jagung artifisial yang lebih tidak lengket (lebih pera) dibandingkan tepung ACM. Kekerasan nasi dari beras artifisial menggunakan tepung DM lebih rendah dibandingkan nasi dari beras, sementara kekerasan nasi dari beras artifisial tepung ACM mendekati nasi dari beras (Tabel 4).

Tabel 3 Karakteristik pemasakan beras jagung artifisial

Sampel	Rasio pengembangan	Waktu hidrasi (menit)	Rasio hidrasi (%)
DM1	158,33	16	189,11
DM 2	150,00	14	205,88
ACM 1	150,00	18	141,00
ACM 2	150,00	19	139,48

Tabel 4 Karakteristik tekstur (hardness dan stickiness) beras artifisial

Sampel	Hardness (g)	Stickiness (g)
Beras Biasa	386,1	41,8
DM1	256,9	9,7
DM 2	347,4	11,7
ACM 1	369,5	18,3
ACM 2	409,5	11,3

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka untuk implementasi lebih lanjut, dilakukan pembuatan beras artifisial dengan tepung jagung dan nano tapioka. Total tapioka yang digunakan 10% dari adonan dengan rasio tapioka alami dan tapioka nano 1:1. Dari hasil penelitian, penggunaan ketiga jenis tapioka pada tingkat substitusi masing-masing 5% dapat diperoleh butiran beras dengan kualitas mutu yang sangat baik, terlihat dari penampakan butiran beras yang kokoh, tidak lengket satu sama lain, serta tidak mengalami puffing yang berlebihan (Gambar 8).



Gambar 8 Beras yang disubstitusi 5% (1) Tapioka enzimatis 24 jam; (2) tapioka perlakuan Ball Mill; (3) Tapioka hidrolisis HCl 5% selama 5 jam.

## KESIMPULAN

Teknik penepungan jagung secara dry mill maupun cooked mill relatif menghasilkan karakteristik yang tepung yang sama. Dengan demikian, metode penepungan dengan metode dry mill sudah memadai untuk menghasilkan tepung jagung yang diinginkan. Metode pengecilan ukuran granula pati tapioka hingga ke tingkat nano memberikan respon yang berbeda-beda pada ketiga teknik yang diujikan. Metode hidrolisis pati tapioka dengan pengasaman secara parsial dengan menggunakan HCl 5% selama 5 jam menghasilkan granula pati yang pada umumnya masih utuh dan berukuran masih cukup besar (belum mencapai ukuran nano). Namun demikian, di antara granula pati yang diproses dengan perlakuan tersebut ditemukan yang memperlihatkan granula berukuran kecil dengan diameter 781,8 nm. Pengecilan ukuran secara fisik dengan menggunakan Ball Mill dengan 3 siklus proses pada kecepatan 1400 rpm menghasilkan partikel berukuran 871,1 nm. Perlakuan secara enzimatis dengan menggunakan enzim isoamilase selama 24 jam, menurunkan ukuran granula dengan distribusi ukuran berkisar 40,75–407,49 nm dan rata-rata 125,91 nm.

Penambahan tapioka yang sudah mengalami pengecilan ukuran hingga ke struktur nano sebanyak 5% memberikan pengaruh terhadap mutu beras artifisial jagung, terutama menghasilkan granula butiran beras yang kompak, tidak lengket dan tidak mengembang (puffing) secara berlebihan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cai L, Cheng SY, Rong L, Hsiao BS. 2010. Debranching and crystallization of waxy maize starch in relation to enzyme digestibility. *Carbohydrate Polymers*. 81: 385–393.
- Cai L, Shi YC. 2010. Structure and digestibility of crystalline short-chain amylose from debranched waxy wheat, waxy maize and waxy potato starches. *Carbohydrate Polymers* 79, 1117e1123.
- Cai L, Yanjie B, Shi YC. 2012. Study on melting and crystallization of short-linear chains from debranched waxy starches by in situ synchrotron wide-angle X-ray diffraction. *Journal of Cereal Science* xxx. (2012) 1–7.
- Chen CJ, Shen YC, Yeh AI. 2010. Physico-chemical characteristics of media-milled corn starch. *J. Agric. Food Chem.* 58(16): 9083–9091.

- Herawati H, Widowati S. 2009. Karakteristik Beras Mutiara dari Ubi Jalar (*Ipomea batatas*). *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. 5(1):39–48.
- Herawati H, Arif A, Oktaviani K, Widowati S. 2011. Karakteristik beras artifisial berbasis ubikayu dan kedelai. Disampaikan pada Seminar Nasional Teknologi Pascapanen 2011, Bogor.
- Kim HY, Lee JH, Kim JY, Lim WJ, Lim ST. 2012. Characterization of nanoparticles prepared by acid hydrolysis of various starches. *Starch/Stärke* 64: 367–373.
- Kim JY, Park DJ, Lim ST. 2008. Fragmentation of waxy rice starch granules by enzymatic hydrolysis. *Cereal Chem.* 85(2): 182–187
- Le Corre D, Bras J, Dufresne A. 2010. Starch nanoparticles: a review. *Biomacromolecules*, 11(5): 1139–1153
- Widowati S, Richana N, Suismono, Herawati H. 2008. Pengembangan Pangan Pokok Berbasis Pangan Lokal. Laporan Akhir Tahun Rencana Penelitian Tim Peneliti T.A. 2008. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.

## RANCANGAN OUTLET IRIGASI PIPA PADA PETAK SAWAH (Irrigation Outlet Design of Pipe Irrigation System in Rice Plot)

**M. Yanuar J. Purwanto<sup>1)</sup>, Erizal<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Pusat Pengembangan Ilmu Teknik untuk Pertanian Tropika (CREATA), LPPM IPB

<sup>2)</sup>Dep. Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

### ABSTRAK

Irigasi pipa merupakan prasyarat untuk pelaksanaan precision farming di lahan sawah beririgasi. Pengembangan irigasi pipa sangat menguntungkan selain biaya yang lebih murah dibandingkan dengan pasangan semen, irigasi pipa dapat meningkatkan efisiensi irigasi secara signifikan. Salah satu tahap penting dalam pengembangan alat ukur dan otomatisasi adalah pembuatan rancangan outlet irigasi pipa petakan sawah. Rancangan dikembangkan dari sebuah keran tipe floating yang ada di pasaran yang dirakit pada sebuah sistem outlet irigasi pipa petakan sawah. Besarnya debit outlet air irigasi diuji dengan melalukan perhitungan debit untuk volume bak kolakan. Besarnya volume ini dihitung dengan jumlah evapotranspirasi pada tanaman di petakan sawah. Perancangan keran outlet irigasi pipa otomatis berhasil didesain dengan memperhatikan kebutuhan air tanaman dan debit outlet yang dihasilkan oleh keran pengatur keseragaman aliran. Rancangan alat outlet pipa otomatis dihitung berdasarkan hukum Archimedes yang berlaku pada pelampung didalam unit outlet yang bekerja sesuai dengan setup unit di bak out pipa dengankedalaman pelampung tertentu. Dari hasil kalibrasi dilapangan menunjukkan bahwa unit outlet dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan air irigasi yang diperlukan dalam petak sawah yang diairi.

Kata kunci: Outet, irigasi pipa, petak sawah.

### ABSTRACT

Pipe irrigation system is a prerequisite for the implementation of precision farming. High irrigation efficiency and lower cost compared to masonry are the advantages of pipe irrigation system. One important step in the development of measuring instruments and automation is designing the irrigation outlet pipes mapped fields. Material design was originated from a floating type sold in the market, than it was assembled in the outlet unit of the pipe irrigation system. The discharge of irrigation water tested with discharge for the total outlet volume, which is representing total crops evapotranspiration in the rice plot. The design of the outlet pipe calculated based on the Archimedes law in the outlet unit which works according to the the outlet box. Designing irrigation outlet of the pipe system was designed successfully to fulfill crop water requirement in the paddy plot. Two component of design are total water requirement and equally specific head of each outlet that generated by set up of the flow tap. Calibration in the field indicates that the outlet unit can work according to the needs of irrigation water required in irrigated rice plot.

Keywords: Outlet, pipe irrigation, rice plot.

### PENDAHULUAN

Potensi lahan sawah beririgasi sebagai sumber lumbung pangan nasional sangat strategis. Permasalahannya adalah banyaknya jaringan irigasi di tingkat

tersier mengalami kerusakan sehingga efisiensi irigasinya sangat rendah, mendekati 50%. Hal ini disebabkan adanya bocoran dan biaya perawatan saluran tersier yang sangat tinggi. Perbaikan dengan saluran pasangan semen memerlukan biaya sangat mahal.

Pada umumnya saluran irigasi di Indonesia adalah saluran irigasi tanah. Faktanya walaupun dengan kondisi saluran yang optimal, efisiensi penyaluran air irigasi tingkat tersier di Indonesia hanya sebesar 77,5% (PU, 2010). Kondisi ini harus ditingkatkan agar kebutuhan pangan yang semakin meningkat dapat terpenuhi seiring meningkatnya jumlah penduduk. Menurut data BPS (2010) Indonesia memiliki jumlah penduduk 237.556.363 jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 1,49% per tahun dan konversi lahan pertanian menjadi pemukiman. Di sisi lain produksi pangan akan menurun seiring meningkatnya konversi lahan pertanian menjadi pemukiman. Selama periode 1993–2003, konversi lahan pertanian non-perkebunan besar mencapai 1,28 juta hektar (Lokollo *et al.* 2007).

Salah satu solusi yang dapat diambil dalam meningkatkan efisiensi irigasi adalah dengan menggunakan prasarana irigasi yang lebih memadai seperti prasarana irigasi pipa. Manfaat teknologi irigasi pipa antara lain mengefisienkan atau meminimalisasikan kehilangan air di saluran dan tampungan di lahan kering untuk meningkatkan indek pertanaman dalam skala kecil sesuai dengan daya tampung air ataupun debit aliran irigasi yang ada. Hal ini juga memotivasi dinamika kelembagaan untuk mengelola jaringan irigasi pipa maupun aktivitas lainnya (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta, 2008). Selain itu diatas saluran irigasi pipa dapat dibangun jalan usaha tani untuk memperlancar mobilitas alat dan mesin pertanian.

Irigasi pipa dijamin tidak bocor sehingga dapat meningkatkan efisiensi irigasi secara signifikan. Hasil penelitian IMHERE menunjukkan bahwa efisiensi jaringan pipa mencapai 95%. Apabila penelitian ini diteruskan untuk dapat diadopsi petani maka selain dapat meningkatkan efisiensi irigasi juga akan dapat memperluas areal tanam petani. Permasalahannya adalah pengoperasian pembagian air dengan irigasi pipa belum dapat dilakukan oleh petani secara tepat.

Selain itu dalam rangka aplikasi pertanian presisi maka perlu dirancang sistem pengaliran air irigaasi dari jaringan perpipaan ke petak sawah.

Pada tahun 2010–2012 peneliti telah melaksanakan penelitian program IMHERE B2C dengan tema pengelolaan lahan dan air. Dalam penelitian tersebut dihasilkan pengembangan irigasi perpipaan sesuai dengan kebutuhan petani, dan model pengembangan irigasi perpipaan yang telah diadopsi oleh petani di Cianjur. Pada sistem irigasi perpipaan tersebut belum mempunyai deasin outlet ke petakan sawah, sehingga untuk membuka dan menutup air irigasi dari pipa masih dilakukan secara manual dengan menutup lubang pipa outlet. Peta jalan penelitian irigasi perpipaan disajikan pada Lampiran. Penelitian ini akan menghasilkan rancangan outlet irigasi pipa tersebut sehingga air irigasi dapat mengalir secara otomatis.

Untuk mengantisipasi masalah kompetisi tersebut, pelaksanaan hemat air adalah solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan air yang melunjak tersebut. Pada keadaan ketersediaan air yang tetap saat ini, alokasi air sejumlah lebih dari 75% air permukaan dikonsumsi untuk pertanian, khususnya di lahan padi sawah, sehingga upaya penghematan air untuk tanaman padi tanpa mempengaruhi hasil panennya patut digalakkan. Pengembangan pengelolaan air padi sawah yang berorientasi pada teknologi hemat air dan pembangunan agroindustri sudah sangat mendesak untuk menjawab tantangan pemenuhan kebutuhan air yang semakin meningkat dan kompetitif.

Hardjoamidjojo (1982) mengemukakan bahwa hasil panen relatif mempunyai koprelasi yang baik terhadap nilai total cekaman air harian, sedangkan Purwanto *et al.* (1993) mengemukakan bahwa terdapat selang optimum yang harus dipertahankan agar pertumbuhan dan hasil panen tanaman tidak terganggu adanya cekaman air. Dari hasil temuan tersebut dapat dikemukakan bahwa pengelolaan air secara hemat air akan berhasil apabila operasi pemberian air dapat meminimumkan cekaman air sehingga tanaman memberikan hasil yang tetap tinggi. Usaha penghematan air dapat secara nyata dilaksanakan apabila keseimbangan air di petakan dapat dievaluasi dengan analisis cekaman air dan pengaruhnya terhadap hasil panen.

Pengelolaan air secara konvensional masih berdasarkan pada komponen kebutuhan air tanaman yang tetap berdasarkan nilai evapotranspirasi, kehilangan air di petak lahan (faktor lahan dan tersier) dan kehilangan air di saluran (Purwanto *et al.* 1997). Sedangkan analisis secara mendalam mengenai besarnya nilai evapotranspirasi terhadap perubahan kelembaban tanah menunjukkan bahwa adanya fluktuasi nilai evapotranspirasi yang pada gilirannya mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan hasil. Adanya usaha hemat air, maka fluktuasi kelembaban tanah sangat menentukan dalam keberhasilan pengelolaan air untuk meningkatkan intensitas tanam, memperluas areal tanam dan pada gilirannya akan meningkatkan pendapatan petani. Fluktuasi yang optimal untuk pertumbuhan air seharusnya menjadi dasar rancangan outlet irigasi pipa pada petak sawah.

Tujuan penelitian ini adalah merancang outlet irigasi pipa untuk pengembangan irigasi pipa dalam rangka pelaksanaan pertanian presisi di jaringan irigasi tingkat tersier. Sedangkan sebagai keluaran penelitian adalah menyusun prosedur rancangan untuk memdesain sebuah unit outlet irigasi pipa pada petakan sawah dan materi bahan kuliah irigasi di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilaksanakan di petak percobaan di University Farm Cikarawang, IPB. Lokasi ini merupakan model pengelolaan lahan dan air untuk system irigasi sawah organik. Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei sampai dengan Oktober 2013, bahan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Outlet irigasi pipa otomatis, merupakan unit outlet irigasi pipa yang terdiri dari:
  - a. Pipe outlet dari jarigan perpipaan dilengkapi dengan alat ukur debit pipa
  - b. Keran tipe pelampung
  - c. Bak outlet seperti rancangan pada Gambar 1.
2. Petak lahan sawah:
  - a. Petak percobaan di lokasi University Farm Cikarawang, IPB yang sudah dibangun fasilitas prasarana irigasi dan jalan usahatani yang menjadi model lahan contoh untuk pengelolaan lahan dan air.

- b. 1 paket beserta varietas padinya untuk petak percobaan di lokasi University Farm Cikarawang.
3. Data iklim di lokasi Cikarawang.

Peralatan penelitian ini adalah:

- 1) Peralatan pengukuran debit air
- 2) Peralatan budidaya padi untuk lokasi Cikarawang
- 3) Peralatan laboratorium untuk pengukuran densitas tanah, porositas tanah dan pengukuran kelembaban tanah
- 4) Perlengkapan komputer dan software Microsoft Excel untuk perhitungan.

Lingkup kegiatan penelitian secara garis besar dibedakan menjadi dua bagian yaitu perhitungan penetapan parameter rancangan untuk menghasilkan rancangan outlet dan percobaan pengujian untuk melakukan kalibrasi unit rancangan yang telah dihasilkan.

### 1. Perancangan outlet

Perhitungan penetapan rancangan dilakukan dengan kegiatan sebagai berikut:

- a. Perhitungan kebutuhan air tanaman yang merupakan nilai evapotranspirasi tanaman. Kegiatan ini dilakukan untuk menghitung besarnya kebutuhan air di petakan sawah yang merupakan jumlah volume air irigasi yang harus dialirkan ke petakan sawah. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode prediksi evapotranspirasi tanaman padi.
- b. Perancangan mekanisme pembukaan aliran dengan menggunakan kran pelampung otomatis yang dijual di pasaran atau modifikasi keran pelampung. Perancangan mekanisme ini didasarkan pada pengaturan pelampung yang disesuaikan dengan tinggi tekanan air terhadap pelampung yang menekan keluaran air sehingga air irigasi terhenti.

### 2. Percobaan pengujian untuk melakukan kalibrasi unit rancangan

Percobaan pengujian untuk melakukan kalibrasi unit rancangan yang telah dihasilkan direncanakan dengan melakukan kegiatan sebagai berikut:

- a. Kalibrasi pelampung disesuaikan dengan batas atas dan batas bawah level pelampung agar air yang dialirkan sesuai dengan yang dikehendaki untuk kebutuhan air tanaman.

- b. Pemasangan keran berdasarkan debit dan pengaturan keras penyeragam tekanan
- c. Ujicoba keran dengan mengamati keadaan air irigasi di lahan sawah
- d. Penanaman padi untuk melakukan pengamatan pemberian air irigasi berdasarkan debit dari desain outlet irigasi pipa.

### **Analisis dan Kalibrasi Rancangan**

#### **1. Keseimbangan air bak kolakan outlet irigasi pipa**

Keseimbangan air di bak kolakan air dipengaruhi besarnya air hujan atau irigasi yang diterima dan besarnya evaporasi dan beasnya outlet yang dialirkan ke petak sawah. Kesembangan air dalam bak kolakan outlet dianalisis sebagai berikut:

$$St = St-1 + CHeff + IR - ET - OIR$$

dimana:

St , St-1: ketersediaan air di bak kolakan pada hari t (t-1)

CHeff : curah hujan efektif

IR : air irigasi yang dialirkan ke bak

OIR : air irigasi yang dikeluarkan dari bak ke petak sawah

ET : evapotranspirasi harian

#### **2. Kalibrasi rancangan**

Kalibrasi rancangan dilakukan untuk mengetahui besarnya keluaran air irigasi dari jaringan perpipaan yang ditampung didalam pelampung yang kemudian mengairi petak sawah jumlahnya sama dengan volume air irigasi dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Volume ini diuji dengan melalukan perhitungan kebutuhan air di petak sawah yang besarnya sama dengan perhitungan debit air yang keluar dari outlet kedalam bak kolakan outlet yang diatur oleh pelampung pada batas atas level kolakan dan batas bawahnya. Debit air ini akan melimpas dari bak untuk mengairi petakan sawah sesuai dengan jumlah kebutuhan air irigasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Perancangan Outlet**

#### **Perhitungan Debit Rancangan**

Perhitungan debit rancangan diperlukan agar debit outlet ke petakan sawah sesuai dengan jumlah air irigasi yang dibutuhkan di petakan sawah. Pada kondisi air sudah terairi dalam keadaan jenuh, maka debit rancangan disesuaikan dengan besarnya kebutuhan air tanaman yang merupakan nilai evapotranspirasi tanaman. Untuk meningkatkan efisiensi irigasi, maka tingkat kebutuhan air harian dari kebocoran, rembesan dan perkolasai akan diperhitungkan sebagai kehilangan air pada petakan sawah. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan evapotranspirasi tanaman padi dengan menggunakan metode Penman. Hasil perhitungan Evapotranspirasi adalah sebagai berikut:

- a. Evaporasi rata-rata ( $E_o$ ): 4,03 mm/hari  $\approx$  dari data meteorologi Stasiun Dramaga.
- b. Dengan rumus Evapotranspirasi =  $K_c \times K_{pan} \times E_o$ , maka digunakan nilai nilai  $K_c$  rata-rata: 1,1 (nilai  $K_c$  menurut FAO) dan koefesiaen panci ( $K_{pan}$ ): 0,7.
- c.  $Eta: 1,1 \times (0,7 * 4,03 \text{ mm/hari})$
- d.  $Eta: 1,1 \times 2,821 \text{ mm/hari}$
- e.  $Eta: 3,103 \text{ mm/hari}$

#### **Perancangan Mekanisme Pembukaan dan Penutupan Outlet**

Perancangan mekanisme pembukaan dan penutupan outlet otomatis berdasarkan teori tentang gaya archimedes pada pelampung keran. Pelampung keran menggunakan bola pelampung dengan berat ( $m$ ): 56,7 gram dan jari-jari ( $r$ ): 3,175cm. Maka didapatkan massa jenis bola sebagai berikut:

- a. Volume bola:

$$V : \frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \quad \rightarrow V : \frac{4}{3} \times 3,14 \times (3,175)^3 \\ V : 134 \text{ cm}^3$$

- b. Massa jenis bola pelampung:

$$\rho : m/V \quad \rightarrow \rho : 56,7 \text{ gram} / 134 \text{ cm}^3 \\ \rho : 0,423 \text{ gram} / \text{cm}^3$$

- c. Perhitungan gaya archimedes pada bola pelampung

Bola pelampung mempunyai diameter bola: 6,35 cm (hb),  $\rho$  air: 1 gram /  $\text{cm}^3$  dan  $\rho$  bola: 0,423 gram /  $\text{cm}^3$ . Kemudian dihitung tinggi bola dibawah genangan air ( $ha_1$ ) dengan memperhitungkan head (tekanan) air di ketinggian 35 cm ( $ha_2$ ) sebagai berikut:

$$\rho_b \times hb = \rho_a \times ha_1$$

$$0,423 \times 6,35 = 1 \times ha_1$$

$$ha_1 = 2,69 \text{ cm}$$

Dari percobaan diketahui head air untuk menutup pengeluaran keran, sehingga total  $ha$  menjadi sebagai berikut:

$$ha = ha_1 + ha_2$$

$$ha = 2,69 \text{ cm} + 35 \text{ cm}$$

$$ha = 37,69 \text{ cm} \approx 37,7 \text{ cm}$$

Dengan ketinggian tersebut, maka unit pelampung harus di atur dengan jarak 37,7 cm dibawah genangan. Agar bola pelampung dapat menutup secara maksimal. Dilihat dari ringkasan Teori Archimedes, bola pelampung pasti akan mengapung karena benda akan mengapung apabila  $\rho$  bola <  $\rho$  air

Perancangan mekanisme pembukaan aliran dengan menggunakan kran pelampung dilakukan dengan mempelajari mekanisme keran pelampung di pasaran dibandingkan dengan keran pelampung hasil modifikasi, sehingga berhasil mendapatkan outlet irigasi pipa seperti Gambar 1, sebagai berikut:



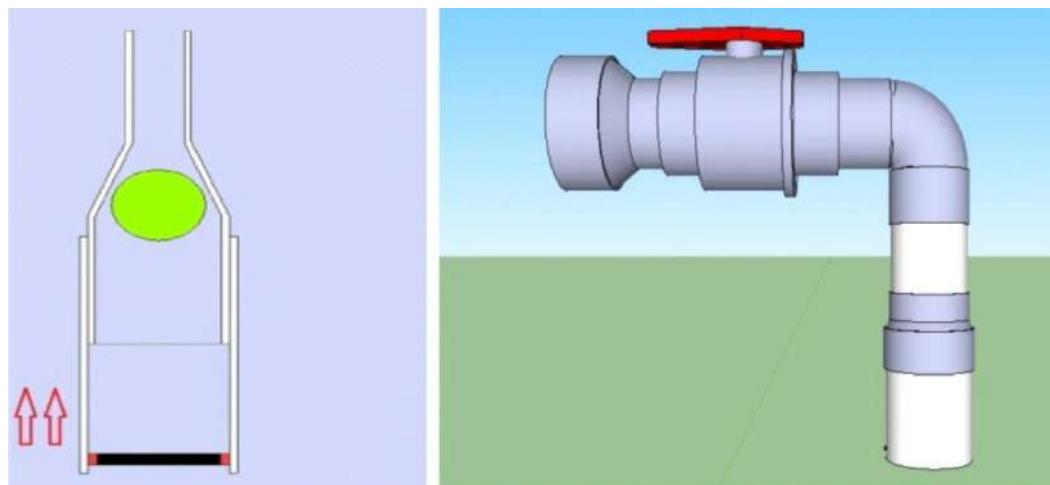
(a)



(b)

Gambar 1 Komponen kran pelampung hasil desain (a) dan yang sudah terpasang (b).

Perancangan mekanisme ini didasarkan pada pengaturan pelampung yang disesuaikan dengan tinggi maksimum genangan yang merupakan batas atas pelampung serta batas kedalaman air minimum di kolakan yang merupakan batas bawah pelampung, batas atas pelampung merupakan batas genangan maksimum air di petakan sawah, sedangkan batas bawah adalah batas kelembaban tanah yang saat air irigasi harus dialirkan ke petakan sawah. Volume air irigasi ini dipenuhi oleh aliran air melalui pipa irigasi yang keluar lewat rancangan outlet sesuai dengan besarnya evapotranspirasi tanaman yang terjadi di petakan sawah dan mekanisme keran pelampung yang ditentukan oleh kedalaman tekanan air didalam yang menekan pelampung dalam pipa sehingga menutup outlet pipa seperti disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Mekanisme buka tutup aliran keran outlet pipa.

Karena toleransi pelampung untuk membuka aliran harus disesuaikan dengan kebutuhan air tanaman, sedangkan setiap petak mempunyai kebutuhan irigasi yang berbeda, maka perlu diatur oleh keras pengatur sekaligus sebagai penyeragam tekanan pada sepanjang pipa.

### Pengujian Outlet Otomatis

Pengujian outlet dilakukan dengan melakukan pemasangan bak irigasi pipa di petakan sawah yang ditanami padi. Luas total lahan percobaan Cikarawang sebesar:  $4629,4 \text{ m}^2 \approx 0,463 \text{ ha}$ , terbagi kedalam 5 plot, masing masing dengan luas sebagai berikut:

Tabel 1 Luasan petak sawah di kebun percobaan organic Cikarawang

Plot Sawah	Luas Sawah
1	0,1093 ha
2	0,1025 ha
3	0,03 ha
4	0,118 ha
5	0,1032 ha
Total	0,463 ha

Besarnya debit di setiap plot sawah akan dihitung berdasarkan nilai Evapotranspirasi sebesar Eta:  $3.103 \text{ mm/hari} \approx 0,003103 \text{ m/hari}$ , dan perhitungan debit dilakukan seperti berikut:

**a. Penentuan kebutuhan air tanaman dengan menggunakan persamaan:**

$$Q_1 = H \times A/T \times 10.000$$

$Q_1$  = kebutuhan air irigasi (lt/dt/ha)

$H$  = ketebalan air/tinggi genangan (m/hari)

$A$  = luas areal (ha)

$T$  = lama pemberian air (hari atau detik)

**b. Perhitungan tinggi macak-macak yaitu genangan sebesar 10 mm, maka dapat dihitung besar debit sebagai berikut:**

$$H = 10 \text{ mm/hari} = 0,01 \text{ m/hari}$$

$$A = 0,463 \text{ ha}$$

$$T = 1 \text{ hari} = 86.400 \text{ detik}$$

$$Q_1 = 0,01 \times 0,463/1 \times 10.000 = 46,3 \text{ m}^3/\text{hari/ha} =$$

$$= 46.300 \text{ l/hari/ha} = 0,536 \text{ l/dt/ha}$$

**c. Besarnya debit di seluruh petakan sawah dihitung sebagai berikut:**

Besarnya debit sesuai nilai Eta =  $0,003103 \text{ m/hari}$ , yang dikonversikan menjadi satuan debit l/dt/ha sebagai berikut:

$$A = 0,463 \text{ ha}$$

$$T = 1 \text{ hari} = 86.400 \text{ detik}$$

$$Q_1 = 0,003103 \times 0,463/1 \times 10.000 = 14,367 \text{ m}^3/\text{hari/ha}$$

$$= 14.367 \text{ l/hari/ha} = 0,166 \text{ l/dt/ha}$$

**d. Debit irigasi yang dibutuhkan sebesar:**

Debit irigasi yang dibutuhkan untuk mengairi petak sawah seluruh kebun merupakan jumlah air untuk evapotranspirasi dan genangan macak-macak sebagai berikut:  $0,536 \text{ l/dt/ha} + 0,166 \text{ l/dt/ha} = 0,702 \text{ l/dt/hari}$

**e. Debit irigasi yang dibutuhkan di setiap petakan sawah:**

Air irigasi untuk setiap petakan sawah dihitung dengan cara yang sama dan besarnya seperti Tabel 2 dibawah, dengan mengatur debit melalui keran regulator.

Tabel 2 Pembagian Debit Air pada Tiap Petakan Sawah

Sawah	Luas Sawah	Debit
1	0,11 ha	0,17 l/dt/hari
2	0,10 ha	0,16 l/dt/hari
3	0,03 ha	0,05 l/dt/hari
4	0,12 ha	0,18 l/dt/hari
5	0,10 ha	0,16 l/dt/hari
Total	0,46 ha	0,725/dt/hari

**1. Set up keran otomatis di petak sawah**

Penetapan kedalaman pelampung pada bak air, berdasarkan hukum archimedes dengan mengatur kedalaman pada bak kolam penampung

- 1) Install bak air (bisa berupa bak beton atau drum plastik) pada posisi pemberian air irigasi di petakan sawah. Pemasangan keran dan alat pelampung, serta disesuaikan dengan letak bak air



Gambar 3 Pemasangan unit dapat menggunakan 2 macam bak beton (a) dan plastik (b).

2) Proses buka tutup aliran air irigasi

Alat pelampung air menggunakan keran PVC, sambungan PVC, pipa PVC dan dilengkapi dengan bola pelampung sebagai katup penutup jalannya air. Posisi pelampung diatur sejajar dengan tinggi genangan yang dibutuhkan sawah

3) Proses kerja pelampung dan keran PVC

Pertama-tama debit aliran sawah diketahui sesuai perhitungan evapotranspirasi, lalu keran berfungsi mengatur keteraturan debit tersebut. Sedangkan pelampung berfungsi untuk mengatur jalannya buka tutupnya air kesawah.

Pelampung akan terbuka ketika air sawah berkurang dari batas genangan yang diatur, kerena bola pelampung akan mengikuti turunnya genangan air sesuai dengan hukum archimedes. Pelampung akan menutup ketika air sawah sudah mencapai batas genangan yang diatur, karena bola pelampung sebagai pelampung akan mengikuti naiknya genangan air dan mengunci aliran air dari pipa irigasi.

4) Prosedur Pemasangan Keran

Pemasangan keran pada tiap petakan sawah didasari oleh debit yang berasal dari outlet irigasi yang akan di bagi menurut luas tiap petakan sawah. Pada bab hasil telah diperlihatkan hasil perhitungan kebutuhan air irigasi melalui outlet. Debit kebutuhan air secara keseluruhan untuk luas sawah sebesar 0,463 ha sebesar 0,702 l/dt/hari. Pada petakan sawah pertama dengan luas 0,1093 ha diperlukan air sebesar 0,166 l/dtk/hari, petakan sawah kedua dengan luas 0,1025 ha diperlukan air sebesar 0,155 l/dtk/hari, petakan sawah ketiga dengan luas 0,03 ha diperlukan air sebesar 0,046 l/dtk/hr, dan untuk petakan sawah ke empat dan kelima dengan luas masing-masing 0,118 dan 0,1032 ha diperlukan air sebesar 0,1791 l/dtk/hari dan 0,1561 l/dtk/hari.

## 2. Kalibrasi rancangan outlet irigasi pipa

Kalibrasi rancangan outlet irigasi pipa dengan menghitung jumlah besarnya keluaran air irigasi dari jaringan perpipaan yang ditampung didalam pelampung yang kemudian mengalir mengairi petak sawah yang akan sama dengan volume air irigasi dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Volume ini diuji dengan melalukan perhitungan kebutuhan air di petak sawah yang besarnya sama dengan

pengukuran debit pada bak kolakan outlet yang diatur oleh pelampung pada batas atas level kolakan dan batas bawahnya. Hasil kalibrasi yang ditunjukkan oleh perbedaan debit keran dan kebutuhan air di masing-masing petak disajikan pada Table 3 berikut.

Tabel 3 Kalibrasi debit outlet dibandingkan dengan kebutuhan air

Pengulangan	Sawah 1	Sawah 2	Sawah 3	Sawah 4	Sawah 5
1	3,6%	3,2%	0%	5%	0%
2	9,6%	7,7%	13%	0%	0%
3	14%	0%	4,3%	2,8%	1,3%
4	0%	3,2%	0%	7,2%	6,4%
5	19%	14%	6,5%	0%	0%
6	3,6%	14%	0%	16%	0%
7	7,2%	0%	2,1%	2,8%	3,8%
Rata-rata:	8%	6%	3,7%	4,8%	1,6%

Dalam uji coba keran dilakukan pengulangan sebanyak tujuh kali, demi memperoleh bukaan keran yang tepat untuk mengairi lahan secara efisien. Dalam uji yang dilakukan diperoleh kehilangan air, rata-rata untuk tiap petakan sawah sebesar 8% untuk sawah pertama, 6% untuk sawah kedua, 3,7% untuk sawah ketiga, 4,8% untuk sawah keempat, dan 1.6% untuk sawah kelima. Besarnya nilai persentase kehilangan air yang terjadi mengecil dari keadaan awal sebelum adanya penggunaan keran pada tiap petakan sawah, salah satu yang menjadi penunjang dalam tercapainya efisiensi pengeluaran air adalah dengan diterapkannya system pelampung, yang dimana saat air dalam bak telah penuh maka bola pelampung pada keran akan menutup, dan ketika air dalam bak telah berkurang maka pelampung akan turun dan aliran air akan kembali masuk kedalam bak air.

Dari Tabel 3 diatas dapat diketahui bahwa keran outlet pipa otomatis dapat memberikan debit sesuai dengan kebutuhan air di setiap petakan saqwah dengan perbedaan debit yang sangat kecil. Perbedaan yang ada terjadi pada outleh di bagian hulu. Hal ini disebabkan karena tekanan air di bagian hulu relative besar sehingga keran otomatis yang didesain mengalirkan air irigasi lebih besar daripada debit yang dibutuhkan oleh tanaman.

## KESIMPULAN

Perancangan keran outlet irigasi pipa otomatis berhasil didesain dengan memperhatikan kebutuhan air tanaman dan debit outlet yang dihasilkan oleh keran pengatur keseragaman aliran.

Rancangan alat outlet pipa otomatis dihitung berdasarkan hukum Archimedes yang berlaku pada pelampung didalam unit outlet yang bekerja sesuai dengan setup unit di bak out pipa dengankedalaman pelampung tertentu.

Dari hasil lkalibrasi dilapangan menunjukkan bahwa unit outlet dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan air irigasi yang diperlukan dalam petak sawah yang diairi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih Tim Peneliti sampaikan kepada LPPM-IPB dan SIMLITABMAS DIKTI yang telah menyediakan dana penelitian sehingga penelitian BOPTN 2013. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi penelitian dan pengembangan teknologi irigasi yang efisien dalam rangka mensukseskan program ketahanan pangan nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- Doneen ID. 1972. Irrigation Practice and Water Management. Paper No.1. FAO. Rome. 84p.
- Hillel D. 1983. Advances in Irrigation. John Wiley & Sons. New York. 385p.
- Israelsen OW, Hansen VE, Stringham GE. 1979. Irrigation Principles and Practices. John Wiley and Sons. New York. 417p.
- Jackson IJ (ed). 1982. Climate, Water and Agriculture in The Tropics. ELBS Edition. Longman Group Limited. New York. 248p.
- Jensen ME (ed). 1980. Design and Operation of Farm Irrigation System. An ASAE Monograph, Number 3 in a Series Published by ASAE. Michigan. 829p.
- Kozlowski TT (ed). 1972. Water Deficits and Plant Growth. Volume I. Third Printing. Academic Press Inc. New York. 390p.

- Lamm FR, Gregory JM, Cengiz HS. 1981. The Evaluation of a Leaf-water Potential Function for Corn. Trans. of the ASAE. 4: 1172–1176.
- Purwanto MYJ, Hardjoamidjojo S, Nakamura R, Kubo N. (1993) : Crop Yield Prediction by Stress Day Indices under both Excessive and Deficient Soil Water Conditions. *Journal of Irrigation Engineering and Rural Planning*. 25: 31–41.
- Purwanto MYJ, Badrudin U, Budi DS. 1997. Adoption of dry seeding rice cultivation in irrigation paddy field. a Research Report (in Indonesian). ARMP II. Project, Ministry of Agriculture. 113p.
- Purwanto MYJ, Sutoyo, Yoshida K, Goto A. 2000. Prediction of River Runoff based on Rainfall Data using Tank Model in Cidanau Watershed. Proceeding of International Seminar on Environmental Management for Sustainable Rural Life. Bogor, 19 February 2000. 131–139.
- Purwanto MYJ, Nirwani M, Heryanshah A. 2000. Runoff Prediction using Artificial Neural Network in Upper Ciliwung Watershed Journal of Agricultural Engineering. Department of Agricultural Engineering. Bogor Agricultural University. (in Indonesian). 15. 24–31.
- Purwanto MYJ. 2000. Water Management in Indonesian Irrigated Rice Field. Proceeding of International Congress and Symposium on South East Asian Agricultural Sciences. Bogor, November, 6-8. 2000. p135–142.
- Purwanto MYJ. 2000. Rainfed Agriculture and Clever Use of Water Resources in Indonesia. Proceeding of the 12th Asian Agricultural Symposium. Khon Kaen, Thailand. November. 24-25, 2000.p 77–83.
- Purwanto MYJ, Erizal, Sulistiono P. 2012. Model Pengelolaan Lahan dan Air pada Budidaya Padi di Lahan Sawah Beririgasi Proceeding of the International Seminar on Agriculture Adaptation in the Tropic. November 1-7, Bogor, Indonesia.
- Purwanto MYJ, Erizal, Nova A. 2012. Peningkatan Efisiensi dan Produksi Pangan dengan Pembangunan Sistem irigasi Pipa di Tingkat Tersier. Jurnal Irigasi. Vol 7 No 2, Oktober 2012. ISSN 1907-5545.p 99-109.

**PENGEMBANGAN KRITERIA RANCANGAN HIDROLIKA PADA  
SALURAN DRAINASE DI KAWASAN PERUMAHAN**  
(Development of Hydraulic Design Criteria for Drainage Channel  
in Real Estate Area )

**Nora. H. Pandjaitan, Prastowo, A. Sapei, H.K.Wijaya**  
Dep. Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**ABSTRAK**

Sistem drainase merupakan salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting. Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada. Sistem drainase yang baik akan mampu mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan kualitas kesehatan lingkungan. Perubahan tata guna lahan yang diakibatkan oleh pertambahan penduduk dan perkembangan sektor pembangunan menimbulkan dampak yang cukup signifikan terhadap perubahan debit aliran permukaan (*run off*) di saluran drainase. Tujuan umum dari penelitian ini adalah menganalisis koefisien drainase pada berbagai tipologi drainase dan menentukan kriteria rancangan hidrolik untuk sistem drainase perumahan. Dari kriteria rancangan yang dihasilkan diharapkan aliran permukaan yang terjadi, karena adanya kelebihan hujan, dapat disalurkan seluruhnya melalui saluran drainase ke tempat penampungan, untuk nantinya dapat dimanfaatkan kembali di kawasan perumahan tersebut. Penelitian dilakukan di kawasan Bogor Nirwana Residence dari bulan Mei hingga Oktober 2013. Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis data diperoleh nilai koefisien drainase untuk 3 tipologi saluran di perumahan tersebut, yang nantinya akan digunakan untuk menyusun kriteria rancangan untuk sistem jaringan drainase. Dari hasil uji laboratorium terhadap kualitas air di saluran drainase, didapatkan bahwa air di saluran tersebut masih cukup baik dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan, seperti pembersihan jalan, penyiraman tanaman dan pemeliharaan taman.

Kata kunci: Air baku, aliran permukaan, kawasan perumahan, koefisien drainase, kriteria rancangan hidrolik.

**ABSTRACT**

Drainage system is one of the important urban infrastructure. Good drainage system can reduce run off and increase environmental health quality. Landuse change in real estate area caused more land were covered by buildings, so more and more rainfall could not infiltrate and became direct water run off. The purpose of this research were to analyze drainage coefficient of several drainage channel typology and to identify criteria of hydraulic design in real estate area. With appropriate hydraulic design, rainfall excess could be transfer by drainage channel to reservoir and be reused as raw water for several activities. The research was held in Bogor Nirwana Residence from May to October 2013. Result analysis gave 3 drainage coefficients of 3 drainage channels typology. Hydraulic design criterias of drainage system were identified based on these drainage coefficients. The result of water quality test showed that water run off in drainage channel were appropriate to use as raw water for several activities such as plant and park irrigation.

Keywords: Coefficient drainage, hydraulic design criteria, raw water, real estate, water run off.

## PENDAHULUAN

Sistem drainase merupakan salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting. Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada. Perubahan tata guna lahan yang diakibatkan oleh pertambahan penduduk dan perkembangan sektor pembangunan menimbulkan dampak yang cukup signifikan terhadap perubahan debit aliran permukaan (*run off*). Meningkatnya kawasan terbangun secara langsung berakibat meningkatnya koefisien aliran permukaan dan menjadikannya debit aliran permukaan menjadi semakin besar seiring dengan meningkatnya intensitas hujan. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya genangan dan banjir karena berkurangnya lahan resapan air serta sistem drainase yang tidak baik. Sistem drainase yang baik akan mampu mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan kualitas kesehatan lingkungan.

Terjadinya genangan dan banjir juga dapat disebabkan oleh tidak memadainya kapasitas sistem jaringan drainase, meningkatnya debit aliran permukaan, atau kombinasi dari keduanya. Oleh karena itu, perlu direncanakan suatu sistem pengelolaan air aliran permukaan yang terjadi di area terbangun seperti perumahan, yang terkait dengan sistem drainase yang ada melalui suatu kriteria rancangan hidrologi. Agar saluran drainase mampu mengalirkan air menuju lokasi penampungan air yang direncanakan, maka dibutuhkan kesesuaian tipe saluran drainase perumahan dengan koefisien drainasenya yang merupakan acuan dalam penilaian kemampuan suatu saluran mengalirkan air menuju lokasi penampungan air. Selain itu juga perlu dilakukan analisis rancangan hidrologi pada tipe saluran drainase sehingga nantinya mampu mengalirkan aliran air permukaan.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada saat ini maka tujuan pelaksanaan penelitian ini adalah : (1) Menentukan koefisien drainase pada berbagai tipologi drainase; (2) Menentukan kriteria rancangan hidrologi untuk sistem drainase perumahan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Bogor Nirwana Residence, yang terletak di selatan kota Bogor, dari bulan Mei hingga Oktober 2013. Penelitian ini melakukan: identifikasi sistem jaringan drainase yang telah terbangun, analisis curah hujan rencana dan koefisien drainase serta parameter hidrologi aliran air pada saluran drainase perumahan di lokasi penelitian. Data primer yang digunakan pada penelitian ini mencakup dimensi saluran drainase, kemiringan saluran, identifikasi saluran drainase, dan besarnya debit aliran di saluran drainase ketika terjadi hujan. Selain itu juga dilakukan pengambilan sampel air di saluran drainase, pada saat terjadi hujan dan tidak ada hujan, untuk diuji kualitasnya di laboratorium. Data sekunder yang dikumpulkan mencakup luas kawasan dan jumlah fasilitas umum di dalam perumahan, data topografi, *site plan*, *master plan*, serta data iklim. Data curah hujan yang digunakan adalah data dari pengukuran otomatis stasiun iklim Muara milik Puslitbang Hidro-Agroklimat pada periode tujuh tahun terakhir (2007–2013).

Dari data-data tersebut kemudian dilakukan analisis ketersediaan air dan analisis hidrologi terhadap data curah hujan, seperti analisis frekuensi curah hujan dan analisis intensitas curah hujan dengan beberapa metode. Lingkup penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Penelitian tentang jaringan drainase perumahan untuk mengetahui nilai koefisien drainase pada setiap saluran drainase di dalam perumahan berdasarkan tipe saluran drainasenya. Penelitian yang dilakukan meliputi perhitungan curah hujan, kondisi lahan perumahan, sistem drainase perumahan, kapasitas infiltrasi, dan karakteristik saluran drainase. Pada lingkup penelitian ini juga dilakukan pengambilan dan analisis kualitas air di saluran drainase;
2. Penelitian persyaratan hidrologi terkait saluran drainase permukaan dengan mempertimbangkan karakteristik saluran, kecepatan aliran, debit aliran, kemiringan saluran, dan kekasaran saluran. Penelitian ini dikembangkan untuk mengetahui kriteria rancangan hidrologi yang dapat diterapkan untuk pemanfaatan air dari aliran permukaan sebagai air baku. Salah satu indikatornya adalah nilai koefisien drainase di dalam perumahan tersebut;

Hasil yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengembangkan kriteria rancangan hidrologi bagi jaringan sistem drainase yang ada. Kriteria rancangan ininantinya dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan untuk pengembangan jaringan drainase perumahan serta sebagai standar rancangan drainase pada jaringan drainase permukaan.

### **Analisis Frekuensi Hujan**

Hujan rancangan merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi curah hujan. Analisis frekuensi yang dilakukan dengan menggunakan teori *probability distribution* berdasarkan persamaan distribusi Gumbel (Harto 1993) yang sebelumnya telah dihitung dan ditentukan parameter statistik yang sesuai. Dalam melakukan perhitungan hujan rancangan dengan metode Gumbel, untuk masa ulang T didasarkan atas karakteristik dari penyebaran (distribusi) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K \cdot S_d \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

dengan  $X_T$ : curah hujan rencana (mm/hari);  $\bar{X}$ : curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari);  $S_d$  :standar deviasi nilai varian; dan K: faktor probabilitas.

$$K = \frac{Y_{T_r} - Y_n}{S_n} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

dengan  $Y_n$ : *reduced mean* yang tergantung jumlah data n;  $S_n$  : *reduced standard deviation* yang tergantung juga pada jumlah data n; dan  $Y_{T_r}$ : *reduced varaiate*, yang dapat dihitung dengan persamaan.

$$Y_{T_r} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r^{-1}}{T_r} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

### **Debit Aliran Permukaan**

Analisis debit aliran permukaan dilakukan dengan menggunakan metode rasional. Metode rasional digunakan untuk menentukan debit puncak aliran permukaan dengan persamaan sebagai berikut (Feyen 1980):

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

dimana Q : Aliran pucak ( $m^3/det$ ); I : Intensitas hujan dalam durasi  $T_c$  (jam) ; C : Koefisien limpasan ; dan A : Luas area ( $m^2$ )

## Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Intensitas hujan yang digunakan yaitu dengan durasi hujan jangka pendek 6 menit. Data curah hujan ini diperoleh dari alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe (Suripin 2004).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

dimana I adalah intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam),  $R_{24}$  adalah hujan rencana (mm), dan  $t_c$  adalah waktu konsentrasi (jam)

## Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi (Kirpich 1940 dalam Suripin 2004). Waktu konsentrasi dihitung dengan persamaan berikut.

$$t_c = \left( \frac{0,87xL^2}{1000xS} \right)^{0,385} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

dimana  $t_c$  adalah waktu konsentrasi (jam), L panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (km), S adalah kemiringan rata-rata saluran utama (m/m). Waktu konsentrasi juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari permukaan lahan sampai saluran terdekat ( $t_o$ ) dan waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran ( $t_d$ ) seperti pada persamaan berikut.

$$t_c = t_o + t_d \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

$$t_o = \left[ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

dimana  $t_o$  dalam menit,  $t_d$  dalam menit, L merupakan panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m), n merupakan angka kekasaran Manning, S merupakan kemiringan lahan,  $L_s$  merupakan panjang lintasan aliran dalam saluran (m) dan V adalah kecepatan aliran di dalam saluran (m/det).

## Koefisien Drainase

Feyen (1980) menyatakan bahwa koefisien drainase adalah kuantitas rata-rata air yang dapat dipindahkan oleh sistem drainase ke muka air yang lebih rendah setelah jenuh selama 24 jam dengan satuan mm/hari. Desain aliran permukaan bervariasi pada titik berbeda di sepanjang sistem kanal drainase, secara umum dihitung dengan persamaan berikut (Feyen 1980):

$$Q = \frac{q_{xA}}{1000} \dots \quad (10)$$

dimana  $Q$  : Limpasan basin ( $m^3/det$ );  $A$  : Area basin drainase pada titik yang dihitung (ha); dan  $q$  : Koefisien drainase, didefinisikan sebagai desain unit/spesifik limpasan ( $l/det.ha$ )

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

## Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Bogor Nirwana Residence (BNR) adalah salah satu kawasan proyek perumahan dan kawasan wisata terpadu yang terletak di tiga kelurahan yaitu Kelurahan Mulyaharja, Kelurahan Ranggamekar dan Kelurahan Pamoyanan. Ketiga kelurahan tersebut termasuk Kecamatan Bogor Selatan, Kota Bogor. Perumahan ini memiliki total luas lahan ± 402,3 ha dan terbagi dalam beberapa kawasan, yaitu kawasan perumahan, kawasan wisata, kawasan niaga, kawasan pendidikan, rumah sakit, hotel, jalan dan ruang terbuka hijau.

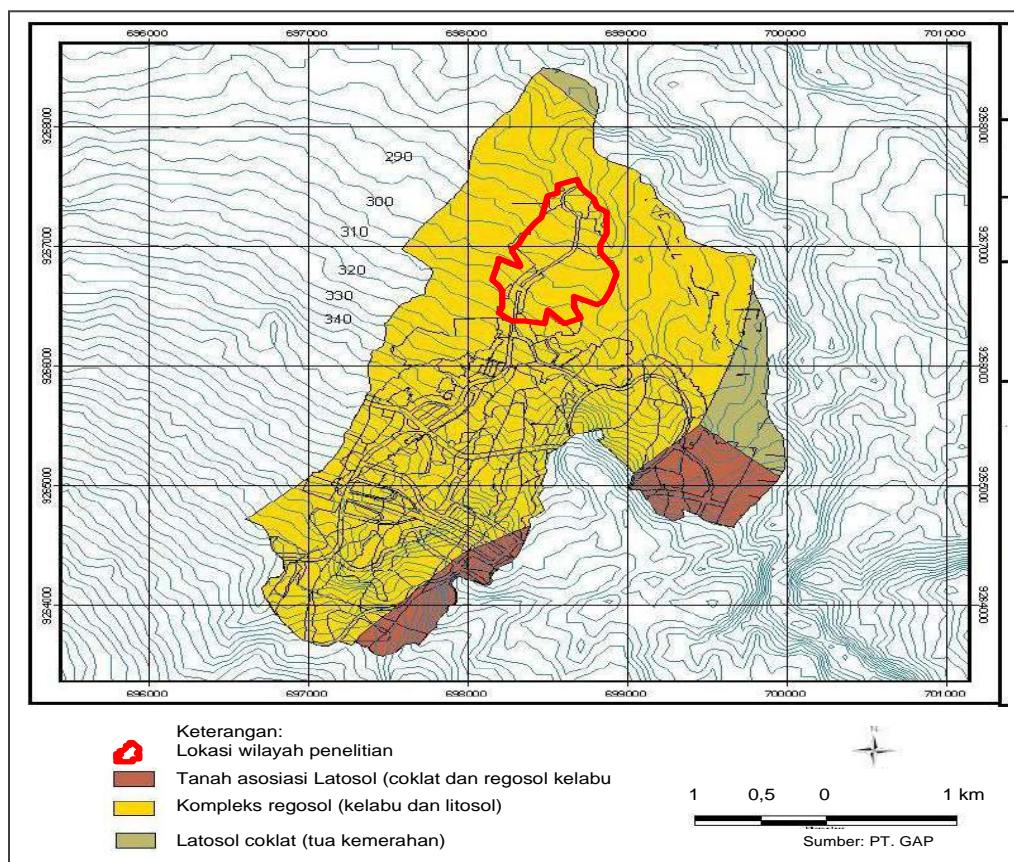
Batas lokasi penelitian kawasan BNR tahap II sebagai berikut (Safitri, 2010):

- Sebelah Utara : Perumahan BNR Tahap I
  - Sebelah Selatan : Perumahan BNR Tahap III
  - Sebelah Barat : Permukiman penduduk
  - Sebelah Timur : Sungai Cipinang Gading dan permukiman penduduk

Di kawasan BNR ini sejak tahun 2006 secara bertahap dilakukan pembangunan perumahan dan fasilitas penunjangnya sebagai upaya pengembangan kawasan pemukiman terpadu. Hingga saat ini, pembangunan yang sudah dilakukan di perumahan BNR terbagi menjadi tiga tahapan pembangunan

perumahan, yaitu tahap I seluas 27,63 ha, tahap II seluas 46,21 ha, dan sisanya seluas 328,46 ha berupa jalan, area komersial, dan fasilitas penunjangnya. Penelitian ini dilakukan pada jaringan saluran drainase di lahan kawasan perumahan BNR tahap II yang sudah beroperasi.

Keadaan alam, fisiografi dan bentang lahan yang ada di lokasi tapak proyek cukup komplek. Lokasi ini merupakan dataran vulkan dengan ketinggian 275–400 m dpl, dengan bentuk wilayah yang bervariasi mulai datar, berombak, bergelombang sampai berbukit. Sebagian besar wilayah ini mempunyai kemiringan antara 3–10%. Peta topografi wilayah penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta topografi wilayah penelitian.

### Sistem Jaringan Drainase

Kawasan perumahan BNR tahap II terdiri dari beberapa cluster, antara lain Cluster Padma Nirwana, Arga Nirwana, Bayu Nirwana, Bukit Nirwana 1, Bukit Nirwana 2, Tirta Nirwana, Panorama dan beberapa area komersial. Setiap cluster

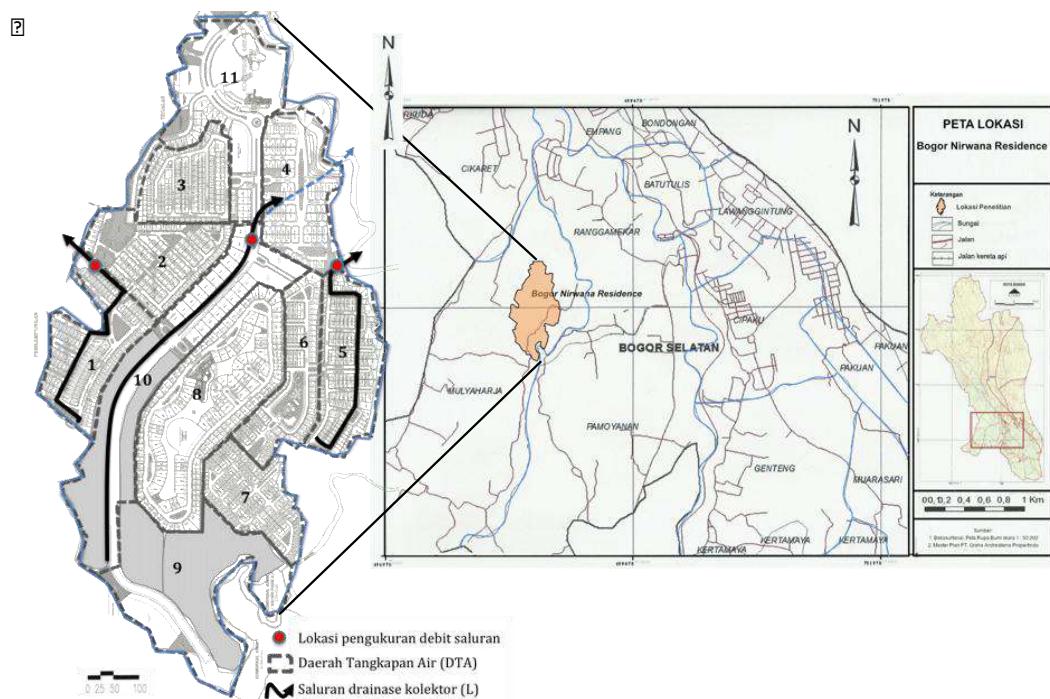
tersebut dilalui saluran drainase tersier yang terhubung langsung dengan saluran sekunder (kolektor).

Pembagian cluster BNR tahap II disajikan pada Tabel 1. Beberapa saluran kolektor dikumpulkan di saluran utama (*main drain*) yang terhubung dengan sungai (trase alami). Penelitian ini difokuskan pada tiga lokasi saluran, yaitu saluran kolektor pada *cluster* Padma Nirwana (DTA 1), Bukit Nirwana Ia (DTA 5), dan saluran jalan utama (DTA 10) (Gambar 2).

Tabel 1 Wilayah dan jaringan drainase perumahan

DTA	Lokasi Drainase (Cluster perumahan)	Luas wilayah pengaliran (ha)	Jumlah rumah (unit)	Panjang saluran kolektor (m)	Kemiringan saluran (%)
1	Padma Nirwana	4,87	137	418	4,7
2	Arga Nirwana	4,09	123	220	1,4
3	Bayu Nirwana	9,36	154	402	1,7
4	Panorama	5,25	72	358	2,1
5	Bukit Nirwana I (a)	4,64	140	394	4,2
6	Bukit Nirwana I (b)	4,04	95	410	4,2
7	Bukit Nirwana II	4,33	158	350	2,7
8	Tirta Nirwana	9,48	164	718	3,2
9	Area komersial 1	8,52	-	665	3,0
10	Jalan Utama dan area komersial 2	4,93	-	887	4,1
11	Area komersial 3	5,68	-	553	3,0

Tahap awal dari penelitian yang telah dilakukan yaitu survei saluran dan pengukuran keseluruhan dimensi saluran (lebar dan tinggi) di dalam perumahan. *Tracing* saluran dilakukan untuk menentukan lokasi pengukuran dan dimensi saluran yang nantinya dijadikan sebagai lokasi pengukuran dan sebagai acuan dalam pembuatan ukuran sekat ukur. Dari hasil *tracing* dan pengukuran dimensi yang dilakukan, dipilih tiga lokasi saluran utama dengan variasi dimensi yang berbeda (Gambar 2 dan Tabel 2). Data primer yang diperoleh adalah data pengukuran debit saluran drainase yang dilakukan pada saat hujan yang berbeda di tiga lokasi yaitu di Cluster Padma Nirwana (saluran DTA 1), Cluster Bukit Nirwana Ia (saluran DTA 5), dan di saluran jalan utama (saluran DTA 10). Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan sekat ukur, yang dimensinya bergantung pada dimensi saluran yang akan diukur.



Gambar 2 Trase saluran dan lokasi outlet saat penelitian.

Tabel 2 Outlet saluran di perumahan Bogor Nirwana Residence

Saluran DTA	Lokasi	Dimensi
1	Padma Nirwana I	Lebar: 53 cm; Tinggi: 91 cm
5	Bukit Nirwana I	Lebar: 60 cm; Tinggi 75 cm
10	Jalan Utama	Lebar: 64 cm; Tinggi: 100 cm

Kegiatan pengukuran yang dilakukan bergantung pada kondisi hujan yang terjadi di lokasi penelitian. Sebelum hujan sekat ukur dipasang melintang pada arah aliran drainase, sehingga ketika hujan aliran air yang berada di saluran drainase dapat dicatat ketinggian muka airnya saat melewati sekat ukur. Dari perubahan ketinggian muka air yang terjadi, dapat dihitung debit air saluran drainase di lokasi pengukuran setiap menitnya. Perubahan ketinggian debit air pada saluran tersebut terkait sangat dipengaruhi intensitas hujan di lokasi pengukuran. Pada penelitian digunakan data pengukuran intensitas hujan setiap menit dari pengukuran automatik yang dilakukan oleh Puslitbang Hidro-Agriklimat Stasiun Muara.

## Analisis Neraca Air

Pada penelitian ini dilakukan analisis frekuensi hujan berdasarkan kejadian hujan harian maksimum. Hal ini dilakukan untuk menduga periode-periode curah hujan harian maksimum tahunan, sehingga banyaknya curah hujan yang dapat melimpas dapat diprediksi. Pendekatan ini dilakukan untuk menduga besarnya hujan yang jatuh dan nantinya digunakan untuk analisis jumlah air yang masuk ke dalam saluran drainase.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data curah hujan yang didapat dari stasiun pengamatan hujan Katulampa periode 20 tahun (1981–2012). Proses pengolahan data hujan meliputi penentuan parameter-parameter sebaran data hujan, pendugaan periode pengulangan curah hujan, dan pendugaan curah hujan 2; 5; 10; 25; dan 50 tahun. Dari hasil analisis berdasarkan metode distribusi Gumbel, didapatkan hasil analisis hujan rancangan yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perhitungan curah hujan rencana metode Gumbel

Periode ulang hujan(tahun)	Probability	Reduced variate	Curah hujan rencana (mm)
2	-0,153	0,367	117
5	0,859	1,500	146
10	1,530	2,250	165
20	2,173	2,970	184
25	2,377	3,199	189
50	3,005	3,902	207
100	3,629	4,600	225

Dari hasil analisis pada Tabel 3 didapat nilai curah hujan rencana pada periode ulangan yang berbeda. Untuk periode ulangan 2 tahun, akan terjadi maksimum hujan harian sebesar 117 mm/hari, pada periode ulangan 5 tahun akan terjadi total hujan sebesar 146 mm/hari, dan seterusnya hingga periode ulangan 100 tahun akan terjadi total hujan sebesar 225 mm/hari. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa akan terjadi peningkatan jumlah total hujan pertahun pada setiap peningkatan periode ulangnya.

## Koefisien Drainase

Data yang digunakan untuk menentukan nilai intensitas hujan (I) adalah curah hujan maksimum harian. Data debit yang dihasilkan adalah hasil respon

terhadap curah hujan, sehingga debit limpasan merupakan variabel dinamis. Nilai debit berubah-ubah terhadap perubahan intensitas hujan.

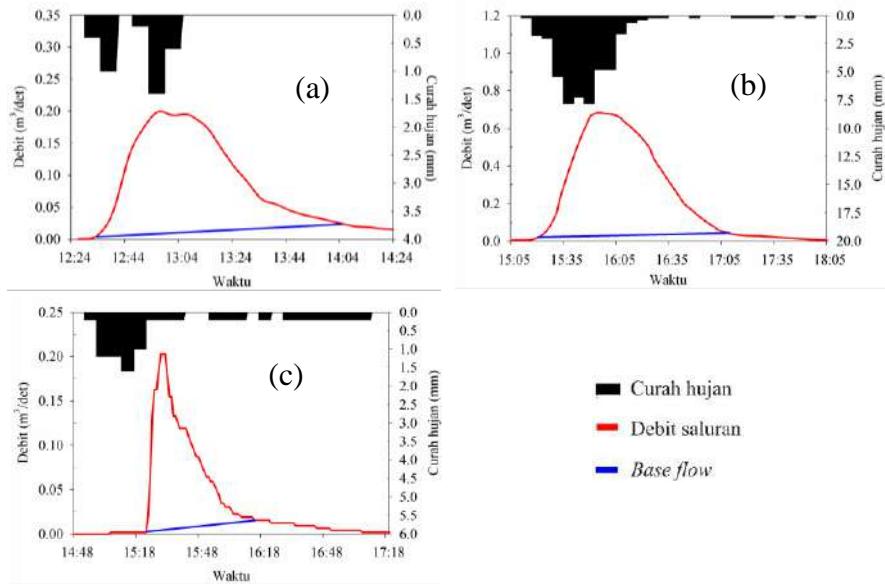
Variabel tetap memiliki nilai yang sama pada semua kondisi kejadian hujan. Variabel tetap berupa kondisi eksisiting saluran dan kawasan BNR (Tabel 4). Hasil pengukuran debit dan intensitas hujan menunjukkan variasi debit akibat perubahan intensitas hujan setiap 5 menit. Data intensitas hujan dihitung dari hasil pengukuran curah hujannya.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Variabel Tetap untuk menentukan debit aliran permukaan pada masing-masing saluran pengamatan

Variabel	Deskripsi	Nilai		
		DTA 1	DTA 5	DTA 10
L	Panjang Saluran Utama (m)	418	394	887
S	Slope rata-rata saluran (%)	4,7	4,2	4,1
Tc	waktu konsentrasi (jam)	0,32	0,31	0,54
A	Luas area DTA (ha)	4,87	4,64	4,93
C	Koefisien Limpasan	0,75	0,75	0,80

Gambar hidrograf pada saluran drainase di lokasi perumahan disajikan pada Gambar 3. Gambar 3 merupakan salah satu contoh hidrograf di masing-masing tipologi pada setiap kejadian hujan (a) di tipologi 1, kejadian hujan (b) di tipologi 2, dan kejadian hujan (c) di tipologi 3.

Pada kejadian hujan (a), didapat besarnya debit puncak *direct run off* (DRO) terukur yaitu  $0,202 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan intensitas hujan sebesar 19,90 mm/jam yang terjadi selama 30 menit waktu hujan dan waktu naik terjadi di menit ke 20. Pada kejadian hujan (b), didapat besarnya debit puncak yang terukur yaitu  $0,707 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan intensitas hujan sebesar 80,81 mm/jam yang terjadi selama 132 menit waktu hujan dan waktu naik terjadi di menit ke 43. Sedangkan pada kejadian hujan (c), besarnya debit puncak yang terukur yaitu  $0,203 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan intensitas hujan 19,77 mm/jam yang terjadi selama 138 menit waktu hujan dan waktu naik terjadi di menit ke 37.

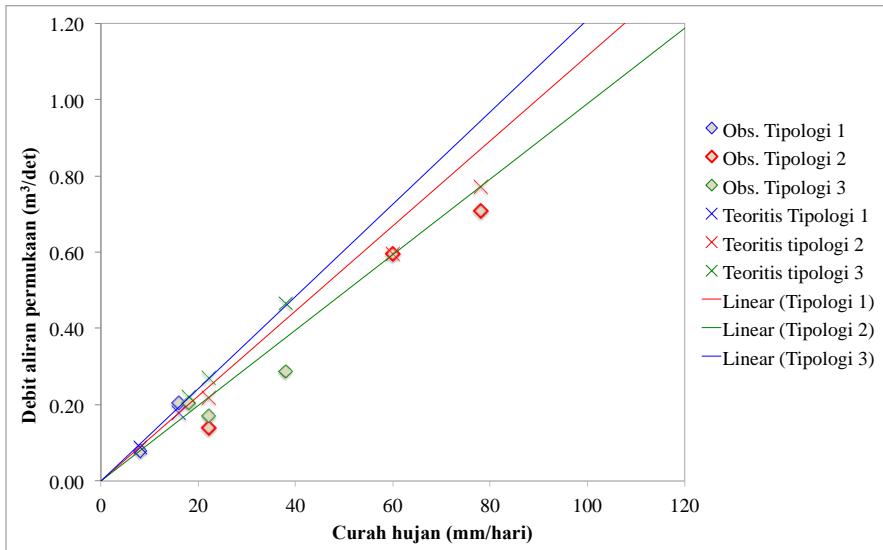


Gambar 3 Hidrograf pada saluran kolektor: a) tipologi 1, b) tipologi 2, dan c) tipologi 3.

Dari kurva hubungan Q dan CH (Gambar 4) debit outlet maksimum yang ditentukan berdasarkan kejadian hujan selama 20 tahun adalah  $2,97 \text{ m}^3/\text{det}$  dan rata-rata debit sebesar  $1,11 \text{ m}^3/\text{det}$ . Karakteristik DTA dari saluran utama merupakan kawasan dengan tata guna lahan yang homogen, yaitu berupa lahan tutupan aspal dan beton (jalan utama) dengan vegetasi yang sangat sedikit.

Nilai waktu konsentrasi ( $t_c$ ) dapat dihitung dari selisih waktu awal terjadinya hujan dan waktu awal naiknya debit saluran. Dari perhitungan, diperoleh nilai  $t_c$  dari intensitas hujan maksimum dengan debit puncak pada saluran drainase DTA 1, saluran drainase DTA 5, dan saluran drainase DTA 10 masing-masing sebesar 19 menit, 18 menit dan 32 menit.

Untuk melihat bagaimana hubungan kejadian hujan dan debit aliran permukaan yang terjadi, dilakukan analisis hubungan keterkaitan. Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran debit pada pengukuran lapang (debit observasi). Hasil pengukuran pada setiap saluran menunjukkan nilai masing-masing debit puncak (observasi) berbanding lurus dengan setiap jumlah curah hujan (CH, mm). Perhitungan secara teoritis menunjukkan debit pada saat curah hujan yang sama sebesar 22 mm yaitu sebesar  $0,22 \text{ m}^3/\text{det}$  dan nilai debit observasi sebesar ( $0,14 \text{ m}^3/\text{det}$ , yang berarti terdapat selisih debit sebesar 0,079 dari hasil observasi dan teoritis).



Gambar 4 Kurva hubungan debit limpasan (Q) vs curah hujan (CH) di lokasi penelitian.

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai debit pengukuran (observasi) drainase di setiap tipologi ditentukan oleh besarnya curah hujan yang terjadi. Nilai debit observasi berbeda di setiap tipologi, yang digambarkan dari perbedaan garis linier di masing-masing tipologi pada besaran curah hujan yang sama. Hal ini disebabkan oleh perbedaan luasan lahan, kondisi topografi dan hidrologi permukaan di setiap tipologi. Selain itu, Gambar 4 juga menunjukkan adanya perbedaan besarnya nilai debit observasi pada setiap kejadian hujan yang sama. Perbedaan ini dapat dijelaskan melalui besarnya curah hujan yang terjadi pada setiap luasan lahan tipologi memberikan respon yang berbeda terhadap nilai debit observasinya.

### Analisis Kriteria Rancangan

Perencanaan kriteria rancangan hidrologi yang dikembangkan dalam penelitian ini ditujukan pada parameter hidrologi saluran terbuka. Parameter rancangan dianalisis berdasarkan kondisi tipologi drainase saluran terbuka di lokasi penelitian yang kemudian dapat direncanakan menjadi bagian dalam perencanaan pembuatan saluran drainase di daerah pemukiman lain. Kriteria perancangan ini dikembangkan dari nilai koefisien drainase di perumahan yang berhubungan dengan curah hujan, presentase ruang terbuka hijau, serta parameter hidrologi saluran drainase pada saluran kolektor.

Tabel 5 Hasil pengukuran lapang saluran drainase

Keterangan	Saluran drainase		
	DTA 1	DTA 5	DTA 10
Kedalaman saluran (m)	0,91	0,75	1
Tinggi muka air (maksimum) (m)	0,41	0,41	0,39
Lebar dasar saluran (m)	0,53	0,48	0,56
Keliling penampang basah (m)	1,88	1,78	1,9
Luas penampang basah ( $m^2$ )	0,2173	0,1968	0,2184
Jari-jari hidraulik (m)	0,12	0,11	0,11
Freeboard (m)	0,50	0,29	0,61
Panjang saluran (km)	1,7	1,5	2,61
Koefisien kekasaran	0,014	0,014	0,014
Slope	0,047	0,042	0,041
Kecepatan (m/dt)	3,67	3,37	2,92
Waktu konsentrasi (jam)	0,32	0,31	0,54
Koefisien limpasan	0,75	0,75	0,80
Intensitas hujan (mm/jam)	16,8	72	19,2
Luas area (ha)	4,87	4,64	4,93
Debit aliran ( $m^3/\text{detik}$ )	0,17	0,70	0,20
Koefisien drainase (l/det.ha)	0,029	0,007	0,025

Dalam perencanaan rancangan hidrolika saluran, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, antara lain topografi wilayah, kondisi hidrologi, kondisi tanah, dan kondisi sosial ekonomi masyarakat (tipologi perumahan). Dalam kriteria perencanaan hidrologi, hujan rencana ditentukan dengan metode Gumbel (persamaan 1–3). Besarnya hujan rencana dalam 10 tahun tersebut kurang dari 165 mm/jam. Dari hasil analisis koefisien drainase diperoleh nilai debit dari saluran permukaan berkisar antara 0,17–0,70  $m^3/\text{detik}$ .

### Analisis Kualitas Air Saluran Drainase

Kualitas air merupakan indikator dalam penentuan kriteria/penggolongan peruntukan pemanfaatan air. Pada penelitian ini dilakukan uji kualitas air saluran drainase. Parameter yang diujikan yaitu TSS, BOD, COD, total nitrogen, nitrat ( $NO_3-N$ ), total ammonia, phospat ( $PO_4$ ), pH, total coliform, minyak dan lemak, dan logam berat (tembaga, seng, dan timbal). Hasil analisis kualitas air dapat memberikan gambaran kondisi kualitas air drainase yang nantinya menginformasikan nilai parameter uji yang sesuai dengan baku mutu peruntukannya.

## KESIMPULAN

Pada penelitian di kawasan Bogor Nirwana Residence diperoleh 3 koefisien drainase untuk 3 tipologi drainase yang diteliti. Berdasarkan koefisien drainase yang diperoleh ditentukan kriteria rancangan hidrologi untuk sistem drainase perumahan, sehingga saluran drainase dapat mengalirkan kelebihan hujan dengan baik dan tidak terjadi banjir di kawasan perumahan. Kriteria rancangan hidrologi yang ditentukan adalah kedalaman saluran, lebar dasar saluran, dan kemiringan dasar saluran. Aliran permukaan yang terkumpul kualitasnya cukup baik dan dapat digunakan untuk keperluan pemeliharaan sarana umum serta menyirami tanaman dan taman di kawasan perumahan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Feyen J. 1980. Drainage of Irrigated Land. London (UK): Batsford Academic and Educatonial Ltd, Katholieke Universitet Leuven, Center for Irrigation Engineering.
- Harto SB.1993. Analisis Hidrologi. Jakarta (ID). PT Gramedia Pustaka Utama.
- Safitri L. 2010. Akibat Perubahan Kapasitas Simpan Air Pembangunan Kawasan Bogor Nirwana Residence [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan..Yogyakarta : Andi.

## REKAYASA SEL *Escherichia coli* UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI BIOETANOL PADA KONDISI AEROBIK

(Design of *Escherichia coli* Cells for Regulating Bioethanol Production under Aerobic Conditions)

**Prayoga Suryadarma, Djumali Mangunwidjaja, Purwoko**

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

### ABSTRAK

Penelitian sebelumnya telah mendokumentasikan penggunaan bioreaksi format dehydrogenase (FDH) yang diikuti dengan penambahan format ke dalam media sebagai substrat untuk pembentukan NADH di dalam mutan fosfo-transasetilase (PTA) *E. coli* telah berhasil meningkatkan akumulasi piruvat pada kultivasi secara aerobik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan strategi kultivasi, dengan memanfaatkan sel *E. coli* tersebut yang ditransformasi dengan jalur metabolisme pembentukan etanol, piruvat dekarboksilase (PDC) dan alkohol dehidrogenasi (ADHB) untuk mengkonversi piruvat menjadi etanol. Kultivasi dilakukan pada kondisi taraf penambahan format dan oksigenasi yang berbeda untuk mendapatkan akumulasi etanol yang tinggi. Pada kultur mutan PTA *E. coli* yang mengandung jalur metabolisme produksi alkohol (BW25113 $\Delta$ pta/pHfdh/pTadhB-pdc) dengan penambahan 4 g/l format ke dalam media dan  $K_{La}$  (koefisien pindah massa untuk oksigen) = 1,5 min $^{-1}$ , etanol diproduksi sebesar  $4,8 \pm 0,2$  g/l. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan kultur kultivasi tanpa penambahan format ( $3,5 \pm 0,5$  g/l). Sementara itu, peningkatan akumulasi etanol lebih lanjut melalui peningkatan oksigenasi pada  $K_{La} = 4,9$  min $^{-1}$  tidak tercapai.

Kata kunci: *Escherichia coli*, etanol, aerobik, format dehidrogenase, penambahan format, dan laju oksigenasi.

### ABSTRACT

Previous study has reported the using formate dehydrogenase (FDH) reaction with formate as the substrate for formation of NADH in a phospho-transacetylase (PTA) mutant of *E. coli* succeeded in inducing the accumulation of pyruvate under aerobic conditions. The aim of the current study was to extend this culture strategy, employing *E. coli* cells introduced by a series of ethanol production pathways, pyruvate decarboxylase (PDC) and alcohol dehydrogenase (ADHB) for converting pyruvate to ethanol. The cells were grown under different formate feeding and oxygenation level to increase ethanol production. In the culture of *E. coli* PTA mutant harboring FDH and ethanologenic pathway (BW25113 $\Delta$ pta/pHfdh/pTadhB-pdc) with 4 g/l formate feeding at  $K_{La}$  ( $O_2$  transfer coefficient) = 1,5 min $^{-1}$ , ethanol was produced at  $4,8 \pm 0,2$  g/l. This value was higher than that of the culture lacking of formate addition ( $3,5 \pm 0,5$  g/l). However, the enhancement of ethanol accumulation was not achieved by elevating oxygen level to  $K_{La} = 4,9$  min $^{-1}$ .

Keywords: *Escherichia coli*, ethanol, aerobic, formate dehydrogenase, format feeding, and oxygen level.

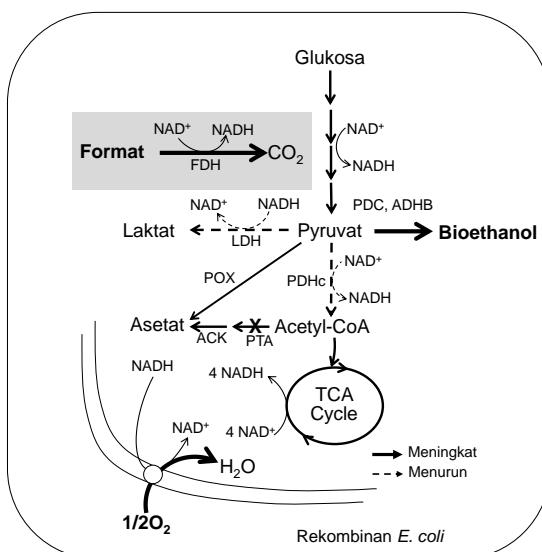
## PENDAHULUAN

Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar dari minyak bumi. Beberapa proses mikrobial telah digunakan untuk menghasilkan bioetanol di dalam beberapa kultur mikroorganisme, termasuk *Sacharomyces cerevisiae*, *Zymomonas mobilis*. Meskipun *Escherichia coli* tidak termasuk dalam kelompok bakteri penghasil bioetanol, kemajuan teknologi saat ini dalam bidang rekayasa genetika telah menunjukkan bahwa bakteri ini dapat digunakan sebagai produsen bioetanol yang berpotensi.

Ketersediaan NADH di dalam sel dan tingkat oksigenasi merupakan faktor internal dan eksternal yang memiliki peranan penting dalam keberhasilan produksi bioetanol dengan menggunakan sel *E. coli*. Penelitian terdahulu telah mendokumentasikan bahwa tingkat NADH di dalam sel mampu untuk meningkatkan akumulasi piruvat yang merupakan prekursor untuk produksi bioetanol (Yokota *et al.* 1994). Selain itu, NADH juga diperlukan dalam aktivitas respirasi yang dimediasi oleh sitokrom oksidase di dalam sel mikroba (Alexeeva *et al.* 2000). Sehingga, peningkatan oksigenasi pada bioproses, dapat menurunkan produksi metabolit tereduksi, termasuk bioetanol (Lee *et al.* 2004). Penggunaan sistem oksigenasi yang rendah atau anaerobik pada kultur *E. coli* menyebabkan pertumbuhan sel akan sangat rendah, yang berakibat pada rendahnya metabolisme. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan laju akumulasi senyawa yang diinginkan. Selanjutnya, pada sistem kultivasi ini pada umumnya juga menyebabkan produksi produk samping (*by-product*) laktat dari piruvat yang sangat tinggi, melalui jalur metabolism laktat dehidrogenase (LDH).

Peningkatan pembentukan senyawa tereduksi termasuk bioethanol, peneliti-peneliti terdahulu dicoba dengan menggunakan kultur dua fase, yaitu fase peningkatan sel biomassa pada kondisi aerobik, dan kemudian dilanjutkan dengan kondisi anaerobik untuk produksi senyawa tereduksi yang diinginkan. (Lee *et al.* 2004; Smith *et al.* 2006). Di lain sisi, penggunaan mutan H<sup>+</sup>-ATPase dari *E. coli* dapat secara efektif meningkatkan tingkat intraselular NADH, sehingga mampu mengakumulasi senyawa tereduksi pada kondisi aerobik (Wada *et al.* 2007).

Penelitian terdahulu, dengan menggunakan jalur metabolisme format dehidrogenasi (FDH) diikuti dengan penambahan format sebagai substrat untuk pembentukan NADH intraselular pada sel *E. coli* mutan fosfo-transasetilase (PTA) (BW25113 $\Delta$ pta) menghasilkan rekombinan *E. coli* BW25113 $\Delta$ pta/pHfdh berhasil meningkatkan akumulasi piruvat yang merupakan prekursor untuk produksi bioetanol pada kondisi aerobik (Ojima *et al.* 2012). Keberhasilan ini dilanjutkan dengan memanfaatkan strain *E. coli* tersebut untuk memproduksi alanin, yang juga termasuk senyawa tereduksi, pada kondisi aerobik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat peluang untuk mengaplikasikan kultur sel rekombinan *E. coli* untuk produksi senyawa tereduksi dari piruvat pada kondisi aerobik.



Gambar 1 Skema jalur-jalur utama target penelitian.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut, pengembangan strategi untuk menggunakan sel rekombinan *E. coli* BW25113 $\Delta$ pta/pHfdh yang disisipi oleh jalur-jalur metabolisme piruvat dekarboksilase (PDC) dan alkohol dehidrogenase (ADHB) untuk konversi piruvat menjadi bioetanol akan dilakukan (Gambar 1). Pemberian konsentrasi format yang sesuai dalam media untuk reaksi FDH diharapkan akan meningkatkan tingkat NADH di dalam sel untuk menekan konsumsi piruvat melalui kompleks piruvat dehidrogenase (PDHc) dan piruvat oksidase (POX), sehingga akan meningkatkan akumulasi dari bioetanol. Jalur FDH akan mensuplai NADH untuk reaksi PDC dan ADHB, serta sistem respirasi

pada kondisi aerobik. Kondisi aerobik ini juga akan menurunkan aktivitas laktat dehydrogenase (LDH) untuk produksi produk samping laktat. Pada studi ini, akan diperoleh disain kultur *E. coli* yang meregulasi tingkat NADH di dalam sel dan oksigenasi untuk meningkatkan produksi bioetanol pada kondisi aerobik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh regulasi tingkat NADH di dalam sel rekombinan *E. coli* melalui transformasi FDH dan penambahan format ke dalam media sebagai faktor internal terhadap peningkatan akumulasi bioetanol yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pengaturan tingkat oksigenasi dari kultur *E. coli* sebagai faktor eksternal terhadap pembentukan bioetanol.

### **Perumusan Masalah**

Pemberian konsentrasi format yang sesuai dalam media untuk reaksi FDH akan meningkatkan tingkat NADH di dalam sel untuk menekan konsumsi piruvat melalui kompleks piruvat dehydrogenase (PDHc) dan piruvat oksidase (POX), sehingga akan meningkatkan akumulasi dari bioetanol. Jalur FDH akan mensuplai NADH untuk reaksi PDC dan ADHB, serta sistem respirasi pada kondisi aerobik. Kondisi aerobik akan menurunkan aktivitas laktat dehydrogenase (LDH) untuk produksi produk samping laktat. Disain kultur *E. coli* yang meregulasi tingkat NADH di dalam sel dan oksigenasi untuk meningkatkan produksi bioetanol pada kondisi aerobik.

## **METODE PENELITIAN**

### **Strain Bakteri dan Plasmid**

Strain bakteri yang digunakan adalah *E. coli* BW25113 (parent) dan mutan dari *E. coli* BW25113 tanpa gen *pta* (BW25113 $\Delta$ *pta*) yang diperoleh dari National Institute of Genetics, Japan (Baba *et al.* 2006). Plasmid yang digunakan adalah plasmid yang mengandung *fdh* dari *Mycobacterium vaccae*, yang diberi nama pHfdh, yang dikonstruksi dari metode sebelumnya (Ojima *et al.* 2012), dan plasmid yang mengandung gen *pdc* dan *adhB* dari *Zymomonas mobilis*, yang diberi nama pTpdc-adhB. Plasmid-plasmid tersebut disisipkan pada sel *E. coli*

BW25113 $\Delta$ ppta untuk menghasilkan strain rekombinan BW25113 $\Delta$ ppta/pHfdh/pTpdc-adhB.

### Kultivasi Strain *E. coli*

Strain *E. coli* dikultivasi dengan menggunakan prosedur sesuai dengan penelitian sebelumnya (Ojima *et al.* 2012). Medium yang digunakan disuplementasi dengan antibiotik yang sesuai (0,05 g/l ampicillin dan atau 0,03 g/l khloramfenikol). Untuk mengatur tingkat oksigenasi, digunakan laju pengadukan dan volume media yang berbeda.

### Analisis

Glukosa dan bioetanol dalam kultur broth diukur dengan menggunakan metode enzimatik. Konsentrasi asam organik diukur dengan menggunakan HPLC. Pada seluruh percobaan, data dipresentasikan sebagai nilai rata ± standard deviasi, yang diperoleh dari tiga ulangan percobaan.

### Tahapan Penelitian.

Penelitian akan dilaksanakan terdiri atas tiga tahap. Tahapan penelitian yaitu transformasi plasmid ke dalam sel *E. coli*, studi pengaruh tingkat oksigenasi terhadap akumulasi bioetanol, dan studi pengaruh penambahan format pada media terhadap produksi bioetanol.

### Transformasi Plasmid ke dalam Sel *E. coli*

Transformasi dilakukan dengan cara mamasukan plasmid ke dalam sel *E. coli*. Proses tersebut diawali dengan pencampuran 1 $\mu$ l larutan vektor ke dalam 100  $\mu$ l sel competence di dalam *eppendorf tube*. Kemudian dilanjutkan dengan pengadukan secara perlahan, dilanjutkan dengan inkubasi dalam wadah yang berisi es selama 30 menit. Setelah itu dilakukan *heat shocking* pada suhu 42 °C dalam air hangat selama 30 detik. Proses dilanjutkan dengan memindahkan larutan ke dalam media SOC yang kemudian diinkubasi selama 1 jam pada suhu 37 °C. Setelah itu, sel diinokulasikan pada cawan agar yang mengandung antibiotik sebagai seleksi koloni *E. coli* yang mengandung plasmid.

## Pengaruh Penambahan Format

Studi ini dilakukan dengan cara membandingkan bioetanol yang dihasilkan pada setiap perbedaan tingkat format yang diberikan ke dalam media kultivasi. Parameter kualitas yang akan diamati pada penelitian ini adalah laju konversi piruvat untuk produksi bioetanol. Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian pengaruh format pada tingkat 0 dan 4 g/l.

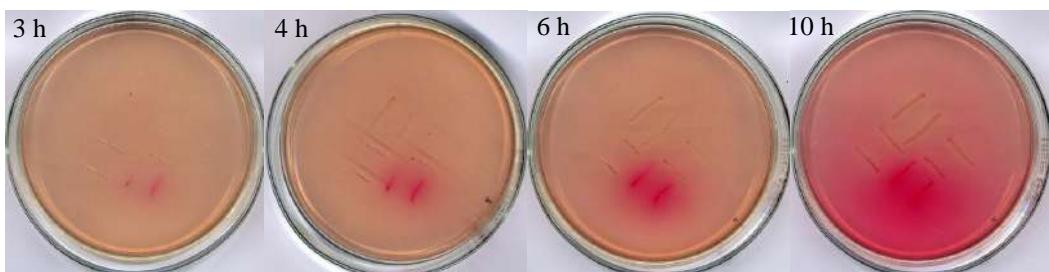
## Pengaruh Tingkat Oksigenasi

Studi ini dilakukan dengan cara membandingkan bioetanol yang dihasilkan pada setiap perbedaan tingkat oksigenasi yang diberikan. Parameter kualitas yang akan diamati pada penelitian ini adalah laju konversi piruvat untuk produksi bioetanol. Pada penelitian ini tingkat oksigenasi yang digunakan adalah koefisien pindah massa untuk oksigen ( $K_{La}$ ) sebesar 1,5 dan 4,9 per menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kloning Gen Produksi Etanol

Pada penelitian ini telah berhasil memastikan bahwa gen *adhB* yang disisipkan pada plasmid yang akan digunakan dapat bekerja dengan baik. Hal tersebut ditunjukkan oleh cawan indikator aldehid (Gambar 3).



Gambar 3 Cawan indikator aldehid. Koloni yang positif mengandung *adhB* merupakan koloni yang berwarna merah, yang dikelilingi oleh warna merah. Koloni yang tidak mengandung *adhB* merupakan koloni yang berwarna putih atau merah mudah dan terdapat warna jernih pada sekelilingnya setelah inkubasi selama 3 jam (3h), 4 jam (4h), 6 jam (6h), dan 10 (10h) jam.

Berdasarkan data pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa *adhB* yang telah disisipkan ke dalam plasmid dapat berkerja dengan baik untuk memproduksi

bioetanol dari asetaldehid. Hal tersebut juga ditunjukkan oleh warna merah pada sekeliling koloni tersebut pada inkubasi jam ke 10.

### Pengaruh Penambahan Format

Tabel 1 menampilkan pengaruh penambahan format pada media kultivasi terhadap etanol dan asam organik hasil metabolisme sel. Penambahan format dari 0 ke 4 g/l mampu meningkatkan produksi etanol. Peningkatan produksi etanol diikuti oleh penuruan akumulasi piruvat. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan format pada media kultivasi mengakibatkan lebih intensifnya konversi piruvat menjadi etanol. Sementara itu, selain peningkatan akumulasi etanol juga mengakibatkan peningkatan akumulasi asetat dan laktat. Hal tersebut membuktikan bahwa penambahan format pada media kultivasi mampu meningkatkan kandungan NADH di dalam sel yang dibutuhkan untuk produksi etanol dan asam laktat.

Tabel 1 Pertumbuhan sel, akumulasi etanol dan asam-asam organik di dalam kultur rekombinan *E. coli* dengan perbedaan penambahan format<sup>a</sup>

Penambahan Format [g/l]	Pertumbuhan sel [g/l]	Piruvat [g/l]	Etanol [g/l]	Asetat [g/l]	Laktat [g/l]
0	1.9 ± 0.1	0.9 ± 0.3	3.5 ± 0.5	4.6 ± 0.5	N.D. <sup>b</sup>
4	1.5 ± 0.2	N.D. <sup>b</sup>	4.8 ± 0.2	3.0 ± 0.3	4.0 ± 0.3

<sup>a</sup>Kultivasi dilakukan pada  $K_{La} = 1,5$  menit<sup>-1</sup>.

<sup>b</sup>N.D. berarti tidak terdeteksi

### Pengaruh Peningkatan Oksigenasi

Asam laktat merupakan metabolit yang dihasilkan oleh jalur metabolisme laktat dehidrogenase (LDH). Jalur tersebut sensitif terhadap keberadaan oksigen. Untuk lebih meningkatkan akumulasi etanol dilakukan peningkatan oksigenasi, agar menurunnya laju konversi piruvat menjadi asam laktat (Tabel 2).

Tabel 2 Pertumbuhan sel, akumulasi etanol dan asam-asam organik di dalam kultur rekombinan *E. coli* dengan perbedaan penambahan format<sup>a</sup>

$K_{La}$ [menit <sup>-1</sup> ]	Pertumbuhan sel [g/l]	Piruvat [g/l]	Etanol [g/l]	Asetat [g/l]	Laktat [g/l]
1,5	1.5 ± 0.2	0.9 ± 0.3	4.8 ± 0.2	3.0 ± 0.3	4.0 ± 0.3
4,9	1.3 ± 0.1	N.D. <sup>b</sup>	4.6 ± 0.7	4.2 ± 0.8	N.D. <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Kultivasi dilakukan pada penambahan 4 g/l format

<sup>b</sup>N.D. berarti tidak terdeteksi

Berdasarkan data Tabel 2 dapat diketahui bahwa peningkatan laju oksigenasi berpengaruh terhadap penurunan produksi asam laktat sampai pada tidak terdeteksinya akumulasi asam laktat pada media hasil kultivasi. Dilain pihak, peningkatan tingkat oksigenasi ini tidak berpengaruh nyata terhadap akumulasi etanol. Hal tersebut menunjukkan bahwa faktor konversi piruvat menjadi etanol oleh enzim-enzim yang berkaitan dengan produksi etanol tidak bekerja secara optimal. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh kestabilan plasmid yang rendah.

## KESIMPULAN

Faktor penambahan format ke dalam media kultivasi rekombinan *E. coli* berpengaruh pada peningkatan akumulasi etanol yang dihasilkan. Sementara itu, peningkatan tingkat oksigenasi dari  $k_{La} = 1,5 \text{ menit}^{-1}$  menjadi  $k_{La} 4,9 \text{ menit}^{-1}$  tidak berpengaruh nyata pada peningkatan produksi etanol.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan disampaikan kepada Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri (BOPTN) 2013, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada *National Institute of Genetics*, Jepang yang telah memberikan strain *E. coli* BW25113 $\Delta$ pta. Selain itu, penghargaan juga disampaikan kepada Prof Masahito Taya, Osaka University, Jepang yang telah menyediakan plasmid pHfdh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aleexeva S, De Kort B, Sawers G, Hellingwerf KJ, De Mattos MJT. 2000. "Effect of Limited Aeration and of the ArcAB System on Intermediary Pyruvate Catabolism in *Escherichia coli*," *J. Bacteriol.* 182: 4934–4940.
- Baba T, Ara T, Hasegawa M, Takai Y, Okumura Y, Baba M, Datsenko KA, M. Tomita, B. L. Wanner and H. Mori. 2006. "Construction of *Escherichia coli* K-12 in-frame, Single-gene Knockout Mutants: the Keio Collection," *Mol. Syst. Biol.* doi: 10.1038/msb4100050.

- Clark DP. 1989. "Fermentation Pathways of *Escherichia coli*," *FEMS Microbiol. Rev.* 63: 223–234.
- Lee M, Smith GM, Eiteman MA, Altman E. 2004. "Aerobic Production of Alanine by *Escherichia coli*ace $\text{FldhA}$  Mutants Expressing the *Bacillus sphaericus*alaD gene," *Appl. Microbiol.Biotechnol.* 65: 56–60.
- Ojima Y, Suryadarma P, Tsuchida K, Taya M. 2012. "Accumulation of Pyruvate by Changing the Redox Status in *Escherichia coli*," *Biotechnol.Lett.* 34: 889–893.
- Smith GM, Lee SA, Reilly KC, Eiteman MA, Altman E. 2006. "Fed-batch Two-phase Production of Alanine by a Metabolically Engineered *Escherichia coli*," *Biotechnol.Lett.* 28: 1695–1700.
- Suryadarma P, Ojima Y, Tsuchida K, Taya M. 2012. "Design of *Escherichia coli* Cell Cculture for Regulating Alanine Production under Aerobic Conditions, " *J. Chem. Eng. Japan.* 45: 604–608.
- Wada M, Narita K, Yokota A. 2007. "Alanine Production in an H<sup>+</sup>-ATPase- and Lactate Dehydrogenase-defective Mutant of *Escherichia coli* Expressing Alanine Dehydrogenase," *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 76: 819–825.
- Yokota A, Terasawa Y, Takaoka N, Shimizu H, Tomita F. 1994. "Pyruvic Acid Production by an F<sub>1</sub>-ATPase-defective Mutant of *Escherichia coli* W1485lip2," *Biosci.Biotechnol.Biochem.* 58: 2164–2167.
- Zhang X, Jantama K, Moore JC, Shanmugam KT, Ingram LO. 2007; "Production of L-Alanine by Metabolically Engineered *Escherichia coli*," *Appl. Microbiol.Biotechnol.* 77: 355–366.

## PENGKAJIAN TERHADAP RUMPON PORTABLE UNTUK PENGELOLAAN IKAN TUNA DAN CAKALANG SECARA BERKELANJUTAN

(Assesment Portable Fish Aggregating Device (FAD) for Sustainable Tuna and Skipjack Fisherie)

**Roza Yusfiandayani<sup>1)</sup>, Indra Jaya<sup>2)</sup>, Mulyono S. Baskoro<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

<sup>2)</sup> Dep. Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB

### ABSTRAK

Rumpon yang biasa digunakan oleh nelayan dan pengusaha di seluruh Indonesia adalah rumpon yang dipasang menetap di suatu perairan, sehingga tidak dapat dipindah-pindah ke perairan lain. Sejauh ini di Indonesia belum pernah dilakukan penelitian tentang efektivitas dan efisiensi rumpon yang dapat dibawa kemana-mana dan mudah dipindahkan (*portable*) untuk menangkap ikan tuna dan cakalang. Penelitian ini dibagi dalam dua tahap : (1) pembuatan desain instrumen rumpon *portable*, (2) ujicoba rumpon *portable* dan *Electric Fish Attractor* (EFA) di perairan Palabuhanratu dengan menggunakan pancing gajrut dan tonda. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) merancang dan membuat prototipe desain dan konstruksi rumpon *portable* yang dapat mengumpulkan ikan, (2) uji coba *electric fish attractor* dengan frekuensi suara yang berbeda, serta (3) Membandingkan efektivitas hasil tangkapan dengan menggunakan alat tangkap pancing tonda dan pancing gajrut. Hasil penelitian ini adalah (1) prototipe rumpon *portable* memiliki ukuran panjang dan lebar sebesar 1 meter, bahan yang digunakan kayu manglid, atraktor yang digunakan tali rafia, tali atraktor dan tali pemberat adalah tali PE berdiameter 4 mm serta pemberat timah, (2) EFA dengan frekuensi 10–1000 Hz mendapatkan ikan kuwe (*Caranx fasciatus*) dan ikan layur hitam (*Trichiurus* sp.), sedangkan EFA dengan frekuensi 1000–20.000 Hz mendapatkan ikan tuna sirip kuning, *yellowfin tuna* (*Thunnus Albacares*) sebanyak 2 ekor dengan ukuran panjang 30 cm dengan berat 40 kg, (3) Hasil tangkapan dengan pancing gajrut memiliki komposisi hasil tangkapan ikan layur hitam sebesar 63%, kurisi 10%, ekor kuning 7%, tongkol kue dan semar 4%, jambangan terong-terong, kerapu dan tuna 2% sedangkan dengan pancing tonda komposisinya ikan kembung, ekor kuning, selar kuning dan selar hijau masing-masing 1%.

Kata kunci: Rumpon *portable*, *electric fish attractor*, tuna.

### ABSTRACT

Fish Aggregating Device (FAD) usually used by small scale and large scale fishermen in Indonesia are FAD shallow and deep sea water which fix in the water. Efektivities and efficiency research activity about portable FAD in the water to catch thunnus spp. and skipjack have never been done in Indonesia. This research divided into two stage: (1) portable FAD design, (2) fishing trial with portable FAD used handline and troll line in Palabuhanratu waters. The purpose of this research are (1) to make portable FAD design, (2) fishing trial used Electric Fish Attractor (EFA) with different frequency, (3) to compared effectivity of catch composition with handline and troll line. The result of this study are (1) design FAD portable with length and width 1 m, the material is manglid wood, the attractors are raffia line and attractor and sinker line used PE with diameter 4 mm and tin sinker, (2) EFA with frequency 10–1.000 Hz catch *Caranx fasciatus* and

*Trichiurus* sp., whereas EFA with frequency 1.000–20.000 Hz catch 2 fish of *Thunnus Albacares* with length 30 cm and weight 40 kg, (3) catch composition used handline are *Trichiurus* sp. 63%, kurisi 10%, *Caesio cuning* 7%, *Euthynnus spp.* and semar 4%, jambangan terong-terong, *Lutjanus spp.* and *Thunnus Albacares* 2%, whereas catch composition with troll line *Rastrelliger spp.*, *Caesio cuning* and *Selar spp.* 1%.

Keywords: Portable FAD, *electric fish attractor*, thunnus.

## PENDAHULUAN

Rumpon atau *Fish Aggregating Device* (FAD) adalah salah satu jenis alat bantu penangkapan ikan yang dipasang dilaut, baik laut dangkal maupun laut dalam. Pemasangan tersebut dimaksudkan untuk menarik gerombolan ikan agar berkumpul disekitar rumpon, sehingga ikan mudah untuk ditangkap. Konstruksi rumpon menyerupai pepohonan yang dipasang/ditanam pada kedalaman tertentu di suatu tempat di perairan laut yang berfungsi sebagai tempat berlindung, mencari makan, memijah dan berkumpulnya ikan. Metode pemasangan dari rumpon laut dangkal dan rumpon laut dalam hampir sama, perbedaannya hanya pada daerah pemasangan serta bahan yang digunakan.

Secara garis besar rumpon, baik rumpon laut dalam maupun rumpon laut dangkal pada prinsipnya terdiri dari empat komponen utama, yaitu: (1) pelampung atau *float*; (2) tali panjang atau *rope*; (3) pemikat ikan atau *attractor* dan (4) pemberat atau *sinker*. Rumpon yang *portable* merupakan rumpon yang tidak diletakkan secara tetap di perairan, tetapi diletakkan pada saat akan melakukan kegiatan penangkapan di daerah penangkapan ikan tersebut, sehingga ketika tidak digunakan, dapat dibawa, dipindahkan ke daerah lain atau di simpan sampai dilakukan operasi penangkapan ikan selanjutnya.

Penelitian ini didasari oleh produksi perikanan tuna dan cakalang berbasis rumpon yang terus menurun dengan ketersediaan sumberdaya yang terbatas dan daerah penangkapan tuna dan cakalang yang semakin jauh, sementara upaya pemanfaatan semakin meningkat sehingga dipandang perlu adanya pengelolaan yang baik dan berkelanjutan. Berdasarkan permasalahan tersebut di atas maka dianggap perlu untuk mengkaji pembuatan rumpon portable yang mudah dibawa kemana-mana dan tingkat kelayakan pemanfaatan rumpon dan optimalisasi

armada penangkapan yang beroperasi di sekitar rumpon agar produktivitas optimum dapat terjaga.

Dasar pertimbangan yang menjadi kerangka pemikiran adalah peningkatan pemasangan rumpon yang menyebabkan peningkatan aktivitas penangkapan di lokasi penelitian yang mengakibatkan terjadinya penurunan hasil produksi sehingga dianggap perlu adanya pengelolaan pemanfaatan secara optimal dengan menitik beratkan pada masalah jumlah rumpon dan alat tangkap yang beroperasi di sekitar rumpon.

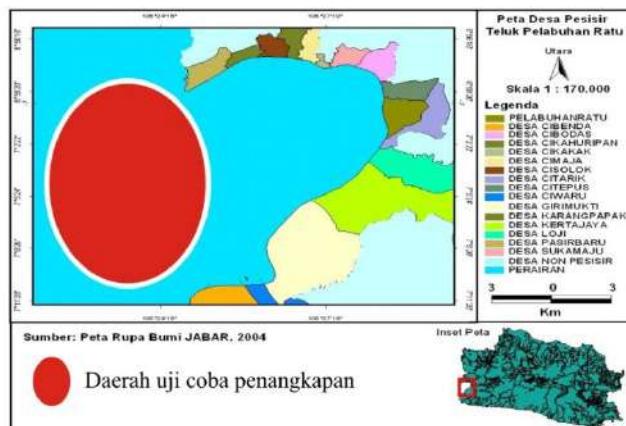
Oleh karena itu, pengkajian terhadap rumpon *portable* untuk pengelolaan ikan tuna dan cakalang secara berkelanjutan dalam mengantisipasi implementasi *Code of Conduct for Responsible Fisheries* ini perlu dilakukan. Rumpon *portable* memiliki keuntungan: 1) mudah dibawa dan ditempatkan di perairan; 2) dapat menjangkau ke perairan yang lebih jauh tanpa memerlukan biaya yang besar; dan 3) memudahkan operasi penangkapan ikan. Penelitian dengan ini diharapkan dapat memperkuat Sistem Inovasi Nasional dengan adanya rumpon *portable* yang memudahkan nelayan, informasi geospasial daerah penangkapan ikan yang bermanfaat bagi armada penangkapan serta informasi mengenai *carrying capacity* rumpon di suatu daerah penangkapan ikan sebagai komponen informasi dasar yang strategis dalam membantu merumuskan kebijakan pengelolaan berkelanjutan sumberdaya ikan.

Tujuan penelitian ini adalah: 1) Merancang dan membuat prototipe desain dan konstruksi rumpon *portable* yang dapat menarik ikan untuk berkumpul, 2) Merancang dan uji coba *electric fish attractor* dengan frekuensi suara yang berbeda, 3) Membandingkan efektivitas hasil tangkapan dari penggunaan rumpon *portable* dengan menggunakan alat tangkap pancing tonda dan pancing gajrut untuk menangkap ikan tuna dan cakalang.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Palabuhanratu pada bulan Agustus 2013 (Gambar 1). Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi peralatan yang digunakan untuk uji coba lapang serta alat dan bahan yang

digunakan dalam pembuatan rumpon *portable*. Peralatan yang digunakan untuk uji coba lapang adalah kapal, plankton net, tali tambang, GPS, *hand camera*, alat tangkap yaitu pancing gajrut dan pancing tonda untuk menangkap ikan tuna dan cakalang. Peralatan yang digunakan tersebut pengadaannya dilakukan secara langsung dari laboratorium dan dari nelayan bersangkutan yang ikut membantu penelitian ini (Tabel 1).



Gambar 1 Peta lokasi Penelitian.

Tabel 4 Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan rumpon *portable*

No.	Alat	Bahan
1	Pipa φ 0.5 mm	Epoxy Resin
2	Jaring PE	Dempul
3	Gergaji	Lem pipa dan paralon
4	Sambungan pipa T, L	Cat dan thinner
5	Tali PE 4 mm	Kabel
6	Jerigen 30 l	Coban
7	Roben ties nylon	Pemberat
8	Komputer/laptop	Kayu manglid
9	DMM	Paralon shock dan dop
10	PCB	Stainless steel
11	Toolkit	Lem pipa dan paralon
12	Bor Meja	Cat dan Thinner
13	Bor Tangan	Silikon Rubber
14	Peralatan solder	Kabel
15		MP3 player dan Amplifier
16		Speaker 4 inch
		Baterai Aki

Penelitian ini dibagi dalam 2 tahap : (1) pembuatan desain instrumen rumpon *portable*, *electric fish attractor* dan uji coba skala laboratorium,

(2) ujicoba rumpon *portable* dan *electric fish attractor* di perairan Palabuhanratu dengan *experimental fishing* menggunakan pancing gajrut (*handline*) dan tonda untuk menangkap ikan tuna dan cakalang. Waktu pengambilan data dilakukan pada pagi, siang dan sore hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rumpon *portable*

Rumpon *portable* yang dibuat mampu digunakan secara fleksibel karena mudah dibawa dan mudah dalam pengoperasiannya. Prototipe rumpon yang telah berhasil dibuat ada 2 yaitu rumpon *portable* menggunakan pipa paralon (Gambar 2) dan rumpon *portable* dari kayu manglid (Gambar 3). Pembuatan prototipe rumpon portable dari pipa paralon dilakukan di Laboratorium Teknologi Penangkapan Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.



Gambar 2 Rumpon *portable* PVC.



Gambar 3 Rumpon *portable* kayu manglid.

Prototipe rumpon *portable* yang telah selesai dirakit, diuji coba daya apung dan daya tenggelam dengan menggunakan air tawar di *watertank* Laboratorium Akustik Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Perhitungan daya apung dan daya tenggelam juga dilakukan di perairan Palabuhanratu. Perhitungan mengenai *bouyancy* dan *extra bouyancy* dari rumpon *portable* pada air tawar dan air laut yang ditampilkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Percobaan laut rumpon *portable* dilakukan di Palabuhanratu pada tanggal 21 Agustus sampai dengan 27 Agustus 2013. Proses penelitian diawali dengan pengangkatan rumpon *portable* yang telah diletakkan di kolam percobaan Stasiun Lapang Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Tahapan selanjutnya adalah memobilisasi rumpon *portable* dan barang bawaan menuju kapal di Palabuhanratu Dermaga 2. Pemberangkatan menuju daerah pengoperasian dilakukan pada pukul 10.15 dan tiba pada pukul 15.25. Pada pukul 16.00 dilakukan proses *setting* rumpon *portable* pada posisi S 07° 02'23,5" E 106° 25' 52,1" dengan urutan tahapan sebagai berikut:

1. menurunkan pemberat
2. menurunkan tali utama
3. menurunkan atraktor
4. menurunkan rangka atau badan rumpon dan pelampung.

Rumpon *portable* didiamkan diperairan selama 4 jam dengan rincian pada saat penurunan dilakukan pengambilan data plankton dan arus. Proses eksplorasi ikan dilakukan setelah rumpon *portable* diletakkan selama 2 jam dan bersamaan dengan itu dilakukan pengambilan data plankton yang kedua. Tahapan yang dilakukan dalam pengambilan data plankton diawali dengan mengikat pemberat pada tabung plankton net dan mengikat tali pada gagang *plankton net*. Tahapan selanjutnya ialah penurunan *plankton net* sedalam 5 meter didekat rumpon *portable* dan dilakukan pengangkatan. Tahapan selanjutnya ialah peletakkan hasil *plankton net* ke dalam botol film dan diberi lugol sebanyak 2 tetes. Tahapan pengukuran arus dilakukan dengan metode *lagrangian*, yakni dengan mengukur waktu dari perpindahan benda apung dari satu titik ke titik yang lainnya. Pada penelitian ini benda apung yang digunakan ialah karet yang diukur waktu

perpindahannya sepanjang 6,08 m dan dilakukan pengolahan data menggunakan rumus kecepatan ( $v = s \times t$ ). Proses eksplorasi pada tahapan setting yang pertama ini dilakukan dengan menggunakan *hand line* atau pancing ulur dengan metode *copping*, yakni metode memancing dengan menggunakan umpan buatan berupa cekungan sendok makan yang secara aktif ditarik dan disentak. Pada tahapan setting ini ikan yang berhasil ditangkap sebanyak 1 ekor. Tahapan pengangkatan rumpon *portable* dilakukan setalah diletekkan selama 4 jam. Tahapan pengangkatan rumpon *portable* dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. menaikkan atraktor.
2. menaikkan tali utama.
3. menaikkan pemberat.
4. menaikkan rangka atau bagan rumpon dan pelampung.

### ***Electric Fish Attractor***

Tahapan pengujicobaan *Electric Fish Attractor* di perairan Palabuhanratu yang dioperasikan secara bersamaan dengan rumpon *portable* selama dua kali penyetelan yang dilakukan pada pagi dan sore hari yang masing-masingnya dioperasikan selama empat jam dan setelah itu *Electric Fish Attractor* diangkat kembali. *Electric Fish Attractor* yang disetting pada pagi hari menggunakan frekuensi rendah (infrasonik), yakni kisaran frekuensinya diantara 10–1000 Hz dan *Electric Fish Attractor* yang disetting pada sore hari frekuensi yang digunakan pada kisaran sedang atau audiosonik yakni frekuensi diantara 1000–20.000 Hz. Hasil tangkapan *Electric Fish Attractor* dengan frekuensi suara 1.000–20.000 Hz pada pukul 18.20 WIB, menggunakan pancing gajrut dengan menggunakan umpan cumi-cumi menghasilkan tangkapan ikan tuna sirip kuning (*Thunnus Albacares*) sebanyak 2 ekor. Frekuensi suara yang sama yaitu 1.000–20.000 Hz didapatkan pula hasil tangkapan tongkol (*Auxis Thazard*) dengan menggunakan pancing gajrut dengan menggunakan umpan buatan berupa cekungan sendok yang dipipihkan. Hasil tangkapan ikan Kuwe (*Caranx Sexfaciatus*) didapatkan pada saat menggunakan frekuensi suara 10–1.000 Hz menggunakan pancing gajrut dengan umpan berupa ikan terbang.

Tabel 2 Data extra buoyancy rumpon portable pada air tawar

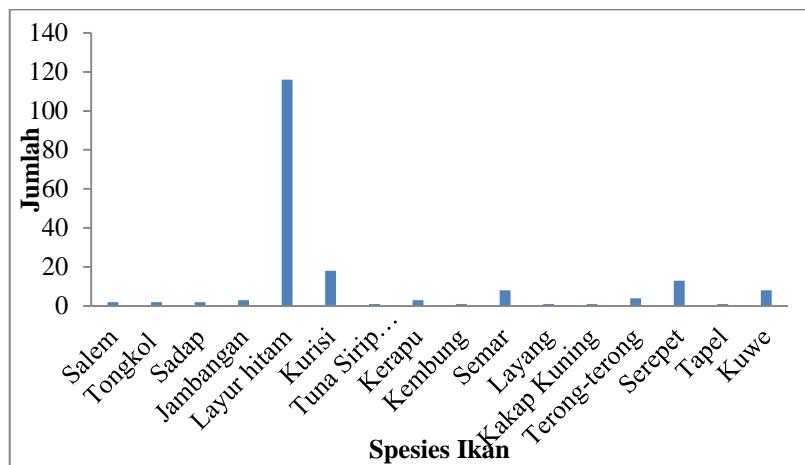
Nama benda	Volume (cm <sup>3</sup> )	w (berat benda) grm	Massa jenis air tawar	Jumlah	Satuan	Gaya apung	Gaya tenggelam	Gaya apung	Jumlah total tenggelam	Jumlah total apung	Extra buoyancy
Pemberat	1653,75	10000,00	1	1	buah	1653,75	8346,25	1653,75	8346,25	8346,25	173%
Pelampung	30000,00	950,00	1	4	buah	30000,00	-29250,00	120000,00	-117000,00	-117000,00	
Bambu 1	3108,00	630,00	1	6	buah	3108,00	-2478,00	18648,00	-14868,00	-14868,00	
Bambu 2	593,01	470,00	1	2	buah	593,01	-123,01	1186,02	-246,02	-246,02	
Bambu 3	382,40	350,00	1	4	buah	382,40	-32,40	1529,60	-129,60	-129,60	
Bambu 4	75,81	65,00	1	4	buah	75,81	-10,81	303,24	-43,24	-43,24	
Kayu 1	3024,00	1450,00	1	8	buah	3024,00	-1574,00	24192,00	-12592,00	-12592,00	
Kayu 2	520,00	450,00	1	8	buah	520,00	-70,00	4160,00	-560,00	-560,00	
Kayu 3	751,10	650,00	1	4	buah	751,10	-101,10	3004,40	-404,40	-404,40	
Kayu 4	544,18	480,00	1	8	buah	544,18	-64,18	4353,44	-513,44	-513,44	
Kayu 5	3120,00	1530,00	1	1	buah	3120,00	-1590,00	3120,00	-1590,00	-1590,00	
Kayu 6	2509,20	1320,00	1	2	buah	2509,20	-1189,20	5018,40	-2378,40	-2378,40	
Paku	0,00	1000,00	1	1	kilogram	0,00	1000,00	0,00	1000,00	1000,00	
Jaring	0,00	460,00	1	4	meter	0,00	460,00	0,00	1840,00	1840,00	
Tali rafia	0,00	610,00	1	1	gulung	0,00	610,00	0,00	610,00	610,00	
Tali PE 0,3 inci	28,26	1,32	1	5,15	meter	28,26	-26,94	145,54	-138,74	-138,74	
Tali PE 0,75 inci	176,63	158,03	1	12,6	meter	176,63	-18,59	2225,48	-234,28	-234,28	
Tali pvd 1 inci	490,63	202,45	1	10	meter	490,63	-288,17	4906,25	-2881,71	-2881,71	
								TOTAL	194446,114	-141783,58	

Tabel 3 Data extra buoyancy rumpon portable pada air laut

Nama benda	Volume (cm <sup>3</sup> )	W (berat benda) grm	Massa jenis air tawar	Jumlah	Satuan	Gaya apung	Gaya tenggelam	Jumlah total apung	Jumlah total tenggelam	Extra buoyancy
Pemberat	1653,75	10000,00	1,025	1	buah	1695,09	8304,91	1695,09	8304,91	173%
Pelampung	30000,00	950,00	1,025	4	buah	30750,00	-29250,00	120000,00	-117000,00	
Bambu 1	3108,00	630,00	1,025	6	buah	3185,70	-2555,70	19114,20	-15334,20	
Bambu 2	593,01	470,00	1,025	2	buah	607,84	-137,84	1215,67	-275,67	
Bambu 3	382,40	350,00	1,025	4	buah	391,96	-41,96	1567,84	-167,84	
Bambu 4	75,81	65,00	1,025	4	buah	77,71	-12,71	310,82	-50,82	
Kayu 1	3024,00	1450,00	1,025	8	buah	3099,60	-1649,60	24796,80	-13196,80	
Kayu 2	520,00	450,00	1,025	8	buah	533,00	-83,00	4264,00	-664,00	
Kayu 3	751,10	650,00	1,025	4	buah	769,88	-119,88	3079,51	-479,51	
Kayu 4	544,18	480,00	1,025	8	buah	557,78	-77,78	4462,28	-622,28	
Kayu 5	3120,00	1530,00	1,025	1	buah	3198,00	-1668,00	3198,00	-1668,00	
Kayu 6	2509,20	1320,00	1,025	2	buah	2571,93	-1251,93	5143,86	-2503,86	
Paku	0,00	1000,00	1,025	1	kilogram	0,00	1000,00	0,00	1000,00	
Jaring	0,00	460,00	1,025	4	meter	0,00	460,00	0,00	1840,00	
Tali rafia	0,00	610,00	1,025	1	gulung	0,00	610,00	0,00	610,00	
Tali PE 0,3 inci	28,26	1,32	1,025	5,15	meter	28,97	-27,65	149,18	-142,38	
Tali PE 0,75 inci	176,63	158,03	1,025	12,6	meter	181,04	-23,01	2281,11	-289,92	
Tali pvc 1 inci	490,63	202,45	1,025	10	meter	502,89	-300,44	5028,91	-3004,37	
						TOTAL		196307,27	-143644,73	

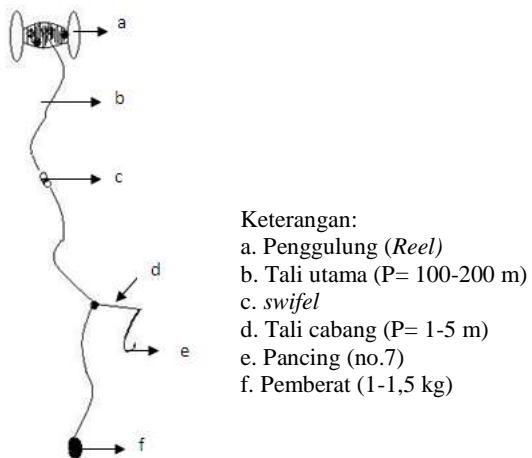
## Komposisi Hasil Tangkapan

Komposisi hasil tangkapan yang diperoleh saat melakukan uji coba penangkapan yang berlangsung mulai tanggal 21 Agustus 2013 sampai dengan 27 Agustus 2013 menghasilkan berbagai macam spesies ikan (Gambar 4). Hasil tangkapan yang diperoleh menghasilkan target utama penangkapan, yaitu tuna sirip kuning (*Thunnus Albacares*), tongkol (*Auxis Thazard*), dan kuwe (*Caranx Sexfasciatus*). Ikan yang mendominasi hasil tangkapan, yaitu layur hitam (*Trichiurus sp.*) yang didapatkan sebanyak 116 ekor.

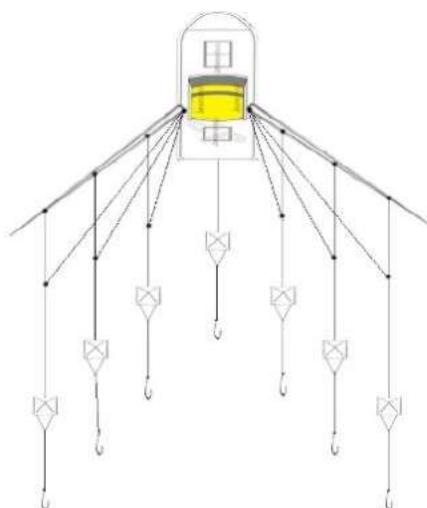


Gambar 4 Komposisi hasil tangkapan.

Alat tangkap yang digunakan adalah pancing gajrut (Gambar 5) dan pancing tonda (Gambar 6).

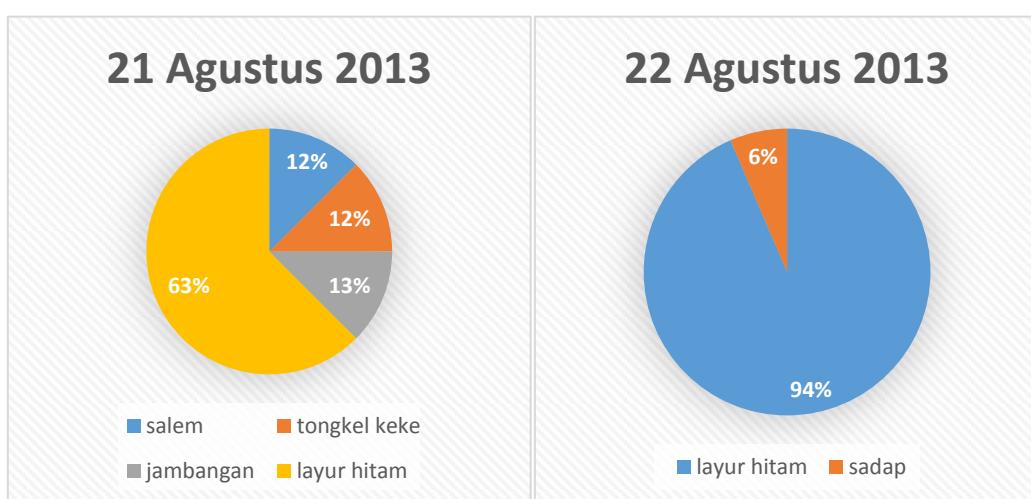


Gambar 5 Konstruksi pancing gajrut.

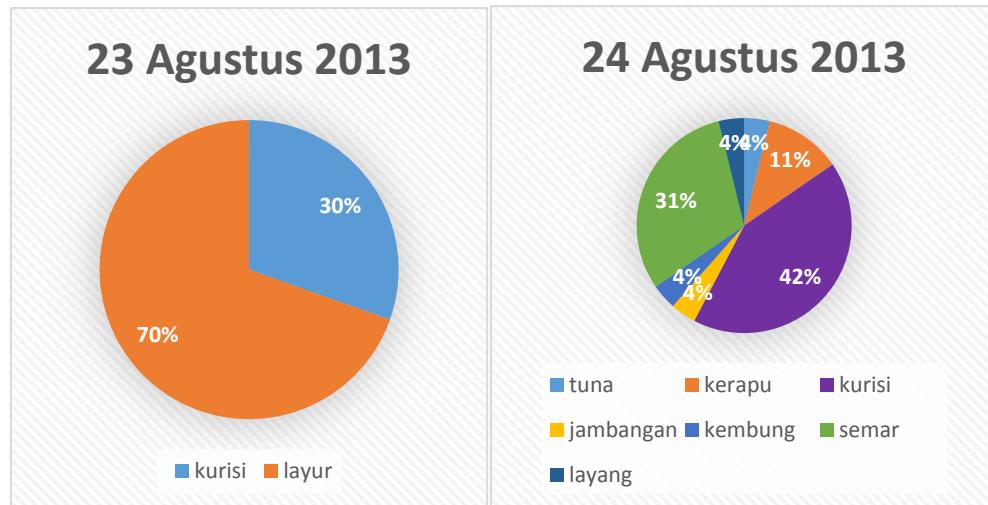


Gambar 6 Pancing Tonda.

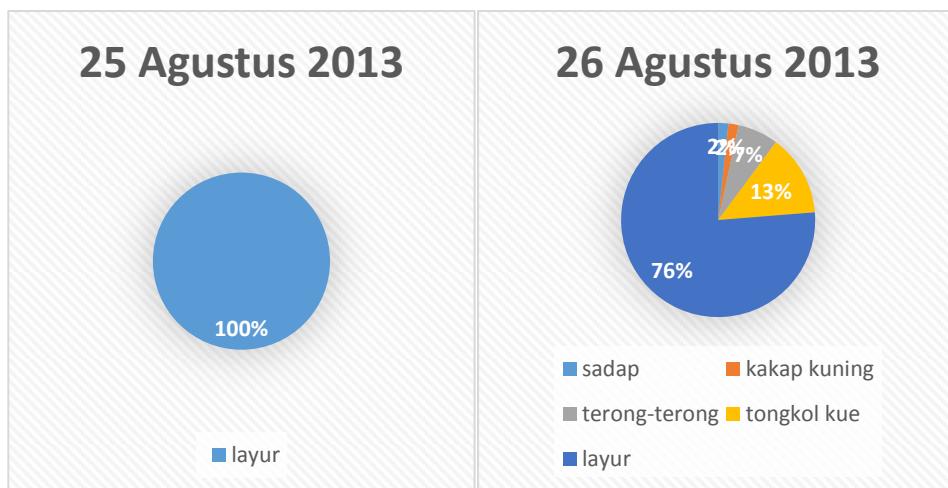
Hasil tangkapan uji coba rumpon *portable* di perairan dapat dilihat pada Gambar 4. Hal ini memperlihatkan bahwa rumpon *portable* dapat digunakan untuk menangkap ikan tuna dan tongkol yang merupakan ikan ekonomis penting. Penangkapan ikan di Palabuhanratu sejak tahun 2008 menangkap tuna dan cakalang dengan menggunakan rumpon yang menetap di perairan. Nelayan yang melihat pengoperasian rumpon *portable* sangat berminat untuk membuatnya karena mudah dibawa saat di kapal dan saat pengoperasiannya. Hasil tangkapan pada tanggal 21–27 Agustus sangat berfluktuasi (Gambar 7–10). Hasil tangkapan tuna berhasil didapatkan pada tanggal 24 Agustus sebanyak 2 ekor.



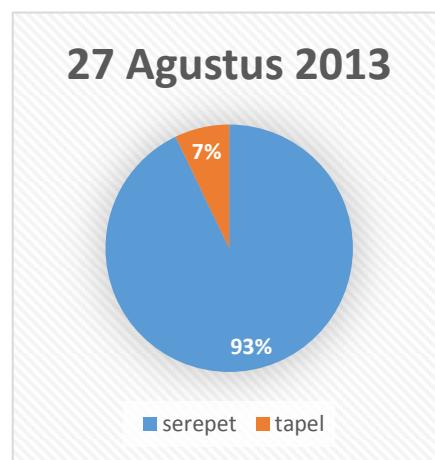
Gambar 7 Komposisi hasil tangkapan pada tanggal 21 Agustus dan 22 Agustus.



Gambar 8 Komposisi hasil tangkapan pada tanggal 23 Agustus dan 24 Agustus.



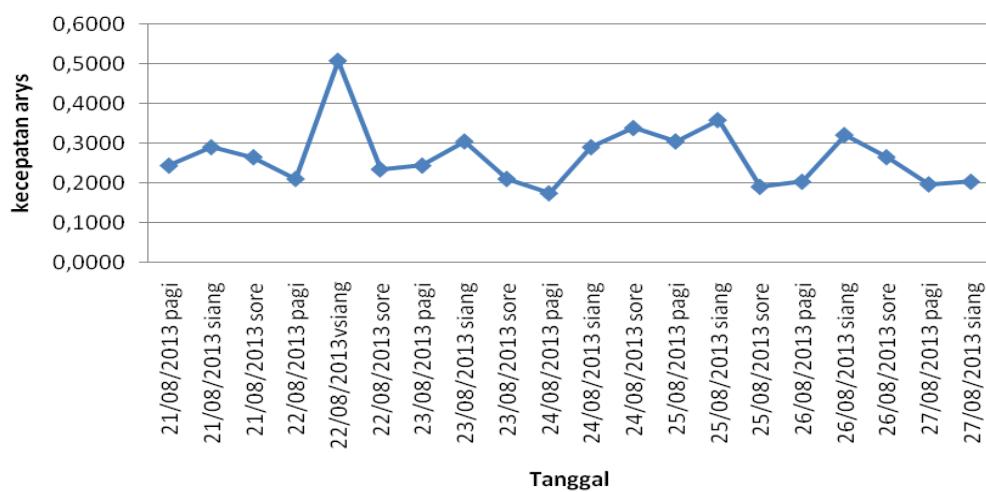
Gambar 9 Komposisi hasil tangkapan pada tanggal 25 Agustus dan 26 Agustus.



Gambar 10 Komposisi hasil tangkapan pada tanggal 27 Agustus.

Berdasarkan data harian yang di buat pada diagram terlihat persentasi keseluruhan dan persentasi harian ikan yang tertangkap. Persentasi keseluruhan ikan hasil tangkapan tertinggi adalah ikan layur sebesar 63% dari total 184 ekor ikan hasil tangkapan, kurisi 10%, serepet 7%, tongkol kue dan semar 4%, jambangan terong-terong, kerapu dan tuna 2%, dan sisanya masing-masing 1%.

Data hasil perhitungan kecepatan arus pada saat pengoperasian rumpon *portable* berdasarkan data fluktuasi perubahan arus yang digambarkan dalam kurva fluktuasi arus dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Kurva fluktuasi arus per setting rumpon *portable*.

Komposisi hasil yang didapatkan, bahwa setiap ikan yang tertangkap dalam isi perutnya terdapat plankton yang terdapat pula pada perairan (Tabel 5; 6; dan 7).

Tabel 5 Plankton yang berada di perairan dan di isi perut ikan pada penangkapan pagi hari

Genus	Perairan	Spesies Ikan		
		Kuwe	Kurisi	Salem
<i>Rhizosolenia</i>	v	v	v	v
<i>Leptocilindricus</i>	v	-	v	-
<i>Tintinnopsis</i>	v	-	v	-
<i>Skeletonema</i>	-	-	v	-
<i>Pleurosigma</i>	v	v	v	-
<i>Nitzschia</i>	v	-	-	-
<i>Guinardia</i>	v	v	-	-
<i>Coscinodiscus</i>	v	v	-	-
<i>Halosplaera</i>	-	v	-	-

Tabel 6 Plankton yang berada di perairan dan di isi perut ikan pada penangkapan siang hari

Genus	Perairan	Spesies Ikan		
		Kerapu	Kurisi	Salem
<i>Rhizosolenia</i>	v	v	v	v
<i>Leptocylindricus</i>	v	v	v	v
<i>Tintinnopsis</i>	v	-	-	v
<i>Skeletonema</i>	v	-	-	-
<i>Pleurosigma</i>	v	v	-	v
<i>Nitzschia</i>	v	v	-	-
<i>Guinardia</i>	v	-	-	-
<i>Bacillaria</i>	v	-	-	-
<i>Lauderina</i>	-	v	-	-
<i>Polykrikos</i>	-	v	-	-
<i>Ceratium</i>	-	v	v	-
<i>Prorocentrum</i>	v	-	-	-

Tabel 7 Plankton yang berada di perairan dan di isi perut ikan pada penangkapan malam hari

Genus	Perairan	Spesies Ikan				
		Kurisi	Kue	Layur	Layang	Tuna
<i>Rhizosolenia</i>	v	v	v	v	v	v
<i>Leptocylindricus</i>	v	v	v	v	v	v
<i>Tintinnopsis</i>	v	v	v	v	v	v
<i>Skeletonema</i>	-	v	-	-	-	v
<i>Pleurosigma</i>	v	-	v	v	-	-
<i>Nitzschia</i>	v	-	v	-	-	-
<i>Guinardia</i>	v	v	-	v	-	-
<i>Coscinodiscus</i>	-	-	v	v	-	-
<i>Bacillaria</i>	-	-	-	v	-	-

## KESIMPULAN

Prototipe rumpon *portable* memiliki ukuran panjang dan lebar sebesar 1 m, bahan yang digunakan adalah kayu manglid (jati putih), atraktor yang digunakan adalah tali rafia, tali yang digunakan sebagai tali atraktor dan tali pemberat adalah tali PE berdiameter 4 mm serta pemberat menggunakan timah. *Electric Fish Attractor* (EFA) dengan frekuensi 10–1000 Hz dengan alat tangkap pancing gajrut mendapatkan hasil tangkapan ikan kuwe (*Caranx fasciatus*) dan ikan layur hitam (*Trichiurus* sp.), sedangkan EFA dengan frekuensi 1000–20.000 Hz menggunakan pancing gajrut dengan umpan cumi-cumi mendapatkan tangkapan ikan tuna sirip

kuning, *yellowfin tuna* (*Thunnus Albacares*) sebanyak 2 ekor dengan ukuran panjang 30 cm dengan berat 40 kg.

Hasil tangkapan dengan pancing gajrut memiliki komposisi hasil tangkapan ikan layur hitam sebesar 63%, kurisi 10%, ekor kuning 7%, tongkol kue dan semar 4%, jambangan terong-terong, kerapu dan tuna 2% sedangkan dengan pancing tonda komposisinya adalah ikan kembung, ekor kuning, selar kuning dan selar hijau masing-masing 1%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI yang telah membiayai penelitian ini dengan jenis pendanaan BOPTN, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Institut Pertanian Bogor yang telah menfasilitasi pendanaan penelitian ini, Mahasiswa S1 sebanyak 5 (lima) orang di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini dan nantinya akan digunakan untuk bahan skripsi mereka.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barus HR, Linting M, Naamin N, Ilyas S, Badrudin M, Nasution C, Amin EM, Gafa B, Sarjana. 1992. Pedoman Teknis Peningkatan Produksi dan Efisiensi melalui Penerapan Teknologi Rumpon. Departemen Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta. 87 hal.
- Diniah, Monintja DR, Ardianto A. 2006. Teknologi Rumpon Laut Dalam sebagai Alat Bantu Pemanfaatan Sumberdaya Cakalang. Di dalam: Sondita MFA, Solihin I, editor. *Buku Kumpulan Pemikiran Teknologi Perikanan Tangkap yang Bertanggungjawab*. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Herrera M. 2002. Catches of artisanal and industrial fleet in Indonesia: An update. *WPTT02-02, IOTC Proceedings No. 5*.
- Monintja DR. 1990. Study on the development of rumpon as fish aggregating devices (FADs). *Bul FPIK IPB*. 3(2): 137.
- Monintja DR, Zulkarnain. 1995. Analisis dampak pengoperasian rumpon tipe philippine di perairan zee terhadap perikanan cakalang di perairan territorial Selatan Jawa dan Utara Sulawesi (laporan penelitian). Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.

Nurdin E. 2009. Perikanan tuna skala rakyat (*small scale*) di Prigi, Trenggalek Jawa Timur. *Widya Riset Perikanan Tangkap*. 2(4): 177–183.

Roza Y. 2004. Studi Tentang Mekanisme Berkumpulnya Ikan Pelagis Kecil di Sekitar Rumpon dan Pengembangannya Perikanan Di Perairan Pasaruan, Propinsi Banten. [Disertasi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.

**DETEKSI BAKTERI PATOGEN DAN FERMENTATIF DARI PANGAN  
 MENGGUNAKAN *REAL-TIME POLYMERASE CHAIN REACTION***  
(Detection of Pathogenic and Fermentative Bacteria from Food by Real-Time  
Polymerase Chain Reaction)

**B. Sri Laksmi S. Jenie, Harsi D. Kusumaningrum, Siti Nurjanah**  
Dep. Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode deteksi bakteri patogen *Cronobacter sakazakii*, *Staphylococcus aureus* dan bakteri fermentatif *Lactobacillus plantarum* menggunakan *real-time PCR* (rt-PCR). Amplifikasi sekuens parsial gen 16S rRNA dengan menggunakan PCR konvensional dan primer spesifik 16 SUNI-L/Saka-2b menghasilkan amplicon sebesar 1000 bp. Protokol rt-PCR dapat digunakan untuk mendeteksi tiga isolat *Cronobacter sakazakii* mulai siklus ke-4 sampai ke-30. Protokol ini menunjukkan spesifitas yang baik dengan kemampuan membedakan antara *C. sakazakii* dan *C. mytjensii* dengan suhu puncak pelelehan (Tm) sebesar 85,0–85,5 °C. Analisis *L.plantarum* menggunakan rt-PCR dengan primer 1541R/9F dan *L.plantarum* sa28k sebagai kultur standar, berhasil mengamplifikasi isolat *L.plantarum* sa28k dan beberapa isolat *Lactobacillus* sp. dengan kondisi sesuai PCR konvensional. Protokol yang digunakan dapat mendeteksi spesies *L.plantarum* sa28k dan mengidentifikasi beberapa isolat *Lactobacillus* sp. ditandai dengan suhu pelelehan yang hampir sama yaitu 85,5 °C. Isolasi DNA *S. aureus* juga berhasil dilakukan dengan metode yang dikembangkan yang ditunjukkan dengan pita DNA pada hasil elektroforesis isolat DNA. Amplifikasi dengan primer 63F dan 1387R menghasilkan produk PCR berukuran 1350 bp, sedangkan amplifikasi dengan primer 16sF dan 16sR3 menghasilkan produk PCR berukuran 240 bp. Suhu pelelehan (Tm) gen penyandi 16S rRNA *S.aureus* yang diamplifikasi baik dengan primer 63F/1387R maupun 16sF/16sR3 menggunakan rtPCR berkisar antara 83–84,5 °C. Protokol rt-PCR yang dikembangkan mempunyai spesifitas yang baik dan dapat digunakan untuk mendeteksi bakteri uji.

Kata kunci: *Cronobacter sakazakii*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus plantarum*, *real-time PCR*.

### **ABSTRACT**

Protocol of detection method using real time PCR (rt-PCR) was developed for *Cronobacter sakazakii*, *Staphylococcus aureus* and *Lactobacillus plantarum*. Amplification of partial sequencing of 16S rRNA using conventional PCR and specific primer of 16 SUNI-L/Saka-2b resulted in 1000 bp amplicon. The rt-PCR protocol could be used to detect three isolates of *Cronobacter sakazakii* began at cycle 4 until cycle 30. This protocol showed good specificity with the ability to differentiate between *C. sakazakii* and *C. mytjensii* with the peak of melting temperatures (Tm) were at 85,0–85,5 °C. Analysis of *L.plantarum* using rt-PCR with 1541R/9F primer and *L.plantarum* sa28k as standard culture successfully amplified *L.plantarum* sa28k isolate and several isolates of *Lactobacillus* sp. under PCR conventional condition. The protocol could be able to detect *L.plantarum* sa28k species and identify several *Lactobacillus* sp. isolates indicated by the similar melting temperature at 85,5 °C. Isolation of *S. aureus* DNA was also successfully performed by the developed protocol represented by the DNA bands obtained from electrophoresis of the DNA isolate. Amplification using 63F and 1387R pimers produced 1350 bp PCR product, while 16sF dan 16sR3 primers produced

240 bp PCR product. Melting temperatures of the encoded gene of 16S rRNA *S.aureus* amplified either by 63F/1387R or 16sF/16sR3 primers using rtPCR ranged between 83–84,5 °C. The developed protocol had good specificity and can be used to detect the test bacteria using rt-PCR.

Keywords: *Cronobacter sakazakii*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus plantarum*, real-time PCR.

## PENDAHULUAN

Keberadaan bakteri patogen penyebab penyakit maupun perusak pangan harus dihilangkan atau diminimalkan pada produk pangan, sehingga perlu dikendalikan untuk menjamin kesehatan konsumen. *Staphylococcus aureus* dan *Cronobacter sakazakii* (sebelumnya dikenal sebagai *Enterobacter sakazakii*), adalah dua contoh bakteri patogen yang menjadi perhatian di Indonesia pada lima tahun terakhir. *S. aureus* banyak ditemukan pada berbagai bahan pangan sebagai penyebab keracunan pangan. Bakteri ini mampu bertahan pada permukaan kering selama waktu tertentu (Kusumaningrum *et al.* 2003). *C. sakazakii* juga dilaporkan mampu bertahan dalam kondisi kering. Di Indonesia, isolasi bakteri ini dari beberapa jenis pangan telah dilaporkan (Dewanti-Hariyadi *et al.* 2012).

Bakteri asam laktat (BAL) seperti *Lactobacillus* sp (fermentatif Gram positif) banyak digunakan dalam proses fermentasi pangan, tetapi juga ditemukan dapat menyebabkan kerusakan pangan. Berbagai jenis Bal telah berhasil diisolasi dari produk pangan, diantaranya adalah dari sawi asin dan buah pisang. Hasil identifikasi genotipik isolat BAL yang tumbuh selama fermentasi spontan pisang var agung semeru adalah *L. salivarus* dan *L. fructivorans* (Nurhayati *et al.* 2011). Berdasarkan sifat fermentatif yang dimiliki, bakteri ini banyak dimanfaatkan untuk pengembangan produk fermentasi fungsional. Untuk tujuan ini, diperlukan informasi identitas BAL sampai tingkat strain yang dapat diperoleh dengan menerapkan metode PCR (*Polymerase Chain Reaction*).

PCR adalah salah satu metode deteksi bakteri berbasis biologi molekuler. Metode PCR merupakan teknik yang sangat berguna dalam membuat salinan DNA, dan umumnya digunakan pada analisis secara kualitatif. Untuk analisis dengan tujuan mengkuantifikasi DNA target dapat digunakan metode *real-time polymerase chain reaction*, juga disebut *real-time polymerase chain reaction*

kuantitatif (qPCR). Untuk satu atau lebih urutan tertentu dalam sampel DNA, *Real Time PCR*-memungkinkan deteksi dan kuantifikasi. Kuantitas dapat berupa jumlah mutlak salinan atau jumlah relatif ketika dinormalisasi untuk memasukkan DNA atau gen normalisasi tambahan (Dequenne *et al.* 2010). Kinerja real-time PCR seringkali dievaluasi dengan cara menetapkan Nilai Ct (Treshold Cycle), Nilai Tm (Suhu puncak peleahan) dan Kurva Standar. Nilai Ct adalah jumlah siklus yang sudah dapat mendeteksi adanya DNA. Nilai Ct dapat digunakan untuk menetapkan limit deteksi. Nilai Tm dapat digunakan sebagai spesifitas uji dan Kurva Standar dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi isolat dalam sampel uji. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan metode dan mendeteksi bakteri patogen *Staphylococcus aureus* dan *Cronobacter sakazakii* dan fermentatif asal pangan (*Lactobacillus sp.*) menggunakan metode real-time PCR.

## METODE PENELITIAN

Isolat yang digunakan adalah isolat *C. sakazakii*, isolat *Lactobacillus sp.* dan isolat *S. aureus* yang merupakan koleksi Staf bagian Mikrobiologi Pangan Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan IPB (Tabel 1).

Tabel 1 Isolat uji yang digunakan dalam penelitian

Kelompok Bakteri Uji	Isolat	Kode isolate	Sumber
<i>Cronobacter spp.</i>	Isolat standar	<i>C. sakazakii</i> FWH d16	Lada bubuk
	Isolat uji lain (sampel)	<i>C. sakazakii</i> FWH b6 <i>C. sakazakii</i> FWHD2c <i>C. mytjensii</i> ATCC 53129	Tepung terigu Cabai bubuk ATCC
	Isolat referensi	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	ATCC
	Isolat uji lain (sampel)	<i>S. aureus</i> UA1 <i>S. aureus</i> UA13 <i>S. aureus</i> SJ1	Tumis usus ayam Usus ayam Sate jerohan
<i>Lactobacillus sp.</i>	Isolat standar	<i>L. plantarum</i> sa28k	Saurkraut
	Isolat uji lain (sampel)	<i>Lactobacillus</i> sp. (pi) <i>Lactobacillus</i> sp. (tpyk) <i>Lactobacillus</i> sp. (mam325) <i>Lactobacillus</i> sp. (mab427)	Pikel Tempoyak Mandai Mandai

### **Isolasi DNA *Cronobacter sakazakii***

Isolat ditumbuhkan pada media Lactosa Broth (LB) selama ±24 jam pada *waterbath shaker*. Kemudian dilakukan isolasi DNA genom bakteri menggunakan metode ekstraksi fenol-kloroform (Brown 1992 dalam Gitapratwi *et al.* 2012). Isolat yang telah ditumbuhkan kemudian disentrifugasi pada 8000 rpm selama 3 menit. Pelet diresuspensi dalam 200 µl bufer Tris-EDTA (TE) dengan vorteks, ditambahkan 50µl Sodium Dodecyl Sulphate (SDS) 10% dan dicampur sampai suspensi terlihat jernih. Sepuluh µl proteinase-K (10 mg/ml) ditambahkan dan diinkubasi pada 37 °C selama 1 jam, kemudian ditambahkan 80 µl Cetyltrimethyl Ammonium Bromide/Natrium Chlorida (CTAB/NaCl) dan diinkubasi pada 65 °C selama 20 menit. Selanjutnya, ke dalam campuran ditambahkan campuran phenol:chloroform:isoamil alkohol (P:C:I; 25:24:1) dengan rasio 1:1 dan divorteks selama 2 menit. Campuran disentrifugasi pada 13500 rpm selama 10 menit dan fase cairan (*top layer*) dipindahkan ke tabung baru, ditambahkan dengan campuran C:I (24:1) dengan volume yang sama. Campuran disentrifugasi pada 13500 rpm selama 10 menit hingga fase terpisah dan *top layer* dipindahkan ke tabung baru. Selanjutnya ditambahkan 0,1 volume Na-asetat 3M (pH 5.2) dan isopropanol dengan dua kali volume larutan. Tabung diinkubasi pada -20 °C selama 1 jam dan presipitasi DNA dilakukan dengan sentrifugasi pada 13500 rpm selama 10 menit. Presipitat DNA ditambah dengan 500µl etanol 70% dan disentrifugasi pada 13500 rpm selama 10 menit. Pelet DNA dikeringkan dan diresuspensi dalam 100µl TE.

Kuantifikasi DNA dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi sekaligus tingkat kemurniannya pada OD 260 dan OD 280. Verifikasi DNA dilakukan dengan elektroforesis menggunakan gel agarosa 1.5% pada 120 V selama 40 menit 1x buffer TAE. Gel lalu diwarnai dengan *Ethidium Bromide* (EtBr) dan divisualisasi pada *Geldoc XR* (Bio-Rad).

### **Isolasi DNA *Lactobacillus* sp.**

Masing-masing isolat ditumbuhkan pada media LB selama semalam pada *waterbath shaker*. Kemudian dilakukan isolasi DNA genom bakteri menggunakan metode ekstraksi fenol-kloroform (Sambrook *et al.* 2001 dengan modifikasi). Isolat yang telah ditumbuhkan kemudian disentrifugasi pada 8000 rpm selama

3 menit, dan pelet diresuspensi dengan 500 µl buffer TE 1X sebanyak 2 kali. Setelah disentrifugasi, pelet diresuspensi dengan 500 µl buffer TE 1X dan 100 µl lisozim, diinkubasi pada suhu 4 °C selama 5 menit.

Kemudian ditambahkan 25 µl SDS 10%, 50 µl NaCl 5M, dan 100 µl proteinase K (20 mg/ml), divortex dan diinkubasi pada suhu 55 °C selama 2 jam. Selanjutnya ditambahkan 500 µl fenol:kloroform (1:1 v/v), divortex dan diinkubasi -20 °C selama 30 menit, lalu disentrifugasi pada suhu 4 °C, 12000 rpm selama 10 menit. Lapisan air bagian atas diambil dan dipindahkan ke tabung eppendorf baru dan diulang tahap penambahan fenol:kloroform sebanyak 3 kali. Lapisan air bagian atas diambil dan dipindahkan ke tabung eppendorf baru, ditambahkan 500 µl kloroform, disentrifus pada suhu 4 °C, 12000 rpm selama 10 menit. Lapisan air bagian atas selanjutnya dipindahkan ke tabung eppendorf baru, ditambahkan 0.3 kali volume lapisan air ammonium asetat 10M pH 7.4 dan isopropanol dingin 1 kali volume fase aqueous, diinkubasikan -20 °C selama semalam, kemudian disentrifus 14000 rpm selama 30 menit. Selanjutnya pelet ditambah dengan 500 µl etanol 70% dan disentrifus 12000 rpm selama 5 menit. Supernatan dibuang dan pelet dikeringudarakan, kemudian dilarutkan dalam 50 µl buffer TE 1X. Selanjutnya dilakukan kuantifikasi dengan spektrofotometer UV-Vis dan verifikasi DNA dengan elektroforesis sebagaimana tercantum di atas.

### **Isolasi DNA *Staphylococcus aureus***

Kultur *S. aureus* ATCC 25934 dan dua isolat lokal ditumbuhkan pada TSB selama 24 jam pada suhu 37 °C. Isolasi DNA genom bakteri *S. aureus* dilakukan dengan 2 metode. Metode 1 merupakan metode Doyle dan Doyle (1990) yang telah dimodifikasi oleh Khairiyah (2011) dengan penambahan lisozim. Kultur disentrifugasi pada 8000 rpm selama 10 menit. SDS ditambahkan pada suspensi pelet kultur bersamaan dengan lisozim kemudian diinkubasi dan tanpa penambahan CTAB. Metode 2 merupakan metode Mason *et al.* (2001) yang dimodifikasi, dimana penggunaan lisostaphin diganti dengan lisozim dan tidak menggunakan RNase. Satu mL kultur disentrifus dengan kecepatan 15000 rpm (21,000 x g) selama 1 menit. Pelet kemudian diresuspensi dalam 560 µl of TE buffer (10 mM Tris [pH 7.5] and 1 mM EDTA). Kemudian ditambahkan 5 µl of lisozim (10 mg/ml) dan dicampur dengan membolak-balik. Pada metode Mason

yang dimodifikasi, SDS ditambahkan sesudah inkubasi dengan penambahan lisozim dan ditambahkan CTAB sesudah diinkubasi dengan proteinase-K.

### Amplifikasi Gen 16S rRNA dengan PCR Konvensional

Amplifikasi gen 16S rRNA *C. sakazakii*, *Lactobacillus sp.* dan *Staphylococcus aureus* dilakukan dengan menggunakan PCR (*Polymerase Chain Reaction*) (Applied Biosystem 2720 *Thermal Cycler*) dengan primer reverse dan forward (Tabel 2).

Tabel 2 Urutan sekuen primer yang digunakan dalam pengujian

Bakteri	Urutan Primer	Ukuran Segmen	Referensi
<i>C. sakazakii</i>	Forward: 16SUNI-L AGAGTTTGATCATGGCTCAG) Reverse: Saka-2b (TCCCGCATCTCTGCAGGA)	1000 bp	Hasan <i>et al.</i> 2007
<i>Lactoba-</i> <i>cillus sp.</i>	Forward: 63f CAG GCC TAA CAC ATG CAA GTC Reverse: 1387r GGG CGG WGT GTA CAA GGC Forward: 9F (5'-GAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') Reverse: 1541R (5'-AAGGAGGTGATCCAGCC-3')	1350 bp 800 bp	Marchesi <i>et al.</i> , 1998 Arief 2011
<i>S. aureus</i>	Forward: 63f CAG GCC TAA CAC ATG CAA GTC Reverse: 1387r GGG CGG WGT GTA CAA GGC Forward: 16sF CCGCCTGGGGAGTACG Reverse: 16sR3 AAGGGTTGCGCTCGTTGC	1350 bp 240 bp	Marchesi <i>et al.</i> 1998 Lee <i>et al.</i> 2007

Proses amplifikasi dengan PCR dilakukan untuk 50 µl campuran reaktan yang masing-masing mengandung masing-masing 2 µl primer *forward* dan *reverse*, 3 µl DNA *template*, (20pmol/µl), 25µl PCR *Master Mix* dan 18 µl akuabides steril. Protokol PCR yang digunakan adalah pre-PCR, denaturasi, penempelan primer, elongasi atau pemanjangan primer dan post-PCR dengan siklus sebanyak 30 kali. Kondisi suhu dan waktu yang digunakan pada setiap tahap berbeda untuk setiap isolat sesuai dengan penelitian sebelumnya (Tabel 3).

Tabel 3 Protokol PCR untuk setiap isolat

Bakteri	Protokol PCR (Suhu dan Waktu)					Referensi
	Pre-PCR	Denaturasi	Annealing	Elongasi	Post PCR	
<i>C. sakazakii</i>	94 °C, 4 menit	94 °C, 50 detik	55 °C, 1 menit	72 °C, 50 detik	72 °C, 4 menit	Modifikasi Hasan (Hamdani, 2012)
<i>Lactobacillus</i> <i>sp.</i> dan <i>S. aureus</i>	95 °C, 3 menit	94 °C, 30 detik	55 °C, 30 detik	72 °C, 1 menit	72 °C, 5 menit	Modifikasi Doyle dan Doyle (Khoiriyah, 2011)

### **Verifikasi produk PCR dengan elektroforesis**

Sebanyak 10  $\mu$ l hasil PCR divisualisasi dengan menggunakan elektroforesis (BIORAD) pada gel agarosa 1,5% (w/v) dengan bufer 1x TAE pada voltase 110 V selama 30 menit.

### **Deteksi gen 16srRNA dengan Real-Time PCR**

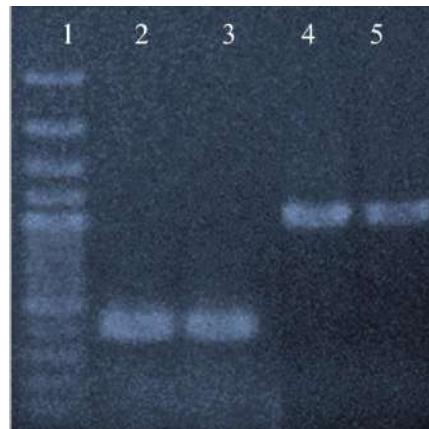
Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan kurva amplifikasi untuk setiap isolat. Sebanyak 2,0  $\mu$ l isolat dicampur dengan 9,5  $\mu$ l RNase *free water*; 12,5  $\mu$ l SYBR Green *supermix*; 0,5  $\mu$ l masing-masing *forward* dan *reverse* primer. Volume total larutan adalah 25  $\mu$ l. Larutan tersebut diamplifikasi dengan kondisi PCR untuk masing-masing isolat seperti yang dilakukan pada PCR konvensional (Tabel 2). Siklus yang digunakan sebanyak antara 30 sampai 40 siklus dan dilanjutkan dengan peleahan untuk memperoleh kurva peleahan (*melting curve*) yang akan digunakan untuk menentukan spesifitas uji. Kondisi runing rt-PCR ditentukan untuk setiap jenis bakteri. Kinerja real-time PCR dievaluasi dengan cara menetapkan Nilai Ct (*Threshold Cycle*), Nilai Tm (suhu puncak peleahan) dan Kurva Standar. Nilai Ct dapat digunakan untuk menetapkan limit deteksi sedangkan nilai Tm dapat digunakan sebagai spesifitas metode.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Konfirmasi *Cronobacter sakazakii* Menggunakan PCR Konvensional**

Isolat lokal Indonesia *C. sakazakii* FWH d16 dan *C. sakazakii* FWH b6 yang dianalisis menggunakan PCR dengan dua pasangan primer ESA-1/16SUNI-R menghasilkan produk berukuran 400 bp, dan dengan 16SUNI-L/Saka-2b menghasilkan produk berukuran 400 bp (Gambar 1).

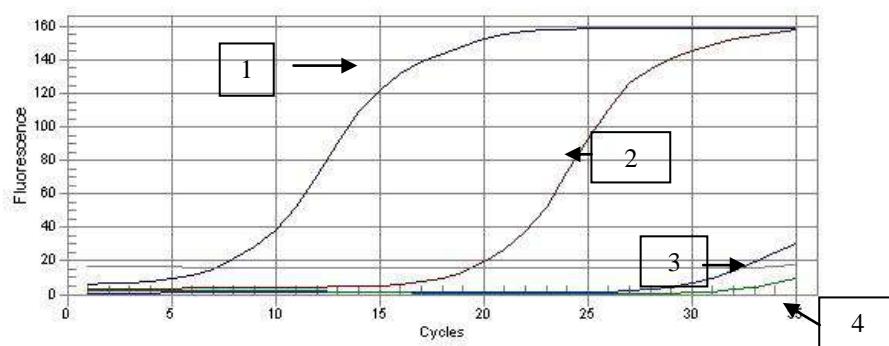
Amplifikasi menggunakan primer yang sama terhadap isolat lokal *C. sakazakii* lainnya telah dilakukan oleh Gitapratwi *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa produk segmen 1 (16SUNI-L/Saka-2b) berukuran 950 bp sedangkan segmen 2 (ESA-1/16SUNI-R) berukuran 400 bp. Amplifikasi gen 16S rRNA *C. sakazakii* yang dilakukan oleh Hassan *et al.* (2007) menyatakan bahwa pasangan primer ESA-1/16SUNI-R dan 16SUNI-L/Saka-2b masing-masing menghasilkan produk berukuran 408 bp dan 977 bp.



Gambar 1 Elektroforesis Gen 16S rRNA *C. sakazakii*. 1: DNA ladder 100 bp; 2: *C. sakazakii* FWH d16 dengan primer ESA-1/16SUNI-R; 3: *C. sakazakii* FWH b6 dengan primer ESA-1/16SUNI-R; 4: *C. sakazakii* FWH d16 dengan primer 16SUNI-L/Saka-2b; 5: *C. sakazakii* FWH b16 dengan primer 16SUNI-L/Saka-2b.

### Kualifikasi Gen 16S rRNA *Cronobacter Sakazakii* Dengan Real-time PCR

Kondisi running rt-PCR menggunakan kondisi running sesuai dengan PCR konvensional dengan penambahan pre-PCR, post PCR, dan kondisi melting. Kondisi yang digunakan dapat mendeteksi spesies *C. sakazakii* yang ditandai dengan kurva amplifikasi yang baik sampai silus ke-31. Setelah siklus ke-31, kondisi tersebut tidak sensitif karena dapat mengamplifikasi kontrol negatif dan spesies *Cronobacter* spp. lainnya, yaitu *C. muytjensii* (Gambar 2) .

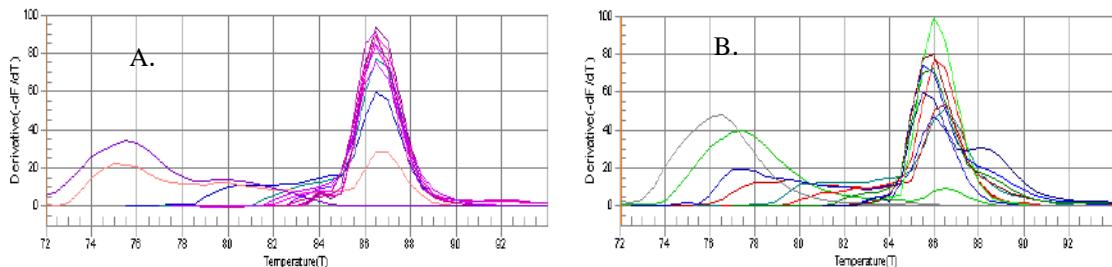


Gambar 2 Kurva Amplifikasi Isolat *C. sakazakii*, (1) *C. sakazakii* FWH d2c, (2) *C. sakazakii* FWH b6, (3) *C. muytjensii* ATCC 51329, dan(4) kontrol negatif.

### Spesifitas Uji *Cronobacter sakazakii* dengan real-time PCR

Kurva pelelehan digunakan untuk menentukan suhu pelelehan. Nilai suhu pelelehan yang sama dari masing-masing sampel uji menunjukkan spesifitas penggunaan primer dalam mendeteksi bakteri. Bakteri *C. sakazakii* FWH d16

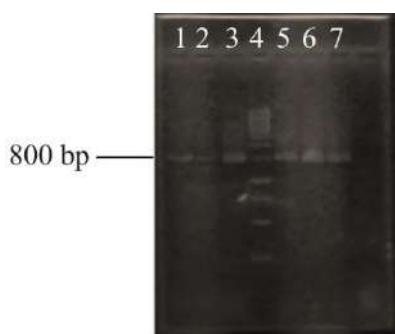
memiliki suhu pelelehan 86,5 °C jika diamplifikasi dengan primer 16SUNI-L/Saka-2b dan berkisar antara 85.5–86.5°C dengan menggunakan primer ESA-1/16SUNI-R (Gambar 3).



Gambar 3 Kurva Pelelehan *Cronobacter sakazakii* FWH d16(A) primer 16SUNI-L/Saka-2b, (B) ESA-1/16SUNI-R.

#### Konfirmasi *Lactobacillus* sp. menggunakan PCR konvensional

Isolasi DNA genom dengan metode modifikasi Sambrook (2001) menghasilkan DNA dengan jumlah yang cukup, tidak mendegradasi DNA, tidak terdapat kontaminasi, ditandai dengan pita yang terlihat nyata pada gel agarosa. Sebaliknya dengan metode Klijn (1991), pita tampak *smear*, mengindikasikan DNA terkontaminasi. Amplifikasi DNA yang mengkode 16S rRNA dilakukan dengan menggunakan primer universal 1541R dan 63F. Dari hasil amplifikasi sekuen parsial gen 16S rRNA dengan kondisi *running* PCR sesuai metode, pita tunggal DNA terlihat pada kisaran 800 bp seperti yang diharapkan (Gambar 4).

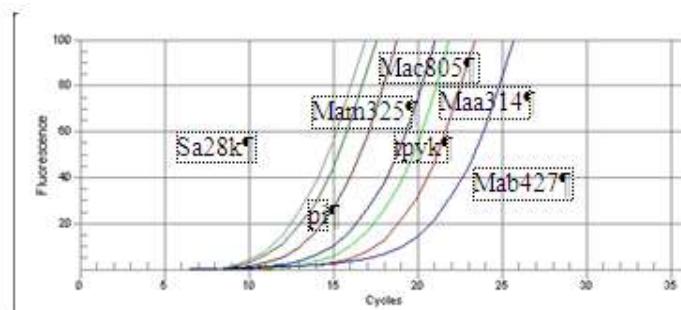


Gambar 4 Visualisasi DNA hasil amplifikasi PCR konvensional *Lactobacillus* sp. Dari kiri: (1) *L. plantarum* Sa28k, (2) Pi, (3) Tpyk, (4) DNA ladder, (5) Mam325, (6) Mab427, (7) Maa314.

#### Kualifikasi Gen *Lactobacillus* sp dengan Real-time PCR

Kondisi *running* rt-PCR dilakukan dengan menggunakan kondisi *running* sesuai dengan PCR konvensional dengan penambahan pre-PCR, post PCR, dan

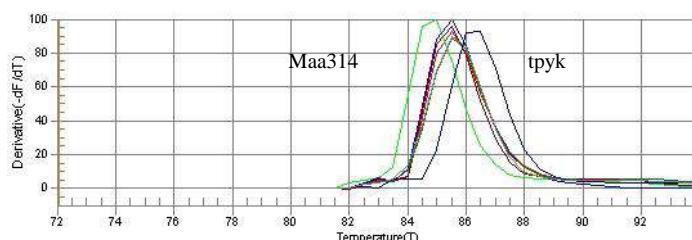
kondisi *melting*. Kondisi yang digunakan dapat mendeteksi spesies *L.plantarum* sa28k yang ditandai dengan kurva amplifikasi yang baik selama 30 siklus. Masing-masing isolat *Lactobacillus* sp. terdeteksi dengan baik dengan nilai Ct berbeda sesuai konsentrasi DNanya (Tabel 4).



Gambar 5 Kurva amplifikasi *L.plantarum* sa28k dan beberapa isolat *Lactobacillus* yang belum teridentifikasi.

#### *Spesifitas Uji Lactobacillus sp dengan Real-time PCR*

Nilai suhu pelelehan (*melting point*) akan menentukan apakah sampel berasal dari spesies yang sama dengan kultur acuan. Pada kurva pelelehan untuk sampel, sampel *Lactobacillus* dari Tpyk dan Maa314 menunjukkan nilai suhu pelelehan yang berbeda dengan kultur standar, mengindikasikan jika keduanya merupakan spesies yang berbeda (Tabel 4 dan Gambar 6).



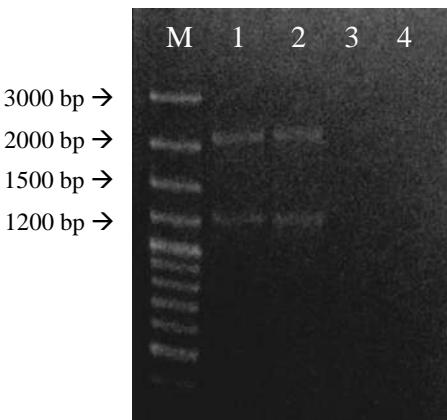
Gambar 6 Kurva pelelehan *L.plantarum* sa28k dan isolat *Lactobacillus* sp.

Tabel 4 Nilai CT dan suhu pelelehan untuk *L.plantarum* sa28k dan beberapa isolat *Lactobacillus*

Isolat	CT	Suhu Melting (°C)
<i>L.plantarum</i> sa28k	15,64	85,5
Tpyk	19,8	86,5
Pi	16,3	85,5
Mam35	17,55	85,5
Mab427	24,4	85,5
Maa314	20,72	85,0
Mac805	22,12	85,5

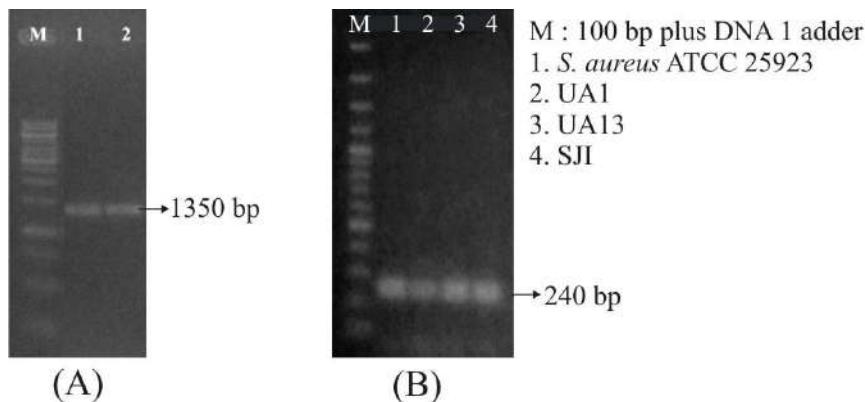
### Isolasi DNA *S. aureus* dan Identifikasi Menggunakan PCR Konvensional

Ekstraksi DNA *S. aureus* dilakukan dengan 2 metode yaitu modifikasi metode Mason (2011) sebagai metode 1 dan metode Doyle dan Doyle (1990) sebagai metode 2. Pada metode Doyle dan Doyle, SDS ditambahkan pada suspensi pelet kultur bersamaan dengan lisozim kemudian diinkubasi dan tanpa penambahan CTAB. Pada metode Mason yang dimodifikasi, SDS ditambahkan sesudah inkubasi dengan penambahan lisozim dan ditambahkan CTAB sesudah diinkubasi dengan proteinase-K. Isolasi dengan metode (2) tidak menunjukkan adanya pita DNA pada hasil elektroforesis DNA genom, sedangkan dari isolasi dengan metode (1) diperoleh isolat DNA yang ditunjukkan dengan adanya pita DNA pada hasil elektroforesis (Gambar 7).



Gambar 7 Hasil elektroforesis isolat DNA genom *S. aureus* (M= marker 100 bp plus DNA ladder; 1= *S. aureus* ATCC 25293 (metode 1); 2= Isolat UA1 (metode 1); 3= *S. aureus* ATCC 25293 (metode 2); 4= Isolat UA1 (metode 2)).

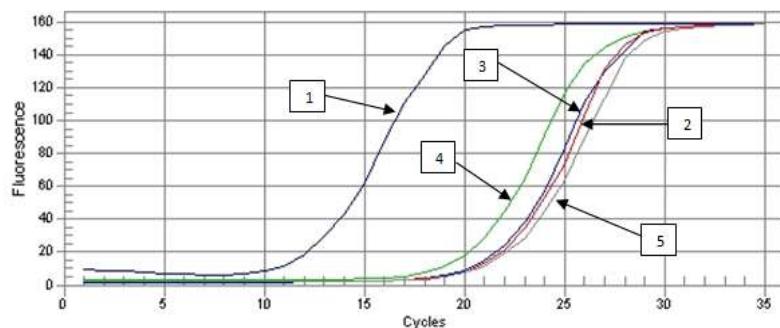
Pada hasil isolasi DNA genom dengan metode (1) diperoleh 3 pita DNA, yaitu pita yang terdapat di antara marker 1200 bp dan 1500 bp, di antara marker 2000 bp dan 3000 bp, serta di atas marker 3000 bp. Isolat DNA yang diperoleh kemudian digunakan sebagai templat pada amplifikasi gen 16s rRNA dengan PCR konvensional. Pada proses amplifikasi ini digunakan primer 63F dan 1387R dengan ukuran amplikon 1350 bp (Gambar 8).



Gambar 8 Hasil elektroforesis amplifikasi gen 16s rRNA (A) dengan primer 63F dan 1387R (M= marker 1 kb DNA ladder; 1= *S. aureus* ATCC 25293; 2= Isolat UA1); (B) dengan primer 63sF/63sR3. M= marker 1 kb DNA ladder; 1= *S. aureus* ATCC 25293; 2= Isolat UA1; 3= Isolat UA13; 4= Isolat SJ1.

## Kualifikasi Gen *S. aureus* dengan *Real-time PCR*

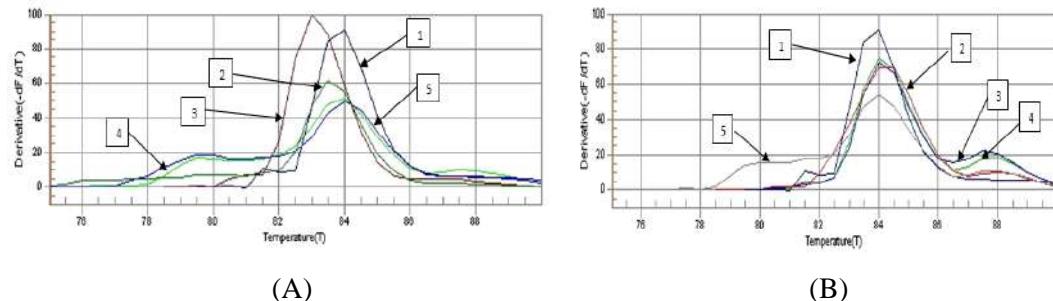
Pada amplifikasi gen penyandi 16S rRNA menggunakan real-time PCR dengan primer 16sF dan 16sR3, digunakan kondisi PCR, yaitu pre-denaturasi selama 1 menit pada 95 °C, 35 siklus amplifikasi (denaturasi 1 menit pada 95 °C, annealing 1 menit pada 55 °C, extention 1 menit pada 72 °C), dan terminasi pada 72 °C selama 5 menit (Lee *et al.* 2007). Nilai C<sub>T</sub> standar *S. aureus* ATCC 25923 dan beberapa isolat ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Kurva amplifikasi isolat *S. aureus* dengan primer 16sF dan 16sR3 (1= *S. aureus* ATCC 25923 100 ng/ $\mu$ l; 2= UA1; 3= UA13; 4= SJ1; 5: tanpa templat).

*Spesifitas uji *Staphylococcus aureus* menggunakan real-time PCR*

Penggunaan primer 16sF dan 16sR3 menghasilkan suhu pelehan ( $T_m$ ) yang mendekati dengan  $T_m$  gen penyandi 16S rRNA yang diamplifikasi menggunakan primer 63F dan 1387R, yaitu berkisar antara 83–84,5 °C (Gambar 10).



Gambar 10 (A) Kurva pelelehan standar *S. aureus* dengan primer 16sF dan 16sR3 (1= 1000 ng/ $\mu$ l); 2= 100 ng/ $\mu$ l; 3= 10 ng/ $\mu$ l; 4= 1 ng/ $\mu$ l; 5= 0.1 ng/ $\mu$ l); (B) Kurva pelelehan isolat *S. aureus* dengan primer 16sF dan 16sR3 (1= *S. aureus* ATCC 25923 1000 ng/ $\mu$ l; 2= UA1; 3= UA13; 4= SJ1; 5: tanpa templat).

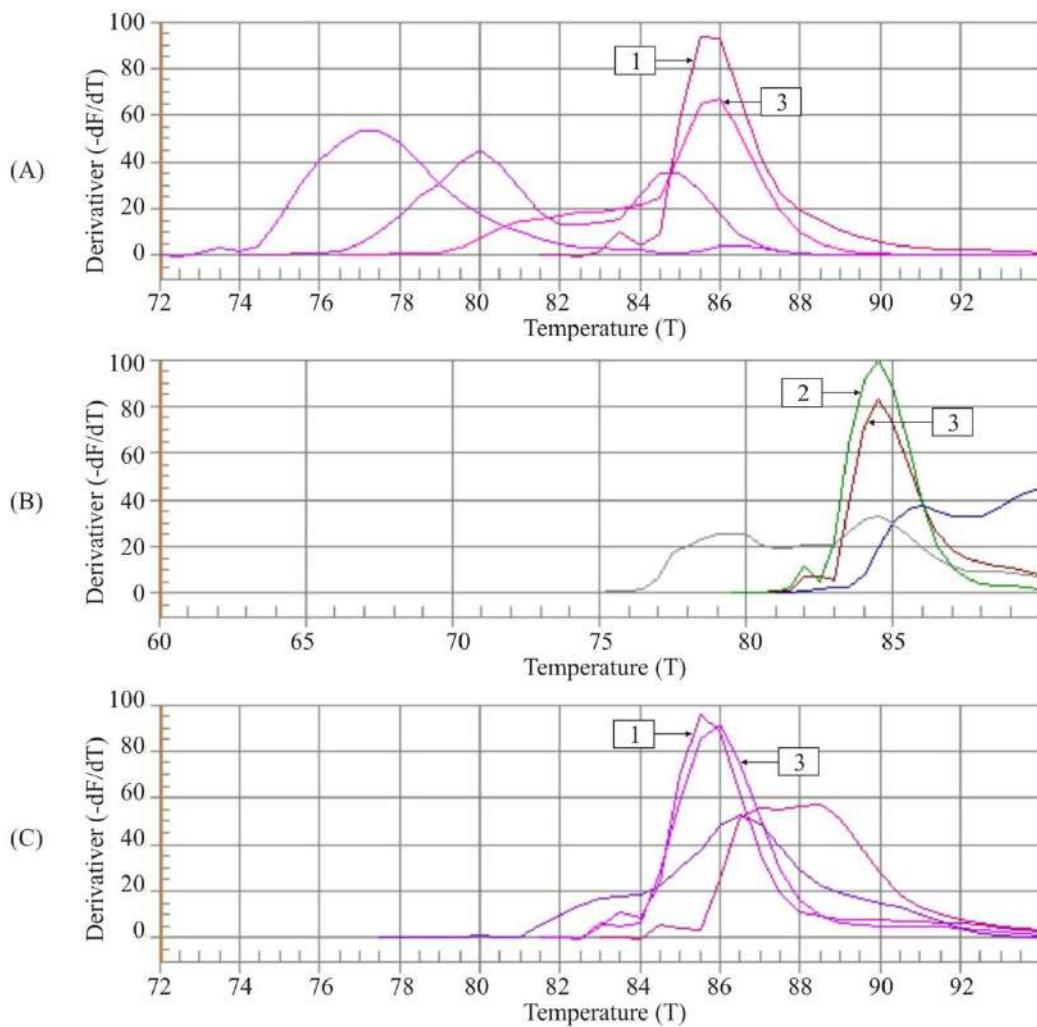
### Spesifitas metode deteksi menggunakan *real-time* PCR

Dalam penelitian ini analisis real-time PCR menggunakan SYBR green I digunakan untuk membedakan bakteri patogen ataupun bakteri fermentatif dari kultur murni. Bakteri patogen yang digunakan diantaranya *C. sakazakii* FWH d16 dan *S. aureus* ATCC 25923, adapun *L. plantarum* sa28k digunakan sebagai prekursor untuk bakteri fermentatif. Masing-masing bakteri diamplifikasi menggunakan primer yang berbeda dan spesifik untuk ketiga bakteri tersebut. Primer spesifik untuk *C. sakazakii* yakni ESA-1/16SUNI-R, primer spesifik untuk *S. aureus* adalah 16SF/16SR3 dan primer spesifik untuk *L. plantarum* adalah 9F/1541R.

Tabel 5 Nilai Ct dan suhu melting bakteri patogen dan fermentatif dengan tiga primer berbeda menggunakan *real-time* PCR

Primer	Bakteri	Nilai Ct	Suhu Melting (°C)
ESA-1/16 SUNI-R	Kontrol Negatif	15,69	77,0
	<i>C. sakazakii</i> FWHd16	9,69	85,5
	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	15,32	85,0
	<i>L. plantarum</i> sa28k	18,57	86,0
9F/1541R	Kontrol Negatif	20,51	76,5
	<i>C. sakazakii</i> FWHd16	10,18	86,0
	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	10,01	88,5
	<i>L. plantarum</i> sa28k	7,59	85,5
16SF/16SR3	Kontrol Negatif	13,22	79
	<i>C. sakazakii</i> FWHd16	11,32	86
	<i>S. aureus</i> ATCC 25923	10,15	84,5
	<i>L. plantarum</i> sa28k	2,33	84,5

Dari ketiga primer tersebut dapat digunakan untuk mengamplifikasi gen *C. sakazakii*, *S. aureus* dan *L. plantarum*. Primer ESA-1/16SUNI-R mengamplifikasi *C. sakazakii* FWH d16 dengan nilai Ct terendah dibanding dua bakteri lainnya (9.69). Primer 16SF/16SR3 dan 9F/1541R memiliki nilai Ct terendah untuk bakteri *L. plantarum* sa28k, yang masing-masingnya bernilai 2,33 dan 7,59 (Tabel 5).



Gambar 11 Kurva Pelelehan (1) *C. sakazakii* FWH d16, (2) *S. aureus* ATCC 25923, (3) *L. plantarum* sa28k. A. amplifikasi menggunakan primer ESA-1/16SUNI-R, B. amplifikasi menggunakan primer 16SF/16SR3, dan C. amplifikasi menggunakan primer 9F/1541R.

Kurva pelelehan digunakan untuk menentukan suhu pelelehan dari masing-masing isolat bakteri. Dalam penelitian ini terlihat bahwa suhu pelelehan berkisar antara 84,5–88,5 °C (Gambar 11). Dengan primer ESA-1/16SUNI-R, *S. aureus*

dapat dibedakan dari *C. sakazakii* dan *Lactobacillus* sp, sedangkan *C. sakazakii* dan *Lactobacillus* sp menunjukkan satu suhu pelelehan (Tm). Selanjutnya hasil menunjukkan bahwa dengan primer 16SF/16SR3, *C. sakazakii* dapat dibedakan dari *S. aureus* dan *Lactobacillus* sp, sedangkan *S. aureus* dan *Lactobacillus* sp menunjukkan satu Tm. Dengan primer 9F/1541R, *S. aureus* dapat dibedakan dari *C. sakazakii* dan *Lactobacillus*; sedangkan *C. sakazakii* dan *Lactobacillus* sp menunjukkan suhu pelelehan yang berdekatan. Dengan demikian, analisis suhu pelelehan belum dapat digunakan secara optimal untuk membedakan isolat bakteri spesifik. Hal ini kemungkinan disebabkan karena SYBR green yang digunakan dapat mengikat DNA rantai ganda yang tidak spesifik ataupun terjadinya *primer dimer*. Ahmed *et al.* (2008) menyatakan bahwa untuk meminimalisir terjadinya *primer dimer* atau teramplifikasinya produk yang tidak spesifik, dapat dilakukan dengan mengoptimasi suhu *annealing* dan konsentrasi primer yang digunakan.

## KESIMPULAN

Amplifikasi sekuen parsial gen 16S rRNA *C. sakazakii* dengan menggunakan PCR konvensional dan primer spesifik 16 SUNI-L/Saka-2b menghasilkan amplikon sebesar 1000 bp. Protokol rt-PCR dapat digunakan untuk mendeteksi ketiga isolat *Cronobacter sakazakii* mulai siklus ke-4 sampai ke-30. Protokol ini sudah menunjukkan spesifitas yang baik dengan kemampuan membedakan antara *C. sakazakii* dan *C. muytjensii*.

Analisis *L. plantarum* menggunakan RT-PCR, yang dilakukan dengan primer 1541R/9F dan *L. plantarum* sa28k sebagai kultur standar, berhasil mengamplifikasi isolat *L. plantarum* sa28k dan beberapa isolat *Lactobacillus* sp.

Untuk pengujian *S. aureus*, amplifikasi dengan primer 63F dan 1387R menghasilkan produk PCR berukuran 1350 bp, sedangkan amplifikasi dengan primer 16sF dan 16sR3 menghasilkan produk PCR berukuran 240 bp. Walaupun demikian, amplifikasi gen 16S rRNA dengan real-time PCR menggunakan primer 16sF dan 16sR3 menghasilkan kurva standar antara konsentrasi dan nilai  $C_T$  dengan nilai  $r^2$  yang lebih baik dibandingkan pada penggunaan primer 63F dan

1387R. Protokol rt-PCR dapat digunakan untuk mendeteksi tiga isolat *S. aureus* yang berasal dari produk pangan.

Analisis suhu pelelehan ( $T_m$ ) belum dapat digunakan secara optimal untuk membedakan isolat bakteri spesifik. Hal ini kemungkinan disebabkan karena SYBR green yang digunakan dapat mengikat DNA rantai ganda yang tidak spesifik ataupun terjadinya *primer dimer*. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut menggunakan konsentrasi primer dan molekul reporter fluoresens yang lebih spesifik (probe) sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih konsisten.

Pada tahun pertama ditentukan dan dikembangkan metode deteksi bakteri target yang berasal dari kultur murni. Perlu ditentukan dan dikembangkan metode deteksi bakteri target langsung dari matriks pangan, sehingga dapat mempercepat deteksi bakteri, terutama patogen, secara biologi molekuler dari produk pangan.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional yang telah mendanai penelitian ini dengan pendanaan BOPTN Perguruan Tinggi tahun 2013.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ahmed W, Huygens F, Goonetilleke A, Gardner T. 2008. Real-time PCR detection of pathogenic microorganism in roof-harvesed rainwater in Southeast Queensland, Australia. *Applied and Environmental Microbiology*. 74(17): 5490–5496.
- Arief II. 2011. Karakterisasi Bakteri Asam Laktat Indigenus Asal Daging Sapi Sebagai Probiotik dan Identifikasi dengan Sekuensing 16srRNA. [Disertasi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Dewanti-Hariyadi R, Larasati F, Nuraida L. 2012. Survival of *Cronobacter sakazakii* in milk during spray drying, storage and reconstitution. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 23(2): 186–192.
- Duquenne M, Fleurot I, Aigle M, Darrigo C, Boreze'e-Durant E, Derzelle S, Bouix M, Deperrois-Lafarge V, Delacroix-Buchet A. 2010. Tool for Quantification of Staphylococcal Enterotoxin Gene Expression in Cheese. *Applied and Environmental Microbiology*. 76(5): 1367–1374.

- Gitapratitiwi D, Dewanti-Hariyadi R, Hidayat SH. 2012. Genetic relatedness of *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*) isolated from dried food products in Indonesia. *International Food Research Journal.* 19(4): 1745–1749.
- Hamdani FW. 2012. Evaluasi Keragaman Genetika Isolat Lokal *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*) yang diperoleh dari Produk Pangan Kering. [Tesis]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hassan AA, Akineden Ö, Kress C, Estuningsih S, Schneider E, Usleber E. 2007. Characterization of the gene encoding the 16s rRNA of *Enterobacter sakazakii* and development of a species-specific PCR methods. *International Journals of Microbiology.* 116 (2): 243–248.
- Kusumaningrum HD, Riboldi G, Hazeleger WC, Beumer RR. 2003. Survival of foodborne pathogens on stainless steel surfaces and cross-contamination to foods. *International Journal of Food Microbiology.* 85: 227–236.
- Lee YD, Moon JH, Park JH, Chang HI, Kim WJ. 2007. Expression of enterotoxin genes in *Staphylococcus aureus* isolates based on mRNA analysis. *J Microbiol Biotechnol.* 17(3):461–467.
- Nurhayati B, Jenie BS, Kusumaningrum HD, Widowati S. 2011. Identifikasi fenotipik dan genotipik bakteri asam laktat asal fermentasi spontan pisang var. agung semeru (*Musa paradisiaca* formatypica). *Jurnal Ilmu Dasar.* 12(2): 210–225.
- Sambrook J, Russel DW. 2001. Molecular Cloning : A laboratory manual, 3rd Edition. Vol 1 (1.116-1.118). Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York.

**REKAYASA GENETIKA PADI (*Oryza sativa L.*) DENGAN GEN PENYANDI METALLOTHIONEIN TIPE II DARI *Melastoma malabathricum* L. (*MaMt2*)**

(Genetic Engineering of Rice (*Oryza sativa L.*) With Gene Encoding *Melastoma Malabathricum* Metallothionein Type II (*MaMt2*))

**Nurul Fitriah<sup>1)</sup>, Utut Widyastuti<sup>1,2)</sup>, Suharsono<sup>1,2)</sup>**

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi, LPPM, IPB

<sup>2)</sup>Dep. Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, IPB

**ABSTRAK**

Metallothionein berperan penting dalam mendetoksi beberapa ion logam seperti Cadmium dan merkuri dengan pengikatan. Tanaman yang mengekspresikan secara berlebih gen ini diduga akan menjadi toleran terhadap ion-ion logam lainnya seperti aluminium. Gen *MaMt2* penyandi metallothionein tipe II telah diisolasi dari *Melastoma malabathricum* yang merupakan tumbuhan yang sangat toleran terhadap cekaman Al. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan rekayasa genetika tanaman padi (*Oryza sativa L.*) dengan gen *MaMt2* di bawah kendali promoter ubiquitin dan terminator Nos. Untuk itu, kultivar Kasalath subspecies Indica dan Nipponbare subspecies Japonica digunakan dalam penelitian ini. Transformasi dilakukan terhadap kalus yang berasal dari biji masak dengan metode ko-kultivasi dengan *Agrobacterium tumefaciens* LBA 4404. Berdasarkan resistensi kalus terhadap agen seleksi higromisin, efisiensi transformasi di kultivar Kasalath lebih rendah yaitu 7,69% dari pada di kultivar Nipponbare yaitu 20%. Regenerasi tunas transgenik putatif yang dilakukan di media selektif yang mengandung higromisin menunjukkan bahwa efisiensi regenerasi kultivar Kasalath yaitu 20% lebih rendah dari pada kultivar Nipponbare yaitu 29%. Analisis molekuler dengan PCR menunjukan bahwa satu dari dua tanaman padi kultivar Kasalath transgenik putatif generasi T0 mengandung gen *MaMt2* di bawah kendali promoter ubiquitin. Tanaman transgenik ini telah menghasilkan biji generasi T1.

Kata kunci: Transformasi genetik, padi transgenik, gen *MaMt2*, kasalath.

**ABSTRACT**

Metallothionein (MT) has an important role to detoxify some heavy-metal ions, e.g., cadmium and mercury by binding these metal ions. We suppose that plant overexpressing this gene would be tolerant to other metal ions, including Al. *MaMt2* gene encoding for metallothionein type II had been isolated from *Melastoma malabathricum*. This research had an objective to engineer genetically the rice plant (*Oryza sativa L.*) by using *MaMt2* gene under the control of pUbiquitin promoter and Nos terminator. Two rice cultivars i.e. Kasalath (Indica) and Nipponbare (Japonica) were transformed with *MaMt2* gene, through *Agrobacterium*-mediated gene transfer method. The mature seed derived calli were used as explants to be infected by co-cultivation method with *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404. Based on hygromycin resistant calli on hygromycin selection medium, the transformation efficiency in Kasalath was 7,69%, while in Nipponbare was 20%. Based on resistant calli on selective medium, the efficiency of regeneration of transgenic shoots in Kasalath was 20%, while in Nipponbare was 29%. Molecular analysis by PCR showed that one of two putative Kasalath rice transgenic was confirmed as a transgenic plant containing *MaMt2* gene under the control of pUbiquitin promoter and NosT terminator. This Kasalath transgenic rice (P1) had resulted the T1 seeds.

Keywords: Genetic transformation, *MaMt2* gene, transgenik rice, kasalath.

## PENDAHULUAN

Padi merupakan salah satu tanaman pangan sangat penting, karena dikonsumsi oleh hampir 80% penduduk dunia terutama di Asia. Untuk mencukupi kebutuhan beras nasional yang terus meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka produksi padi harus ditingkatkan. Salah satu usaha untuk menaikkan produksi padi nasional adalah dengan perluasan areal tanam ke arah lahan marginal yang mempunyai keasaman yang tinggi, baik tanpa maupun dengan kandungan aluminium yang tinggi. Lahan marginal ini sangat luas di Indonesia dan dapat dimanfaatkan untuk produksi padi dengan menggunakan varietas yang sesuai. Perakitan varietas yang toleran terhadap lahan marginal ini dapat dilakukan dengan mengekspresikan secara berlebih gen-gen yang berhubungan dengan toleransi tanaman terhadap cekaman logam, diantaranya adalah gen penyandi metallothionein tipe II (*Mt2*). cDNA dari gen penyandi metallothionein tipe II dari *Melastoma affine* (*MaMt2*), telah berhasil diisolasi oleh Suharsono *et al.* (2009), dan gen tersebut telah difusikan dengan promoter ubiquitin di dalam plasmid pIG6-SMt2 dan berhasil diintroduksi ke tanaman kedelai (Anggraito 2012). Gen *MaMt2* diduga berperan dalam toleransi *Melastoma affine* terhadap cekaman Al.

Metallothionein adalah salah satu protein yang berperan dalam toleransi terhadap logam-logam yang berbahaya (Hall 2001). Metallothionein (MT) adalah protein yang banyak mengandung sistein yang berfungsi mengikat logam (*metal binding peptides*). Cobbett dan Goldbrough (2002) membagi metallothionein ke dalam empat tipe, berdasarkan susunan asam amino sistein (Cys). Menurut Duncan *et al.* (2006), motif dan susunan residu sistein (Cys) yang dimiliki oleh metallothionein (MT) diduga berkaitan dengan kemampuan MT mengikat logam dan kestabilan protein.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menganalisis ekspresi gen Metallothionein (MT) yaitu pada tanaman *Silene vulgaris* (van Hoof *et al.* 2001), *Arabidopsis* (Murphy & Taiz 1995), dan *Melastoma affine L.* (Trisnaningrum 2009). Sebagian besar ekspresi Metallothionein (MT) pada tanaman diinduksi oleh logam berat seperti tembaga (Cu), seng (Zn), cadmium (Cd), dan aluminium

(Al) (Robinson *et al.* 1993; Hall 2001). Gen *Metallothionein* telah diisolasi dari berbagai spesies tanaman seperti jagung (de Framond 1991), gandum (Snowden & Gardner 1993), *Arabidopsis* (Zhou & Goldsborough 1994; Guo *et al.* 2003) dan padi (Zhou *et al.* 2006). Transformasi genetik tanaman padi dengan gen metallothionein (*MaMt2*) yang diisolasi dari tanaman *Melastoma affine L.* diharapkan akan menghasilkan tanaman padi yang memiliki ketahanan terhadap logam berat seperti Al, Fe, Cd, dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan rekayasa genetika padi dengan menggunakan gen *MaMt2* dibawah kendali promoter ubiquitin.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji padi subspecies Indica kultivar Kasalath dan subspecies kultivar Nipponbare. Bakteri *Agrobacterium tumefaciens* LBA4404 yang mengandung vektor biner pIG6-SMt2 rekombinan yang membawa gen sisipan *MaMt2* dibawah kendali promoter ubiquitin di dalam daerah T-DNA, digunakan untuk melakukan transformasi padi. Peta daerah T-DNA disajikan pada Gambar 1 (Anggraito 2012).



Gambar 1 Peta daerah T-DNA plasmid pIG6-SMt2. RB = right border; Nos = nopaline synthase untuk gen target; *MaMt2* = gen target; Pubiquitin = promotor konstitutif untuk gen target; P35S = promotor konstitutif 35S CaMV untuk gen marka seleksi *hygromycin phosphotransferase II*; 35S polyA = signal/terminator transkripsi; LB = left border; kanamisin (R) = gen marka seleksi *neomycin phosphotransferase II* di luar T-DNA.

Primer 3UTRactinF (TCGGACCCAAGAATGCTAAG) dan 3UTRactinR (GCCGGTTGAAAACCTTGTCC) digunakan untuk kontrol internal PCR. Pasangan primer UbiQF (TGATGATGTGGTCTGGTTGG) dan NosTR (CTCATAAATAACGTCATGCATTACA), dan pasangan primer SMt2F (TCATGGATCCATGTCTGCTGTGGAGG) dan NosTR (CTCATAAATAAC GTCATGCATTACA) digunakan untuk mendeteksi integrasi transgen *MaMt2* di dalam genom padi transgenik.

## Pembentukan Kalus Padi

Biji padi dikupas kulitnya kemudian dicelupkan ke dalam etanol 70% (v/v) selama 1 menit, yang selanjutnya direndam di dalam 25 ml larutan sodium hipoklorit (NaOCl) 2% yang mengandung 1 tetes tween 20 selama 60 menit dengan pengocokan. Biji padi dibilas dengan akuades steril sebanyak 5 kali. Selanjutnya biji ditumbuhkan pada media induksi kalus, yaitu media 2N6 (Hiei & Komari 2008) selama 7 hari pada suhu 25 °C dalam kondisi gelap. Kalus yang berasal dari skutela dipisahkan dari endosperm dan tunas yang terbentuk. Kalus kemudian ditumbuhkan pada media yang sama dengan media induksi kalus, selama 3 hari pada suhu 28 °C dalam kondisi terang. Kalus ini selanjutnya siap untuk ditransformasi.

## Ko-kultivasi

Inokulum *Agrobacterium tumefaciens* strain LBA4404 yang mengandung plasmid pIG6-SMt2 yang membawa gen *MaMt2* ditumbuhkan pada media AB (Hiei & Komari 2008) yang mengandung antibiotik kanamisin (50 mg/l), higromisin (50 mg/l) dan streptomisin (100 mg/l) selama 3 hari. Koloni bakteri yang terbentuk disuspensiakan dalam media AAM (Hiei & Komari 2008) dengan densitas sel  $3 \times 10^8$  CFU (OD = 0,01 pada  $\lambda$  600 nm). Kalus-kalus yang siap ditransformasi dipindahkan dari media induksi kalus ke cawan petri steril yang berisi 5 ml air steril. Setelah itu, air steril yang digunakan untuk proses perendaman dibuang, kemudian 1 ml inokulum bakteri ditambahkan ke kalus dan dibiarkan selama 2–5 menit. Kalus dipindahkan ke media kokultivasi 2N6 yang ditambahi dengan 100 mg/l asetosiringon (Hiei & Komari 2008). Ko-kultivasi ini dilakukan selama 3 hari pada suhu 28 °C pada kondisi gelap.

## Seleksi

Setelah diinkubasi selama 3 hari pada media kokultivasi, kalus dipindahkan ke media seleksi yaitu: media 2NBKCH20 (Hiei & Komari 2008) dan diinkubasi pada suhu 28 °C dalam kondisi terang selama dua puluh hari (seleksi I). Kalus yang hidup dengan kondisi kalus berwarna putih kekuningan yang berproliferasi dipindahkan ke media N6CH30 (Hiei & Komari 2008) dan diinkubasi selama 10 hari pada kondisi terang dan suhu 28 °C (seleksi II).

## Regenerasi Tunas, Pengakaran dan Aklimatisasi

Kalus-kalus yang berdiameter 0,5–1,0 mm dipindahkan ke media regenerasi N6R. Inkubasi dilakukan selama 1–4 minggu dalam kondisi terang pada suhu 28 °C. Tunas yang tumbuh dipindahkan ke media induksi akar N6F dan diinkubasi selama 1–2 minggu dalam kondisi terang pada suhu 28 °C. Tunas yang telah berakar kemudian dipindahkan ke pot berisi campuran tanah dan kompos, selanjutnya ditumbuhkan di rumah kaca.

## Isolasi DNA

Daun tanaman padi yang masih muda ditimbang sebanyak 0,1 gram dan dimasukkan ke dalam mortar dan digerus hingga halus dengan bantuan nitrogen cair. Hasil gerusan dimasukkan ke dalam tabung mikrotube eppendorf yang berukuran 1,5 ml dan ditambahi dengan buffer 2x CTAB, dan β-merkaptoetanol (0,2%). Tabung dibolak-balik beberapa kali dan diinkubasikan pada suhu 65 °C selama 30 menit. Tabung disimpan di dalam es, kemudian, ditambahi kloroform-isoamil alkohol (24:1(v/v)) sebanyak 1 kali volume larutan, dan disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm (Jouan BR 4i) selama 10 menit. Supernatan yang diperoleh, dipindahkan ke dalam tabung mikrotube 1,5 ml, dan ditambahi PCI (phenol-choroform-isoamil alkohol 25:24:21 (v/v/v)) sebanyak 1 kali volume larutan, dibolak-balik dan disentrifugasi kembali dengan kecepatan 10,000 rpm selama 15 menit. Supernatan yang terbentuk dipindahkan ke tabung mikrotube baru, dan ditambahi sodium asetat 0,2 M sebanyak 0,1 kali volume larutan dan etanol absolut sebanyak 2 kali volume larutan, tabung dibolak-balik beberapa kali, kemudian disimpan dalam es/freezer (-20 °C) selama semalam. Kemudian, tabung disentrifugasi lagi pada kecepatan 10.000 rpm selama 20 menit, supernatan dibuang dan endapan yang terbentuk ditambahi dengan 1 ml etanol 70% (v/v) dan disentrifugasi dengan kecepatan 10,000 rpm selama 10 menit, kemudian endapan DNA dikeringkan dan diberi ddH<sub>2</sub>O dan RNase.

## Deteksi dengan PCR

Volume satu campuran reaksi PCR berjumlah 10 µl terdiri dari 1 µl template DNA yang telah diencerkan (1:10); 5 µl Dream Taq<sup>TM</sup> Green PCR Master Mix (2x); 0,25 µl primer *forward* (10 pmol/µl); 0,25 µl primer *reverse* (10 pmol/µl);

dan 3,5  $\mu$ l H<sub>2</sub>O. Amplifikasi dilakukan menggunakan mesin PCR *Applied Biosystem* dengan kondisi PCR terdiri dari pra-PCR 94 °C selama 5 menit, dilanjutkan dengan denaturasi pada suhu 94 °C selama 2 menit, *annealing* pada suhu 60 °C selama 1 menit 20 detik, *extension* pada suhu 72 °C selama 1 menit dan keseluruhan rangkaian dilakukan sebanyak 30 siklus, dan diakhiri dengan pasca-PCR pada suhu 72 °C selama 5 menit. Hasil PCR dielektroforesis pada gel agarosa 1% (b/v) pada voltase 100 volt selama 30 menit. Selanjutnya gel direndam dalam larutan etidium bromide (0,5 mg/l) selama 15 menit dan dibilas dengan H<sub>2</sub>O. Pita amplikon diamati di atas transilluminator UV.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Transformasi Genetik Padi dengan Gen *MaMt2*

Scutella yang ditumbuhkan pada media induksi kalus yaitu 2N6 yang diperkaya dengan 2.0 mg/l 2,4 D membentuk kalus yang berukuran lebih dari 3 mm setelah 3–4 minggu (Gambar 2).



Gambar 2 Tahapan induksi kalus dari biji *Oryza sativa* L. pada media 2N6 yang diperkaya dengan 2,4 D. A. biji padi (gabah) B. biji padi yang ditanam dalam media 2N6. C. kalus scutella berumur 14 hari dengan ukuran 1-3 mm. D. kalus berumur 1 bulan dengan ukuran  $\geq$  3 mm.

Penggunaan eksplan kalus dari biji (*mature seed*) pada transformasi genetik padi dengan perantara *A. tumefaciens*, memiliki beberapa kelebihan yaitu lebih mudah dilakukan karena dapat diproduksi dalam jumlah yang banyak dan selalu tersedia setiap waktu di laboratorium (Hiei & Komari 2008).

Sebelum ditransformasi, kalus disubkultur pada media baru selama tiga hari dalam kondisi terang yang bertujuan untuk menyegarkan kalus sehingga kualitas kalus tetap bagus untuk proses transformasi. Kualitas kalus merupakan salah satu

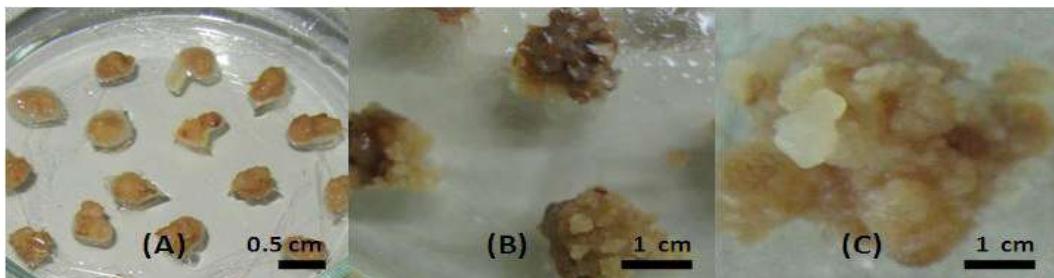
faktor yang menentukan keberhasilan transformasi dan regenerasi tanaman (Kyozuka & Shimamoto 1991).

Transformasi padi dilakukan dengan perendaman kalus di dalam suspensi *A. tumefaciens* yang diperkaya dengan senyawa asetosiringon selama 2–5 menit, yang diikuti dengan ko-kultivasi selama 3 hari dalam kondisi gelap dengan suhu 28 °C. Teknik perendaman merupakan teknik yang umum digunakan untuk infeksi dalam proses transformasi genetik (Hiei & Komari 2008; Sharma *et al.* 2009). Penambahan asetosiringon pada media ko-kultivasi baik itu padat maupun cair berfungsi untuk menginduksi *A. tumefaciens* agar dapat menginfeksi kalus dan mentransfer T-DNA *A. tumefaciens* ke kromosom tanaman padi. Senyawa ini meningkatkan ekspresi gen vir sehingga dapat meningkatkan frekuensi transformasi (Engstrom 1987). Gen *virA* dari *A. tumefaciens* aktif pada kondisi pH asam, dan diinduksi oleh senyawa fenolik seperti asetosiringon, dan golongan monosakarida (Doty *et al.* 1996).

Seleksi kalus transgenik pada proses penelitian ini, dilakukan sebanyak dua tahapan dengan penggunaan konsentrasi antibiotik secara bertingkat. Seleksi tahap pertama, konsentrasi antibiotik higromisin yang digunakan adalah sebesar 20 mg/l selama dua puluh hari, dimana setiap sepuluh hari disubkultur di media baru yang mengandung antibiotik dengan konsentrasi yang sama. Kalus yang hidup dan berproliferasi memiliki warna kuning cerah, berbentuk butiran pasir dan berwarna kuning pucat (Hiei & Komari 2008). Pada seleksi kedua, konsentrasi higromisin dinaikkan menjadi 30 mg/l selama sepuluh hari. Kalus yang hidup pada media seleksi ini jumlahnya lebih sedikit dibandingkan pada seleksi pertama. Penggunaan konsentrasi antibiotik higromisin yang bertingkat dilakukan untuk mendapatkan kalus-kalus transforman yang stabil (Anggraito 2012).

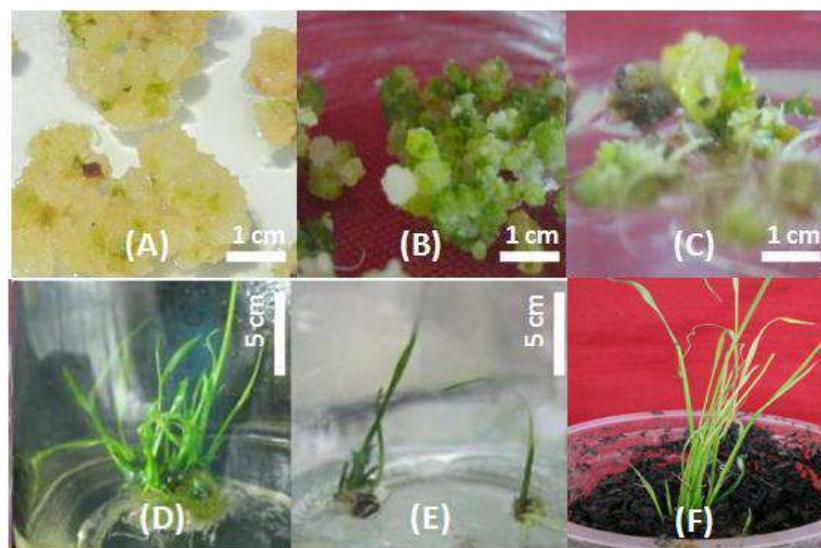
Menurut Kyozuka dan Shimamoto (1991), seleksi higromisin dengan konsentrasi 30 mg/l sebanyak dua kali yang terbagi atas seleksi pertama dan kedua menjamin bahwa tunas yang diperoleh adalah transgenik. Penggunaan antibiotik higromisin B (Hm) sebagai penanda seleksi pada kalus-kalus transgenik sangat efektif, terutama pada transformasi padi dibandingkan dengan penanda

seleksi Km<sup>r</sup> (*nptII*) (Kyozuka & Shimamoto 1991; Hiei & Komari 2008). Proses ko-kultivasi dan seleksi kalus transforman pada media higromisin dengan konsentrasi bertingkat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan ko-kultivasi dan seleksi kalus transgenik pada media seleksi yang mengandung higromisin dengan konsentrasi bertingkat yaitu 20-30 mg/l. A. kalus ditumbuhkan pada media ko-kultivasi 2N6 yang diperkaya asetosiringon. B. kalus yang ditumbuhkan pada media seleksi I. C. kalus yang hidup dan berproliferasi yang memiliki warna kuning cerah pada media seleksi II.

Kalus-kalus transgenik yang diperoleh selanjutnya diregenerasi pada media regenerasi tanpa higromisin, sesuai dengan Kyozuka dan Shimamoto (1991), karena penambahan higromisin pada media regenerasi menyebabkan menurunnya kemampuan kalus untuk beregenerasi. Setelah 3–4 minggu di media 2N6R, tunas-tunas transgenik putatif tumbuh dari bercak-bercak hijau yang terdapat di kalus. Tunas-tunas ini selanjutnya dipindahkan pada media pengakaran tanpa higromisin. Pada penelitian ini, kalus tanpa perlakuan ko-kultivasi dengan *A. tumefaciens* LBA 4404 yang ditanam pada media seleksi yang mengandung higromisin dengan konsentrasi bertingkat menunjukkan gejala kalus yang memucat dan mencoklat yang akhirnya mengalami kematian seperti yang diamati oleh Kyozuka & Shimamoto (1991), Hiei & Komari (2008) dan Anggraito (2012). Selain itu, pada penelitian ini biji padi yang tidak diperlakukan ko-kultivasi dengan *A. tumefaciens* LBA 4404 yang ditanam pada media regenerasi N6R yang mengandung higromisin, hanya berkecambah kemudian mati. Hasil ini, menunjukkan bahwa padi tidak memiliki ketahanan terhadap antibiotik higromisin pada konsentrasi yang digunakan untuk menyeleksi kalus transgenik. Tahapan regenerasi kalus transgenik sampai terbentuknya planlet, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Proses regenerasi dari kalus transgenik pada media regenerasi 2N6R, pengakaran tunas di media 2N6F, dan aklimatisasi tanaman transgenik. A. kalus transgenik setelah 1-2 minggu di media 2N6R membentuk bercak hijau. B. kalus transgenik berumur 3-4 minggu. C. tunas hasil regenerasi. D dan E tunas di media pengakaran 2N6F. F. tanaman transgenik di pot.

Berdasarkan kalus yang resisten terhadap higromisin pada seleksi tahap II, efisiensi transformasi padi kultivar Kasalath adalah sebesar 7,69%, sedangkan untuk kultivar Nipponbare adalah sebesar 20%. Perbedaan efisiensi transformasi ini menunjukkan bahwa efisiensi transformasi dipengaruhi oleh genotipe tanaman. Kalus Nipponbare lebih mudah untuk ditransformasi dan menghasilkan tunas yang lebih tinggi daripada Kasalath (Hiei & Komari 2008). Umumnya transformasi genetik pada kultivar japonica relatif lebih mudah dibandingkan kultivar indica. Kalus dari kultivar indica sering menjadi coklat dan mengalami kematian (Karthikeyan *et al.* 2011). Untuk kultivar padi yang rekalsiran, seperti padi indica beberapa modifikasi komposisi medium perlu dilakukan atau memerlukan kondisi kultur tertentu (Kyozuka & Shimamoto 1991). Efisiensi transformasi padi kultivar Kasalath dan Nipponbare dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perkembangan jumlah eksplan *Oryza sativa* L. selama proses transformasi dan seleksi

Kultivar	Jumlah eksplan	Jumlah kalus pada seleksi I		Jumlah kalus pada seleksi II		Efisiensi transformasi
		Hidup	Mati	Hidup	Mati	
Kasalath	130	60	70	10	50	7.69
Nipponbare	35	20	15	7	13	20

Efisiensi transformasi genetik pada padi bervariasi yaitu pada padi japonica sebesar 27% (Aldemita & Hodges 1996); 3,8%–38% (Nishizawa *et al.* 1999), sedangkan untuk pada padi indica sebesar 22% (Rashid *et al.* 1996); 5,6–6,2% (Arockiasamy & Ignacimuthu 2007); 2,0%–7,6% (Nandakumar *et al.* 2007), dan 9,33% (Karthikeyan *et al.* 2011). Hasil ini menunjukkan bahwa padi indica lebih sulit ditransformasi daripada padi japonica.

Efisiensi regenerasi dari kalus transgenik padi kultivar Kasalath adalah sebesar 20%, sedangkan kultivar Nipponbare sebesar 29%. Efisiensi regenerasi padi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Regenerasi tunas dari kalus padi transgenik

Kultivar	Jumlah eksplan	Jumlah eksplan bertunas	Jumlah tunas	Efisiensi regenerasi
Kasalath	10	2	2	20%
Nipponbare	7	2	4	29%

Kemampuan regenerasi dari kalus transgenik sangat dipengaruhi oleh kondisi kultur kalus, komposisi media regenerasi seperti zat pengatur tumbuh (ZPT), dan frekuensi subkultur media. Kemampuan regenerasi juga dipengaruhi oleh genotipe tanaman padi, dimana subspecies japonica relatif lebih mudah beregenerasi dibandingkan subspecies indica (Hiei & Komari 2008).

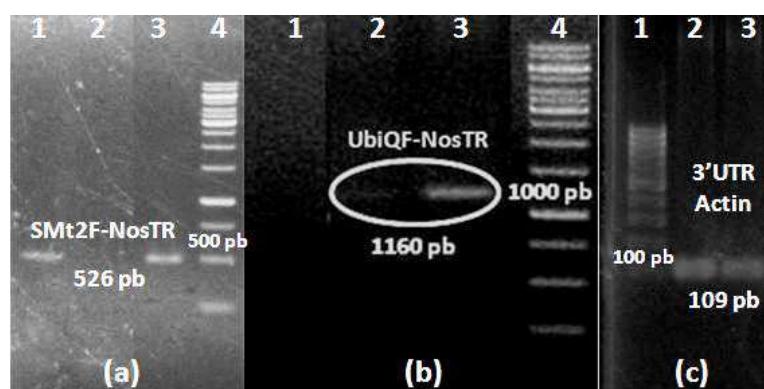
### **Uji integrasi Gen MaMt2 pada Padi Transgenik**

Transformasi genetik padi kultivar Kasalath menghasilkan 2 tunas transgenik putatif dan berhasil diaklimatisasi sampai menghasilkan biji. Analisis PCR dari dua tanaman transgenik putatif menunjukkan bahwa satu dari dua tanaman transgenik putatif tersebut adalah transgenik baik dianalisis dengan primer UbiQF-NosTR maupun SMt2F-NosTR (Gambar 4). Tanaman transgenik ini selanjutnya disebut P1.

Dengan menggunakan pasangan primer UbiQF dan NosTR, PCR terhadap tanaman P1 menghasilkan amplikon berukuran 1160 pb (Gambar 4b). Ukuran amplikon ini sesuai dengan ukuran DNA dari primer UbiQF yang terdapat pada promoter Ubiquitin, gen utuh *MaMt2* dan primer NosTR yang terdapat pada terminator Nos. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman P1 adalah transgenik yang

mengandung transgen *MaMt2* utuh dibawah kendali promoter pUbiquitin dan terminator NosT. Tanaman transgenik P1 ini dikonfirmasi dengan PCR yang menggunakan pasangan primer SMt2F dan NosTR. Hasil PCR adalah amplikon sebesar sekitar 526 pb yang sesuai dengan ukuran daerah antara Mt2 dan terminator Nos (Gambar 4a).

Analisis terhadap tanaman padi non-transgenik menunjukkan bahwa PCR dengan menggunakan pasangan primer UbiQF dan NosTR dan pasangan SMt2F dan NosTR tidak menghasilkan amplikon. Hasil PCR terhadap tanaman non transgenik ini menunjukkan bahwa pasangan primer UbiQF dan NosTR dan pasangan primer SMt2F dan NosTR tidak dapat mengamplifikasi Mt2 endogen dari padi, sehingga pasangan primer tersebut bersifat spesifik untuk mengamplifikasi gen *MaMt2*. Pada kedelai dan tembakau, kedua pasangan primer ini juga tidak bisa mengamplifikasi Mt2 endogen (Anggraito 2012). PCR dengan primer Actin, baik tanaman transgenik P1 maupun tanaman non-transgenik menghasilkan amplikon sekitar 109 pb (Gambar 4c) yang menunjukkan bahwa DNA yang diisolasi dari kedua tanaman tersebut, yaitu P1 dan non-transgenik, mempunyai kualitas dan kuantitas yang baik. Tanaman transgenik putatif Nipponbare mengalami kematian pada saat aklimatisasi sehingga tidak dianalisis secara molekular.



Gambar 4 Hasil analisis PCR DNA tanaman padi kultivar Kasalath transgenik T<sub>0</sub>. (a) dengan pasangan primer SMt2F dan NosTR. 1 = Kasalath transgenik T<sub>0</sub>; 2= Kasalath non-transgenik; 3= plasmid pIG6-SMt2; 4= marker 1 Kb ladder. (b) dengan pasangan primer UbiQF dan NosTR. 1= Kasalath non-transgenik; 2= Kasalath transgenik T<sub>0</sub>; 3= plasmid pIG6-SMt2; 4= marker 1 Kb ladder. (c) dengan primer gen internal aktin padi (3'UTR Actin). 1= marker 100 bp; 2= Kasalath non-transgenik; 3= Kasalath transgenik T<sub>0</sub>.

## KESIMPULAN

Padi kultivar Kasalath telah berhasil direkayasa secara genetik sehingga menghasilkan padi transgenik yang mengandung gen *MaMt2* dari *M. malabathricum* di bawah kendali promoter Ubiquitin dan terminator Nos.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Penelitian Unggulan Strategis Nasional, DIPA IPB Tahun Anggaran 2013 dengan judul: Rekayasa ekspresi gen-gen pembunganan dan toleransi terhadap aluminium pada tanaman dengan SPK No: 61/IT3.41.2/L1/SPK/2013 a.n. Prof. Dr. Ir. Suharsono, DEA.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldemita PR, Hodges TK. 1996. *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of japonica and indica rice varieties. *Planta*. 199:612–617.
- Anggraito YU. 2012. Transformasi genetik *Nicotiana benthamiana* L. dan kedelai dengan gen *MaMt2* penyandi metallothionein tipe II dari *Melastoma malabathricum* L. [Disertasi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Arockiasamy S, Ignacimuthu S. 2007. Regeneration of transgenic plants from two indica rice (*Oryza sativa* L.) cultivars using shoot apex explants. *Plant Cell Reports*. 26:1745–1753.
- Cobbett C, Goldbrough P. 2002. Phytochelatins and metallothioneins : roles in heavy metal detoxification and homeostasis. *Ann Rev Plant Biol*. 53:159–182.
- de Framond AJ. 1991. A metallothionein-like gene from maize (*Zea mays*): cloning and characterization. *FEBS Lett*. 290:103–106.
- Doty SL, Yu NC, Lundin JI, Heath JD, Nester EW. 1996. Mutational analysis of the input domain of the VirA protein of *Agrobacterium tumefaciens*. *J Bacteriol*. 178: 961–970.
- Duncan KER *et al*. 2006. Peptide folding, metal binding mechanism, and binding site structure in metallothionein. *Soc Exp Biol Med*. 1488–1499.
- Engstrom P. 1987. Characterization of *Agrobacteriumtumifaciens* virulence proteins induced by plant factor acetosyringone. *J Mol Biol*. 197: 635–645.

- Fukuzawa H, Li-Hua Y, Umeda-Hara C, Tagawa M, Uchimiya H. 2004. The rice metallo-thionein gene promoter does not direct foreign gene expression in seed endosperm. *Plant Cell Rep.* 23: 231–235.
- Guo WJ, Bundithya W, Goldsborough PB. 2003. Characterization of the *Arabidopsis* metallothionein gene family: tissue-specific expression and induction during senescence and in response to copper. *New Phytol.* 159: 369–381.
- Hall JL. 2001. Cellular mechanism for heavy metal detoxification and tolerance. *J Exp Bot.* 53(366):1–11.
- Hiei Y, Komari T. 2008. *Agrobacterium*-mediated transformation of rice using immature embryos or calli induced from mature seed. *Nature Protocols.* 3(5): 824–834.
- Van Hoof NALM, Hassinen VH, Hakvoort H, Ballintijn KF, Schat H. 2001. Enhanced copper tolerance in *Silene vulgaris* (Moench) garcke population from copper mines is associated with increased transcript levels of a 2b-type metallothionein gene. *Plant Physiol.* 126: 1519–1526.
- Karthikeyan A, Pandian SK, Ramesh M. 2011. Agrobacterium-mediated transformation of leaf base derived callus tissues of popular indica rice (*O. sativa* L. sub sp. indica cv. ADT 43). *Plant Sci.* 181: 258–268
- Kyozuka J, Shimamoto K. 1991. Transformation and regeneration of rice protoplast. *Plant Tissue Culture Manual* B2:1-17. Kluwer Academic Publisher.
- Murphy A, Taiz L. 1995. Comparison of metallothionein gene expression and non protein thiol in ten *Arabidopsis* ecotypes. Correlation with copper tolerance. *Plant Physiol.* 109: 945–954.
- Nandakumar R et al. 2007. *Agrobacterium*-mediated transformation of indica rice with chitinase gene for .
- Nishizawa Y et al. 1999. Enhanced resistance to blast (*Magnaporthe grisea*) in transgenic japonica rice by constitutive expression of rice chitinase. *Theor Appl Genet.* 99: 383–390.
- Rashid H, Yokoi S, Toriyama K, Hinata K. 1996. Transgenic plant production mediated by *Agrobacterium* in indica rice. *Plant Cell Rep.* 15: 727–730.
- Robinson NJ, Tommey AM, Kuske C, Jackson PJ. 1993. Plant metallothionein. *Biochem J.* 295: 1–10.
- Sharma MK, Solanke AU, Jani D, Singh Y, Sharma AK. 2009. A simple and efficient *Agrobacterium*-mediated procedure for transformation of tomato. *J Biosci.* 34: 423–433.

- Snowden KC, Gardner RC. 1993. Five genes induced by aluminum in wheat (*Triticum aestivum L.*) roots. *Plant Physiol.* 103: 855–861.
- Suharsono, Trisnaningrum N, Sulistyaningsih LD, Widyastuti U. 2009. Isolation and cloning of cDNA of gene encoding for metallothionein type 2 from *Melastoma affine*. *Biotropia*. 16(1): 28–37.
- Trisnaningrum N. 2009. Analisis ekspresi gen penyandi metallothionein tipe II pada *Melastoma affine L.* yang mendapat cekaman pH rendah dan aluminium [Tesis]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zhou GK, Xu YF, Li J, Yang L, Liu JY. 2006. Molecular analysis of the metallothionein gene family in rice (*Oryza sativa L.*). *J Biochem Mol Biol.* 39: 595–606.
- Zhou J, Goldsbrough PB. 1994. Functional homologs of fungal metallothionein genes from Arabidopsis. *Plant Cell.* 6: 875–884.

**KARAKTERISTIK TEKNIK PEMANENAN SAWIT DAN PEMANFAATAN ENERGI POTENSIAL TANDAN BUAH SEGAR (TBS) SEBAGAI SUMBER ENERGI PENGANGKUTAN TBS**

(Engineering Characteristic of Oil Palm Harvesting and Its Potential Energy for FFB Evacuation)

**Wawan Hermawan, Desrial**

Dep. Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**ABSTRAK**

Dalam panen kelapa sawit, tandan buah yang jatuh memiliki energi potensial yang cukup besar, yang dapat ditangkap dan digunakan sebagai daya penggerak angkong dalam mengevakuasi tandan buah segar (TBS). Penelitian ini dilakukan untuk mengukur karakteristik teknik panen TBS, menentukan bahan landasan terbaik untuk penangkap TBS, menganalisis potensi energi potensial TBS yang jatuh, dan merancang desain konseptual dari mesin penangkap dan pengangkut TBS. Pengukuran karakteristik panen dilakukan di perkebunan kelapa sawit. Empat jenis bahan landasan tangkapan diuji, yaitu: pelat baja, papan kayu, pelat baja *expanded* dan lembaran karet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, tandan jatuh pada jarak antara 0,6–1,4 m dari pohon. Berat TBS berkisar antara 16–32 kg. Bahan karet paling baik untuk penangkap TBS dalam mengurangi jumlah buah tercecer dan buah memar. Energi potensial TBS jatuh berada di kisaran 0,44–4,44 kJ. Jarak tempuh teoritis dari angkong yang menggunakan energi potensial yang ditangkap, berada di kisaran 2,27–22,98 m. Berdasarkan data pengukuran, sebuah desain konseptual mesin penangkap dan evakuasi TBS telah dirancang.

Kata kunci: Panen kelapa sawit, karakteristik teknik, energi potensial, landasan tangkapan, desain konseptual.

**ABSTRACT**

In oil palm harvesting, falling fruit bunches have a considerable potential energy, which can be captured and used to power the wheelbarrow in evacuating the fruit bunches. This study was conducted to measure the engineering characteristics of fruit bunches harvesting, determine the best fruit bunches catchment platform material, analyze the potential energy of falling fresh fruit bunch, and design a conceptual design of the catchment platform and evacuation machine. Measurements of the characteristics of the harvesting were done in an oil palm plantation. Four types of fruit catchment platform materials were tested, namely: steel plate, wood board, expanded steel plate and rubber sheet. The results showed that, bunches fell at a distance between 0,6–1,4 m from the tree. Fruit bunches weight was in the range of 16–32 kg. The rubber catchment platform was superior to the other materials in reducing the scattered loose fruits and bruised fruits. Potential energy of falling fruit bunches were in the range of 0,44–4,44 kJ. Theoretical traveling distance of the wheel barrow powered by the captured potential energy was in the range of 2,27–22,98 m. A conceptual design of catchment platform and evacuation machine was designed.

Keywords: Oil palm harvesting, engineering characteristics, potential energy, catchment platform, conceptual design.

## PENDAHULUAN

Pemanenan dan transportasi tandan buah segar kelapa sawit (TBS) merupakan kegiatan yang paling intensif dilakukan di perkebunan kelapa sawit. Secara umum, panen dan evakuasi TBS masih dilakukan secara manual, dan menyisakan banyak masalah. Dua masalah utama yang belum terselesaikan sampai saat ini, di pemanenan TBS secara manual adalah: (1) terjadinya kerusakan fisik pada TBS yang cukup tinggi, dan (2) sejumlah besar buah terpencar seperti yang disebabkan oleh tabrakan dengan tanah, yang akan dikumpulkan kembali oleh pemanen. Kerusakan fisik yang terjadi pada TBS akan sangat mempengaruhi kualitas buah dan kualitas ekstraksi minyak sawit yang akan diproduksi. Mengumpulkan kembali buah yang terlepas juga sangat melelahkan dan memakan waktu lama, sehingga menghambat aktivitas pemanenan dan mengurangi kapasitas panen. Buah lepas yang tercecer bisa sampai 14% dari total panen dan perkiraan dari studi di Papua Nugini menunjukkan bahwa antara 60–70% dari buah lepas yang tercecer dibiarkan membusuk di tanah, yang menjadi sumber kerugian besar untuk industri (Adetan *et al.* 2007). Page (2004), dalam laporannya menyebutkan bahwa hingga 70% dari buah yang tercecer tidak ditangani.

Adetan dan Adekoya (1995) melaporkan penelitian yang dilakukan pada dua metode manual panen kelapa sawit di Nigeria, yaitu metode BPK (galah bambu dan pisau) dan SRC (tali-dan-parang pendek). Hasil penelitian ini menunjukkan, antara lain, bahwa (i) pencarian dan pengumpulan buah tercecer dan tersebar tidak pernah sepenuhnya dicapai, karena jumlah buah yang tercecer tetap tersembunyi oleh rumpun tanaman sekitar dasar pohon dan tidak mungkin untuk mengetahui berapa banyak buah yang terlepas dari tandan dan karenanya ketika pencarian dan pengumpulan harus dihentikan, (ii) pengumpul buah selalu mengeluh sakit pinggang, (iii) pembengkokan galah panjang dan berat menyulitkan untuk metode BPK akan tidak nyaman digunakan pemanenan pada pohon-pohon tinggi, (iv) transportasi yang berat pada metode BPK dari pusat ke perkebunan yang jauh membutuhkan banyak waktu pemanen dan energi dan dengan demikian secara drastis mengurangi kapasitas panen, ini bisa saja sebagian besar bertanggung jawab untuk penurunan kapasitas pemanenan bila kebun

semakin jauh dari pemukiman seperti dilaporkan Chirs (1986). Sejumlah besar energi dibutuhkan untuk memanen kelapa sawit yang bahkan memotong pelepas saja, dengan menggunakan egrek, bisa membutuhkan tenaga dari kekuatan 18,05 kN (Jelani *et al.* 1999). Pemanenan kelapa sawit berusia antara 9 dan 25 tahun mengambil antara 43,5 dan 45,4% dari total orang - hari tahunan.

Proses evakuasi TBS ke titik pengumpulan di pinggir jalan masih dilakukan secara manual dengan menggunakan gerobak dorong (angkong), yang sangat melelahkan dan memakan waktu. Untuk mengatasi permasalahan di atas, para peneliti telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan metode panen TBS. Adetan *et al.* (2007) mengusulkan penggunaan metode galah-dan-pisau (MPK) yang dimodifikasi (terdiri dari landasan tangkapan buah dan galah yang didesain ulang). Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode MPK lebih unggul daripada metode lain dalam mengurangi waktu yang dihabiskan dalam mencari dan mengumpulkan buah-buah yang tercecer waktu panen, dan karenanya meningkatkan pengumpulan kembali buah yang tercecer, menghilangkan masalah pinggang kolektor buah dan meningkatkan kemudahan transportasi dan penggunaan galah panen.

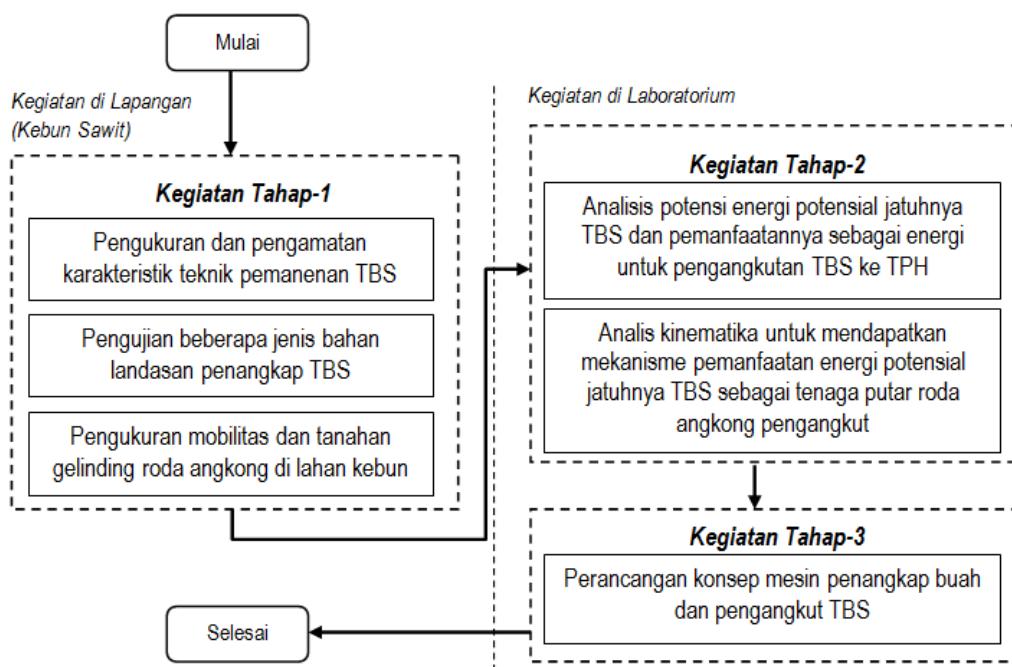
Pada pemanenan TBS, jatuhnya TBS memiliki energi potensial yang cukup besar, yang dapat ditangkap dan dimanfaatkan untuk menjalankan beberapa peralatan panen (Hermawan *et al.* 2013). Energi potensial dapat disimpan di pegas sebagai energi potensial elastis. Energi tersebut kemudian dapat dimanfaatkan untuk daya penggerak gerobak dorong (angkong) dalam evakuasi TBS. Energi yang ditangkap juga dapat digunakan untuk menjalankan mekanisme getaran pisau panen. Hal ini diketahui bahwa proses pemotongan pelepas dan tandan TBS dapat ditingkatkan dengan induksi gerak getar sejajar dengan ujung pisau dodos. Namun, sampai saat ini, tidak ada peralatan untuk menangkap TBS dan pada saat yang sama menangkap dan memanfaatkan energi potensial dari tandan jatuh saat panen. Untuk merancang peralatan tersebut, beberapa data teknis dan informasi diperlukan, seperti: posisi jatuhnya TBS saat panen, ketersediaan ruang antara pemanen dan batang pohon, dimensi dan berat TBS, dan jarak vertikal (tinggi) dari TBS. Selain itu, jenis bahan yang cocok untuk landasan tangkapan buah juga perlu diselidiki. Selanjutnya, perlu dirancang mesin yang mampu menangkap TBS

jatuh saat dipanen, dan mengangkut TBS hasil panen dengan memanfaatkan energi potensial jatuhnya TBS.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur karakteristik teknik panen TBS, menentukan bahan landasan terbaik untuk penangkap TBS, menganalisis potensi energi potensial TBS yang jatuh, dan merancang desain konseptual dari mesin penangkap dan pengangkut TBS.

## METODE PENELITIAN

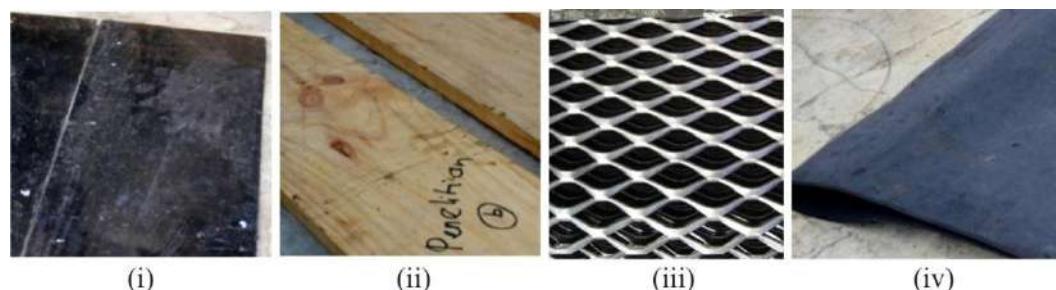
Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan mulai dari pengukuran karakteristik pemanenan kelapa sawit di kebun sawit hingga perancangan konsep mesin penangkap buah dan pengangkut TBS (Gambar 1).



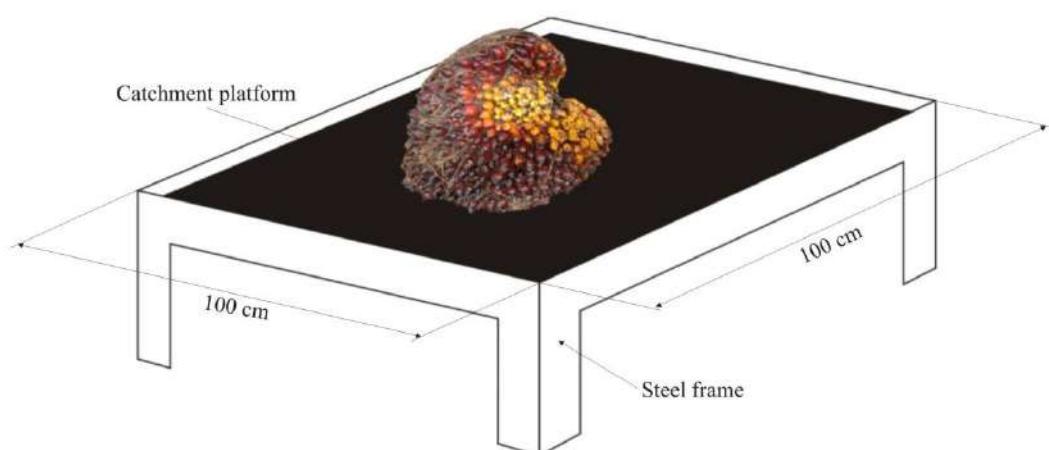
Gambar 1 Tahapan kegiatan penelitian.

Pengamatan dan pengukuran dilakukan dalam proses pemanenan kelapa sawit manual, pada tiga tingkat ketinggian buah, yaitu: sekitar 3; 9; dan 15 m. Untuk pemanenan dengan ketinggian buah 3 m, digunakan *dodos*, sedangkan untuk ketinggian buah 9 dan 15 m digunakan *egrek*. Ada empat jenis bahan landasan nangkap buah yang diuji yaitu: i) plat baja tebal 3 mm, ii) papan kayu

tebal 20 mm, iii) plat baja *expanded*, dan iv) lembaran karet tebal 10 mm (lihat Gambar 2). Untuk setiap pengujian, bahan tersebut dipasang di atas rangka dudukan berukuran  $100 \times 100$  cm (Gambar 3). Lembaran karet dipasang di atas plat baja sebagai penguatnya. Bahan diujikan secara acak pada pemanenan dengan sepuluh ulangan untuk setiap ketinggian buah. Pemanen memposisikan rangka penangkap tersebut pada posisi yang pas dengan jatuhnya buah.



Gambar 2 Empat jenis bahan landasan penangkap buah: i) plat baja, ii) papan kayu, iii) plat baja expanded, dan iv) lembaran karet.



Gambar 3 Rangka dudukan bahan penangkap buah.

Dalam setiap pemanenan buah, tandan buah yang jatuh direkam dengan kamera video, sehingga proses jatuhnya TBS, impak benturan TBS dengan landasan penangkap buah dapat dipelajari. Selanjutnya, dengan menggunakan *image processing* beberapa pengukuran dapat dilakukan, seperti: jarak jatuhnya TBS, jarak atau ketinggian pencaran buah yang tercecer (brondolan). Sebaran tercecernya buah yang lepas diukur menggunakan meteran setelah TBS jatuh. Ketika memanen, pemanen mengambil posisi yang nyaman untuk panen dengan jarak tertentu dari pohon. Jarak pemanen dari pohon diukur dengan meteran.

Selain itu juga dilakukan pengukuran tinggi buah saat panen, dan berat TBS yang dipanen. Ukuran setiap TBS (panjang, lebar dan tinggi) diukur menggunakan mistar ukur. Buah yang tercecer dan buah yang memar pada setiap percobaan panen dikumpulkan dan ditimbang.

Mobilitas angkong di lahan kebun sawit diketahui melalui pengukuran tahanan penetrasi tanah (menggunakan penetrometer) dan tahanan gelinding roda angkong. Tahanan gelinding roda angkong bermuatan diukur dengan menarik angkong bermuatan dengan kondisi kaki penyangga terangkat dari permukaan tanah. Gaya tarik diukur dengan timbangan digital (lihat Gambar 4).



Gambar 4 Cara pengukuran tahanan gelinding roda angkong menggunakan timbangan digital.

Energi potensial jatuhnya TBS dihitung dengan persamaan

$$E_p = M_{ffb} \times g \times h_{ffb}$$

di mana:

$E_p$  : energi potensial (Joule),

$g$  : percepatan gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ), dan

$h_{ffb}$  : ketinggian buah dari permukaan landasan (m).

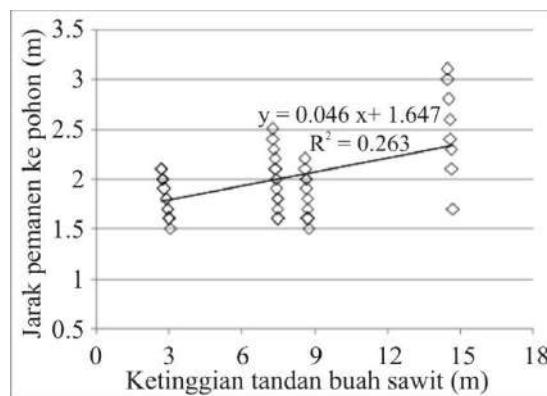
Konsep rancangan dijabarkan ke dalam beberapa perumusan alternatif konsep dari setiap unit komponen utama, berdasarkan fungsinya. Rancangan fungsional dari mesin penangkap dan pengangkut TBS adalah: 1) fungsi menangkap buah (TBS) yang jatuh sehingga tidak ada buah yang terpencar, 2) fungsi menggerakkan roda angkong dengan memanfaatkan energi potensial jatuhnya TBS, 3) fungsi menampung TBS dan 4) fungsi mengangkut TBS.

Rancangan konseptual mesin penangkap dan pengangkut TBS dipilih dari beberapa alternatif konsep yang diajukan dengan mempertimbangkan kriteria seleksi sesuai kebutuhan pemenuhan fungsi-fungsi di atas. Selanjutnya untuk mendukung analisis kekuatan bahan konstruksi mesin, dilakukan analisis stress menggunakan perangkat lunak *Solidworks*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Teknik Pemanenan Buah Sawit

Berdasarkan pengamatan di lapangan, sebelum memotong buah, pemanen mengambil posisi terbaik dengan jarak tertentu dari pohon. Pada 40 ulangan pemotongan, pemanen mengambil jarak sekitar 1,5–3 m ke pohon. Data menunjukkan bahwa jarak rata-rata dan standar deviasi adalah berturut-turut 1,99 dan 0,37 m. Ada kecenderungan pemanen untuk mengambil jarak yang lebih jauh dari pohon untuk memotong buah yang lebih tinggi (lihat Gambar 5). Sebenarnya, pemanen mengambil posisi yang paling nyaman untuk memotong tandan buah dan menghindari rintangan seperti parit yang dalam, tungkul kayu dan semak-semak.



Gambar 5 Jarak pemanen ke pohon.

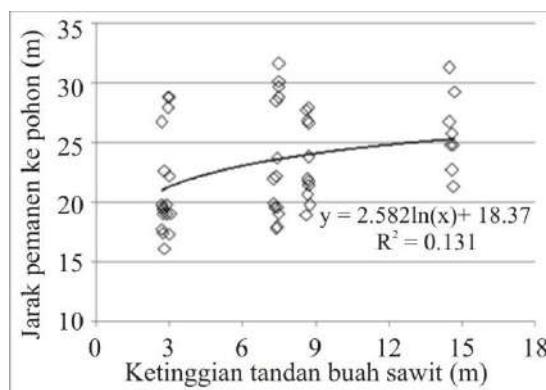
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tandan jatuh pada jarak antara 0,6–1,4 m dari pohon. Jarak jatuhnya buah yang lebih tinggi lebih jauh dibandingkan dengan buah yang lebih rendah. Jarak rata-rata jatuh pada puncak buah 3; 9; dan 15 m masing-masing adalah 1,75; 2; dan 2,4 m. Rata-rata jatuh jarak dan standar deviasinya masing-masing adalah 0,95 kg dan 0,12 m.

Sebenarnya, seorang pemanen berpengalaman dapat memprediksi posisi jatuh TBS dengan akurat sebelum memotong batang tandan buah. Oleh karena itu, untuk merancang ukuran yang tepat dari landasan penangkap buah, dianjurkan untuk menggunakan ukuran maksimum TBS sebagai ukuran minimum landasan penangkap buah, dan ukuran maksimum landasan penangkap buah adalah 80 cm.

Ukuran dari TBS bervariasi di kisaran 20–85 cm (lihat Tabel 1). Data hasil pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 kemudian dapat digunakan untuk mengoptimalkan dimensi angkong pengangkut TBS untuk kapasitas optimal evakuasi TBS. Berat dari tandan buah berada di kisaran 16 kg menjadi 32 kg (lihat Gambar 6). Berat rata-rata TBS dan deviasi standar adalah 23,06 kg dan 4,35 kg, masing-masing.

Table 1 Dimensi TBS

	Dimensi (cm)			
	Minimum	Rata-rata	Maksimum	Standar deviasi
Panjang	51	60.62	85	6.779
Lebar	46	52.98	65	4.283
Tinggi	20	28.04	40	4.165

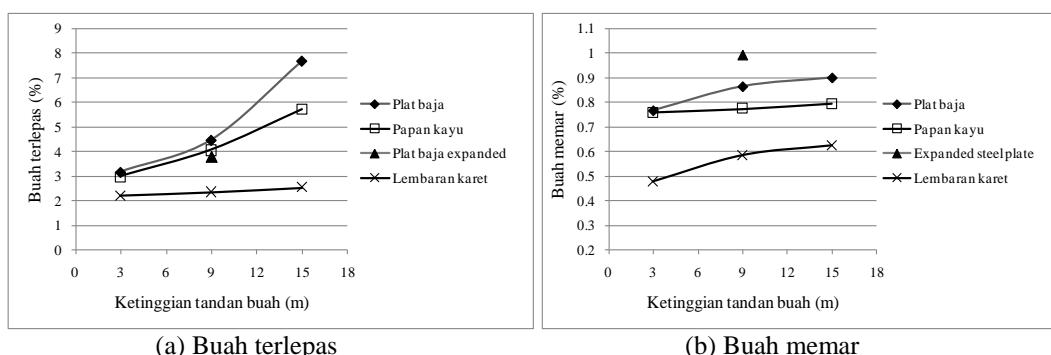


Gambar 6 Variasi berat tandan buah.

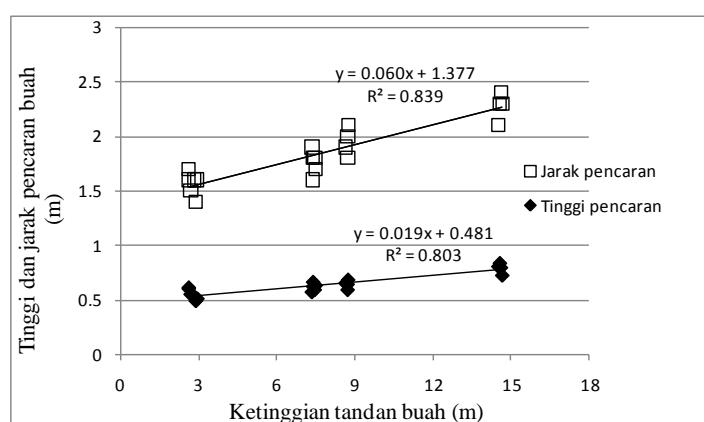
### Pemilihan Bahan Landasan Penangkap Buah

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terjadi impak yang besar pada benturan antara tandan jatuh dengan landasan yang keras, seperti pelat baja dan papan kayu, yang menyebabkan banyaknya buah terlepas dan memar. Di antara empat bahan yang diuji, landasan tangkapan lembaran karet unggul dari bahan lainnya dalam mengurangi buah terlepas dan buah memar, seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 7. Landasan lembaran karet membantu untuk menyerap sebagian energi kinetik dari tandan jatuh, dan memiliki dua fungsi. Yang pertama adalah untuk mengurangi pencaran/lepasnya buah dari tandan dan juga memastikan bahwa buah terlepas tidak memiliki energi kinetik lagi untuk penginggalkan atau menjauh dari landasan tangkapan, yang kedua adalah untuk mengurangi kerusakan parah dari buah yang diberi buah karena mereka terkena benturan dengan tanah. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 8, jarak hamburan maksimum buah terpisah setelah berbenturan ke landasan lembaran karet berkisar antara 1,5–2,4 m. Semakin tinggi ketinggian buah, menyebabkan penyebaran buah terpisah yang lebih jauh. Namun, ketinggian hamburan untuk landasan lembaran karet tidak lebih dari 80 cm. Selain itu, pelat baja expanded tidak dianjurkan untuk digunakan sebagai bahan landasan tangkapan. Bahan ini menyebabkan buah memar lebih tinggi dan tidak memiliki kekuatan yang cukup dalam melawan benturan TBS yang jatuh.



Gambar 7 Buah terlepas dan buah memar pada empat jenis bahan landasan tangkapan.



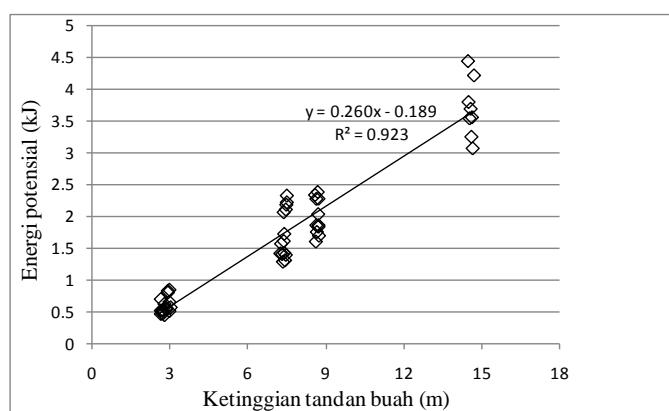
Gambar 8 Jarak hamburan dan ketinggian hamburan buah pada landasan lembaran karet.

## Mobilitas Roda Angkong di Lahan Kebun Kelapa Sawit

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tanah lintasan angkong di kebun sawit cukup keras, dengan nilai rata-rata tahan penetrasi berkisar antara 16,44–22,10 kgf/cm<sup>2</sup>. Tanah jalan setapak yang biasa dilalui angkong memiliki tahanan penetrasi yang tertinggi, yaitu 22,10 kgf/cm<sup>2</sup>. Bila dihitung, nilai *ground pressure* roda angkong yang bermuatan penuh TBS (bobot total 280 kgf) adalah sebesar 10,56 kgf/cm<sup>2</sup>. Tekanan ban angkong ke permukaan tanah ini jauh lebih kecil dari tahanan penetrasi tanah. Dengan data perhitungan ini, maka dapat diyakini angkong bermuatan penuh dapat melintas dengan mudah di lahan kebun sawit, dan roda tidak amblas. Selain itu, koefisien tahanan gelinding roda angkong ( $C_{rr}$ ) di kebun sawit juga rendah hanya berkisar antara 0,16–0,17, yang berarti bahwa gaya dorong yang diperlukan hanya sekitar 17% dari bobot angkong bermuatan.

## Energi Potensial Jatuhnya TBS

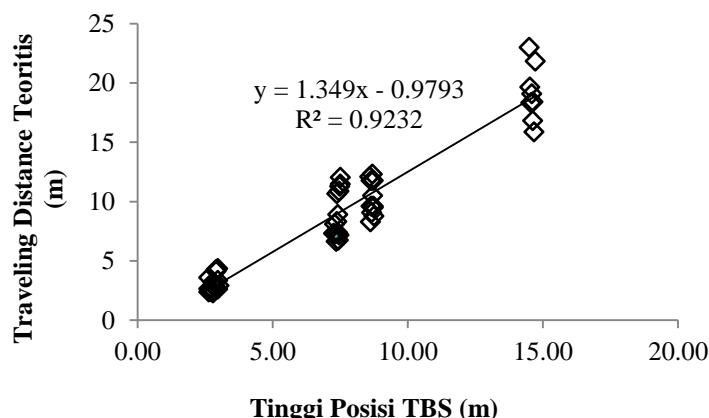
Perhitungan energi potensial dari tandan jatuh, setelah pemotongan, menghasilkan energi potensial dalam kisaran 0,5–4,5 kJ (Gambar 9). Rata-rata energi potensial pada ketinggian buah 3; 9; dan 15 m masing-masing adalah 0,6; 2,0; dan 3,6 kJ. Energi potensial setinggi itu, jika ditangkap, disimpan dan dimanfaatkan, dapat digunakan untuk menggerakkan angkong dalam mengevakuasi TBS.



Gambar 9 Energi potensial dari tandan jatuh pada pemanenan.

Dengan asumsi bahwa berat statis mesin pengangkut adalah 55 kg, berat muatan rata-rata adalah 3 TBS × 23 kg/TBS, dan menggunakan nilai koefisien

*rolling resistance* dari roda angkong 0,16; maka potensi jarak tempuh teoritis mesin pengangkat sarat dengan muatan tiga tandan akan menjadi di kisaran 2,27–22,98 m (lihat Gambar 10). Karena jarak minimum antara pohon adalah 9 m, potensi energi yang dihasilkan harus cukup untuk memindahkan angkong yang berisi muatan TBS dari pohon ke pohon lain minimal sejauh 9 m. Dari persaman  $y = 1,349x - 0,9793$  pada Gambar 10, dapat ditentukan rekomendasi ketinggian buah minimum yang dapat mengerakkan angkong sejauh 9 m, yaitu ketinggian posisi buah minumum sebesar 7,4 m.



Gambar 10 Jarak tempuh teoritis mesin yang dihasilkan oleh energi potensial dari jatuhnya TBS (tanpa didorong operator).

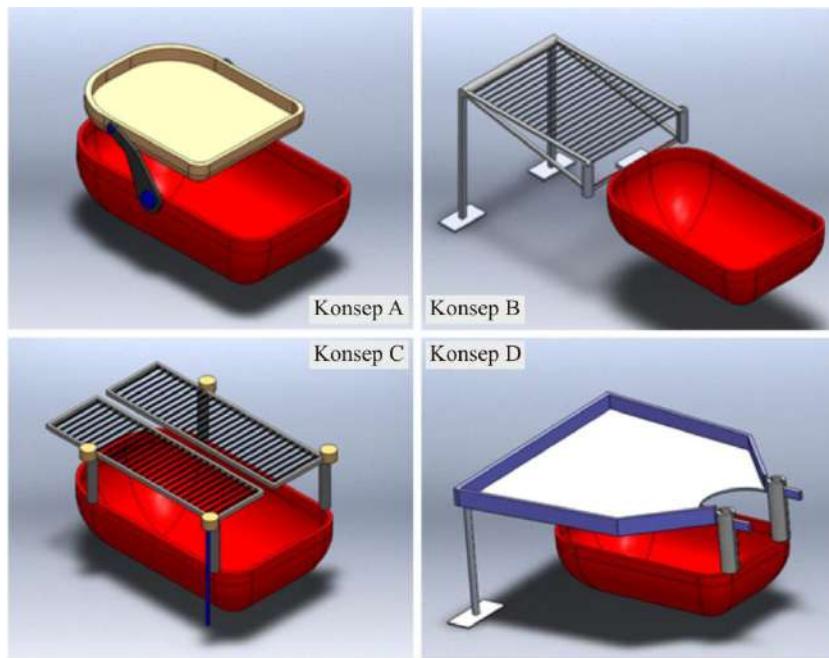
### Konsep Mesin Penangkap dan Pengangkut TBS

Unit penangkap yang didesain harus mampu menangkap dan meredam jatuhnya TBS serta berondolan buah yang kemudian disalurkan menuju bak penampung. Dengan memperhatikan faktor-faktor pembatas dan karakteristik teknik pemanenan TBS, maka telah dirancang empat konsep penangkap TBS seperti disajikan pada Gambar 11. Konsep A memiliki penangkap dengan mekanisme lengan ayun dan ditumpu bak penampung, konsep B memiliki penangkap yang ditumpu dua tiang dan ayunan yang mengantarkan TBS ke bak penampung, konsep C memiliki penangkap dua sisi yang ditopang oleh empat tiang berpegas, dan konsep C memiliki plat penangkap yang ditopang dua tiang dan ayunan berpegas pada dua tiang lainnya.

Dalam memilih konsep terbaik digunakan kriteria:

1. kesesuaian konsep terhadap kondisi jatuhnya TBS dan berondolan buah yang sulit untuk diprediksi pada satu titik jatuh TBS (FS1),

2. kesetimbangan mesin dan unit penangkap saat dikenai *impact force* dari jatuhnya TBS (FS2), serta
3. kesesuaian dengan bentuk dan dimensi piringan pokok sawit (FS3).

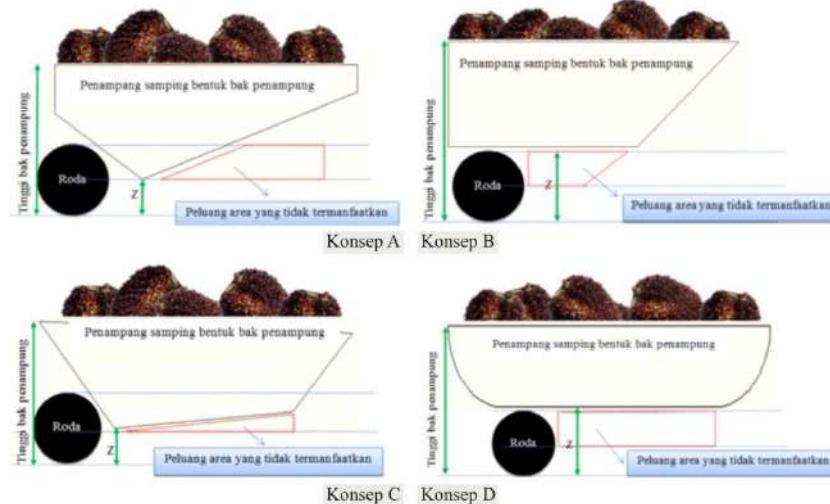


Gambar 11 Empat konsep rancangan penangkap TBS.

Hasil simulasi seleksi dengan metode pembobotan menunjukkan bahwa konsep D memiliki skor total yang tertinggi sehingga peluang untuk dipilih semakin besar. Oleh sebab itu, rancangan konsep untuk bentuk unit penangkap TBS akan menggunakan dan mengembangkan konsep D. Bentuk luasan penampang unit penagkap TBS didekati dengan menganalisis daerah sebaran jatuhnya TBS di daerah piringan pokok sawit.

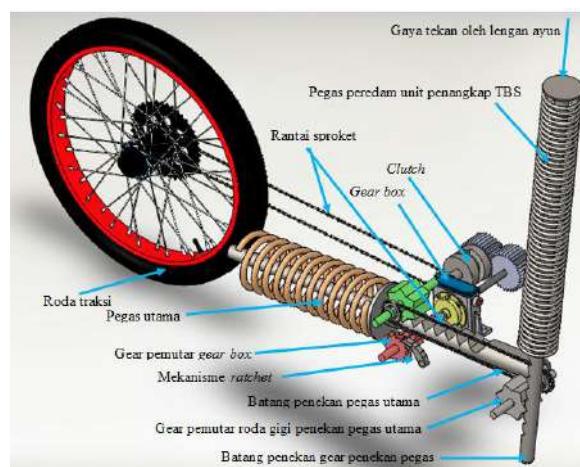
Unit penampung yang didesain harus mampu menampung TBS dengan kapasitas tertentu serta mampu melakukan proses *loading* dan *unloading* bahan dengan mudah. Ada empat konsep yang diajukan untuk unit penampung dan pengangkut (Gambar 12). Konsep A berpenampang samping segi lima dengan ruang kosong luas di bawah bak penampung, konsep B berpenampang samping trapesium datar dengan roda di bawah bak, konsep C berpenampang samping trapesium dengan roda di depan bak, dan konsep D berpenampang samping trapesium dengan lengkungan di sudut bawah dan roda di bawah bak penampung.

Dengan menggunakan kriteria seleksi: kapasitas muatan (FSa), kemudahan pengaturan titik pembebaran untuk mendekati titik tumpu (*fulcrum*) (FSb), serta kemudahan proses *loading* dan *unloading* bahan (FSc), maka dipilih konsep C yang paling baik.

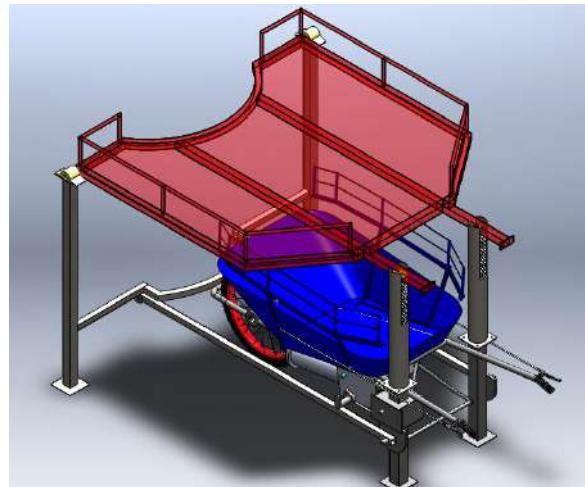


Gambar 12 Empat konsep unit penampung.

Selanjutnya telah dirancang konsep mekanisme pegas dan sistem transmisi dayanya, yang mampu menangkap energi potensial jatuhnya TBS untuk menggerakkan roda angkong pengangkut TBS dengan kombinasi mekanisme lengan ayun, roda gigi, rantai dan *sprocket*, mekanisme *ratchet*, mekanisme "watch spacement", *gear box* serta mekanisme pegas (Gambar 13). Desain konseptual mesin penangkap dan pengangkut TBS disajikan pada Gambar 14.



Gambar 13 Konsep sistem pegas dan transmisi daya untuk pemanfaatan energi potensial jatuhnya TBS.



Gambar 14 Desain konseptual mesin penangkap dan pengangkut TBS.

## KESIMPULAN

Pemanen mengambil jarak sekitar 1,6–3 m dari pohon. Jarak jatuh tandan buah pada range 0,6–1,4 m dari pohon. Berat dari tandan buah berada di kisaran 16–32 kg. Bahan landasan tangkapan dari lembaran karet unggul dari bahan lainnya dalam mengurangi buah lepas dan buah memar. Mobilitas roda mesin (angkong) di lahan sawit sangat baik dan tidak mengalami amblas. Nilai koefisien tahanan gelinding roda angkong pada lintasannya di kebun rata-rata 0,16. Energi potensial dari jatuhnya TBS berkisar antara 0,44–4,44 kJ. Rata-rata energi potensial dari jatuhnya tandan buah pada ketinggian buah 3; 8; 9; dan 15 m adalah berturut-turut 0,6; 1,7; 2,0; dan 3,6 kJ. Energi tersebut mampu menggerakkan mesin pengangkut TBS sejauh 2,27–22,98 m. Sebuah desain konseptual dari mesin penangkap dan pengangkut TBS yang memanfaatkan energi potensial jatuhnya TBS telah dirancang dengan mengkombinasikan mekanisme lengan ayun, roda gigi, rantai dan *sproket*, mekanisme *ratchet*, mekanisme "watch spacement", *gear box* serta mekanisme pegas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak pemberi dana penelitian ini, yaitu Institut Pertanian Bogor dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adetan DA, Adekoya LO. 1995. Comparison of two methods of manual harvesting of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). *Tropical Agriculture*. 72(1): 44–47.
- Adetan DA, Adekoya LO, Oladejo KA. 2007. An improved pole-and-knife method of harvesting oil palms. *Agricultural Engineering International: The CIGR E J*. p. 60.
- Chirs OB. 1986. An impact analysis of the development of the rural road system on the production of oil palm in Imo State, Nigeria. *Agricultural Systems*. 19(2):141–152.
- Hermawan W, Desrial, Nazamuddin MI. 2013. *Engineering characteristics and potential energy of oil palm fruit bunches harvesting*. Proceedings The International Symposium on Agriculutural and Biosystem Engineering (ISABE) 2013, Yogyakarta, August 28–29, 2013.
- Jelani AR, Ahmad D, Hitam A, Yahya A, Jamak J. 1999. Reaction force and energy requirement for cutting oil palm fronds by spring powered sickle cutter. *Journal of Oil Palm Research*. 11(2):114–122.
- Page W. 2004. A mobile income benefits everyone. *Partners in Research for Development*. [http://www.aciar.gov.au/web.nsf/att/ACIA-6NE6H8/\\$file/Partners%203%20PNG%20stories.pdf](http://www.aciar.gov.au/web.nsf/att/ACIA-6NE6H8/$file/Partners%203%20PNG%20stories.pdf). 23rd October 2006.

## PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KAMBING PERAH DENGAN PEMBERIAN BISKUIT BIOSUPLEMEN PAKAN DI PETERNAKAN RAKYAT

(Enhancing Productivity of Dairy Goat By Feeding Biscuit Bio-Supplement at  
Dairy Goat Farm)

**Yuli Retnani, Idat Galih Permana, Nur R. Komalasari,  
Rina Roslina, Amalia Ikhwanti**

Dep. Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB

### ABSTRAK

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. Produksi susu kambing perah masih kurang dari 2 liter/ekor/hari. 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 produksi dan kualitas susu pada skala lapang. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RAL Faktorial)  $2 \times 2 \times 6$ , dengan faktor A adalah jenis pakan dan faktor B adalah jenis peternakan. Ternak yang digunakan adalah 24 ekor. Biskuit biosuplemen pakan terdiri dari dua perlakuan yaitu T0 = Tanpa penambahan biskuit biosuplemen, T2 = Penambahan 15% biskuit biosuplemen. Pemberian biskuit biosuplemen berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap produksi dan kalsium susu. Produksi susu di peternakan A perlakuan T0 (671,99 ml/ekor/hari), T1 (673 ml/ekor/hari) sedangkan produksi susu di peternakan B, perlakuan T0 (318,28 ml/ekor/hari) dan T1 (539,75 ml/ekor/hari). Sedangkan pemberian biskuit biosuplemen tidak berpengaruh nyata ( $P>0,05$ ) terhadap lemak, protein dan laktosa. Pemberian biskuit biosuplemen pakan menghasilkan produksi susu lebih tinggi sekitar 41,03% dibandingkan pakan konvensional pada peternakan dengan pola pakan rendah protein, sedangkan pada peternakan dengan pola pakan tinggi protein menghasilkan produksi susu sekitar 0,19%. Pemberian biskuit biosuplemen menghasilkan IOFC yang lebih tinggi pada peternakan kambing perah di Leuwiliang.

Kata kunci: Biskuit, biosuplemen, uji kualitas, produktivitas, kambing perah.

### ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of biscuit bio-supplement on milk production and quality of dairy goat. This research was conducted the research on March-July 2013, at Laboratory of Feed Industry, Faculty of Animal Science, Bogor Agricultural University, Indonesia on March-July 2013. Twenty four heads of dairy goat were randomly assigned to two dietary treatments (six heads of goat/treatment). Experimental design used Completely Randomized Design Factorial,  $2 \times 2 \times 6$ , with A factor different of feed and B factor different of farm. The treatments were level of biscuit bio-supplement of *Carica papaya* L and *Indigofera* sp leaf i.e T0 =0%, T1 =15%. The result indicated the treatments have significant effect ( $P<0.05$ ) on milk production and calcium content of dairy goat. The average milk production of dairy goats were T0 (671,99 ml/head/day), T1 (673,28 ml/head/day) in A farm, and T0 (318 ml/head/day), T1 (539,75 ml/head/day) in B farm. Biscuit bio-supplement feeding had not significant effect ( $P>0.05$ ) on fat, protein and lactose content of milk. It was concluded that by feeding 15% biscuit bio-supplement yield milk production 41,03% higher than conventional feed at the farm with using low

protein of feed, while milk production approximetly only 0,15% higher than conventional feed at the farm with using high protein of feed. By feeding biscuit biosuplemen result in higher IOFC on dairy goat farms in Leuwiliang.

Keywords: Biscuit, bio-supplement, dairy goat, milk, quality, productivity.

## PENDAHULUAN

Usaha peternakan kambing perah sangat potensial dikembangkan. Pertumbuhan ternak kambing perah relatif lebih cepat dibandingkan sapi perah, disamping itu harga dan kualitas susu kambing lebih tinggi daripada sapi perah. Namun produksi susu kambing peranakan etawah masih rendah yaitu 2 liter/ekor/hari. Produktivitas kambing perah sangat ditentukan oleh ketersediaan pakan yang berkualitas tinggi, murah dan tersedia sepanjang tahun. Kenyataan yang sering ditemui di lapang adalah penyediaan pakan di tingkat peternak rakyat masih menyediakan pakan yang berkualitas rendah dan ketersediaan sumber hijauan saat musim kemarau sedikit, sehingga perlu diupayakan pemberian biosuplemen pakan yang murah, mudah didapat, aman bagi kesehatan ternak dan konsumen, serta tersedia sepanjang tahun.

Pemanfaatan hijauan yang berkualitas tinggi dan memiliki zat bioaktif masih belum dimanfaatkan secara optimal. Kendala utama yang dihadapi dalam penggunaan hijauan tersebut sebagai pakan ternak adalah palatabilitas dan kecernaan yang rendah, disamping itu sifatnya mudah busuk dan voluminous menyulitkan dalam penanganan baik pada saat transportasi maupun penyimpanan. Selain itu, potensi limbah industri pangan diperlukan sebagai tambahan pakan untuk meningkatkan palatabilitas dan sumber energi serta perekat, misalnya molasses dan pollard. Bahan baku pakan potensial ini akan diperkaya dengan vitamin dan mineral dan disusun sebagai suplemen pakan yang kaya protein, serat, vitamin dan mineral untuk memenuhi kebutuhan ternak.

Teknologi pengolahan pakan menjadi bentuk biskuit merupakan teknologi pakan tepat guna yang diperlukan untuk membuat bahan menjadi awet, mudah disimpan dan mudah diberikan kepada ternak. Pakan bentuk biskuit merupakan modifikasi pakan bentuk wafer yang telah ada sebelumnya. Biskuit adalah produk makanan kecil yang renyah yang dibuat dengan cara dipanggang (Whiteley,

1971). Biskuit pakan dibuat menggunakan bantuan panas dan tekanan. Prinsip kerja mesin biskuit ini hampir sama dengan mesin wafer, namun ukuran cetakan lebih kecil yaitu berbentuk bulat berdiameter 7 cm dan tebal 5 cm serta waktu pengoperasian lebih singkat dan produksi lebih banyak sehingga produksi efisien.

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan teknologi tepat guna berupa produk pakan berupa biskuit biosuplemen pakan sebagai pakan komersil ternak kambing perah untuk meningkatkan produktifitas dan efisiensi usaha.

## METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari jangka sorong, timbangan kapasitas 1; 2,25; 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 untuk pembuatan biskuit biosuplemen yaitu hijauan daun papaya, daun *Indigofera sp*, molases, serta konsentrat. Sedangkan pakan konvensional yang digunakan di peternakan rakyat adalah rumput dan konsentrat.

Tabel 1 Kandungan nutrien pakan konvensional peternakan Ciapus (%BK)

Pakan	PK	LK
Rumput	12,98	1,51
Ampas Tahu	13,03	2,81
Kurma	7,96	3,17
Konsentrat	14,91	6,03

Keterangan: Dianalisis di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor (2013)

Tabel 2 Kandungan nutrien pakan konvensional peternakan Leuwiliang (%BK)

Komposisi	Rumput lapang	Ampas tempe
BK (%)	17,33	33,76
Abu (%)	9,01	2,87
Protein kasar (%)	6,38	12,77
Serat kasar (%)	25,60	43,25
Lemak kasar (%)	1,36	3,82
BETN (%)	57,65	37,29
TDN (%)	68,17	72,79

Keterangan: Dianalisis di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor (2013)

## **Ternak dan Kandang**

Penelitian ini menggunakan kambing peranakan etawah (PE) betina sebanyak 24 ekor untuk uji produktivitas. 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 papaya dan daun *Indigofera sp*, 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 Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RAL Faktorial) 2 x 2 dengan 6 ulangan. Model matematika yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- $Y_{ij}$  = Nilai pengamatan perlakuan ke-i, perlakuan ke-j,dan ulangan ke-k  
 $\mu$  = Rataan umum  
 $\alpha_i$  = Pengaruh perlakuan ke-i  
 $\beta_j$  = Pengaruh perlakuan ke-j  
 $(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh interaksi perlakuan ke-i, dan perlakuan ke-j  
 $\varepsilon_{ijk}$  = Error perlakuan ke-i, perlakuan ke-j, dan ulangan ke-k

### **Faktor A (Jenis Peternakan)**

A : Peternakan A (Ciapus)

B : Peternakan B (Leuwiliang)

### **Faktor B (Jenis Pakan)**

R0 : Tanpa penambahan biskuit

R1 : Penambahan biskuit 15%

Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah produksi dan kualitas susu. Penentuan kadar protein dilakukan dengan menggunakan metode Titrasi Metode Formol (FAO, 1977), kadar lemak dengan metode Gerber (Sudono *et al.* 1985) dan laktosa diukur dengan menggunakan Milkotester. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan ANOVA dan Uji Duncan (Steel dan Torrie 1993).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Biskuit biosuplemen pakan memiliki bentuk biskuit yang padat. Bentuk ini sangat menguntungkan karena mempermudah dalam transportasi, penyimpanan, penanganan pemberian ke ternak sehingga dapat meningkatkan tingkat konsumsi karena 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. Biskuit biosuplemen memiliki kandungan nutrien abu 7,90%; protein kasar 33,86%; serat kasar 18,85%; lemak kasar 3,48%; dan Beta-N 28,30%. Protein biskuit biosuplemen pakan memiliki kandungan protein yang tinggi.

### **Produksi Susu**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ( $P<0,05$ ) terhadap produksi susu di peternakan A dan B. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian biskuit biosuplemen di peternakan yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda di tiap peternakan. Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian biskuit biosuplemen pengaruhnya sama dengan pemberian pakan konvensional. Sedangkan di peternakan B dengan pemberian biskuit biosuplemen

pakan dapat meningkatkan produksi susu sekitar 46,64% dibandingkan dengan pakan konvensional. Pakan konvensional yang diberikan di peternakan Ciapus adalah rumput, ampas tahu, kurma, konsentrat. Kandungan nutrient pakan konvensional di peternakan Ciapus di sajikan pada Tabel 1. Peternak tersebut memberikan pakan konvensional masing-masing 1 kg. Asupan protein untuk setiap ekor kambing perah adalah 12,22% setiap harinya. Sedangkan pakan konvensional di peternakan Leuwiliang adalah ampas tempe dan rumput lapang. Kandungan nutrient pakan konvensional di peternakan Leuwiliang disajikan pada Tabel 2. Peternakan di Leuwiliang biasanya memberikan 2 kg ampas tempe dan 1 kg rumput. Asupan protein untuk setiap ekor kambing perah adalah 8,52%.

Asupan protein dari pakan konvensional di peternakan Leuwiliang lebih rendah dibandingkan dengan Ciapus. Pemberianan biskuit biosuplemen pakan lebih responsif di peternakan Leuwiliang.

Tabel 3 Pengaruh Pemberian Biskuit Biosuplemen Terhadap Produksi Susu di Peternakan Rakyat (ml/ekor/hari)

Perlakuan	Peternakan A	Peternakan B
T0	$671,99 \pm 229,17^a$	$318,28 \pm 64,62^{bX}$
T1	$673,28 \pm 248,41^a$	$539,75 \pm 67,23^{bY}$

Keterangan:

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,05$ ). T0 = Tanpa penambahan biskuit, T1 = Penambahan biskuit 15%.

Peternakan A = Peternakan Ciapus, Peternakan B = Peternakan Leuwiliyang

Kambing peranakan “etawah” merupakan temak perah mempunyai produksi susu 0,45–2,2 liter/ekor/hari dengan panjang masa laktasi 92–256 hari. Sedangkan menurut Syarief dan Sumoprastowo (1984) produksi susu kambing peranakan etawah umumnya berkisar antara 1–1,5 liter/hari dan 0,5–1,5 liter/ekor/hari (Tahahar *et al.* 1996).

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsumsi bahan kering dan protein di peternakan Ciapus dan Leuwiliang berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Pemberianan biskuit biosuplemen pakan di peternakan Leuwiliang lebih responsive terhadap produksi susu, hal ini dikarenakan peternakan Leuwiliang menggunakan pola pakan rendah protein. Konsumsi protein di peternakan Ciapus 679–720 gr/ekor/hari, sedangkan di Leuwiliang 331,96–358,27 gr/ekor/hari (Tabel 4).

Tabel 4 Konsumsi bahan kering dan protein kambing perah Etawah (gr/ekor/hari)

Perlakuan	Ciapus		Leuwiliang	
	Konsumsi BK	Konsumsi PK	Konsumsi BK	Konsumsi PK
T0	4840 <sup>a</sup>	720 <sup>x</sup>	951,80 <sup>b</sup>	358,27 <sup>y</sup>
T1	4710 <sup>a</sup>	679 <sup>x</sup>	883,16 <sup>b</sup>	331,96 <sup>y</sup>

Keterangan:

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P<0,05$ ). T0 = Tanpa penambahan biskuit, T1 = Penambahan biskuit 15%.

Salah satu faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya produksi susu adalah dari segi pemberian pakan dan minum. Pakan yang diberikan untuk ternak kambing harus dapat memenuhi kebutuhannya untuk hidup pokok dan reproduksi (Ensminger, 2002). Menurut National Research Council (NRC) (2006), kebutuhan nutrisi yang diperlukan kambing ialah energi, protein, mineral, vitamin dan air. Jumlah pakan yang diberikan tergantung ukuran tubuh, kondisi kambing (pertumbuhan, bunting dan laktasi), jenis kelamin (Sudono dan Abdulgani, 2002), umur dan kapasitas produksi (Gall, 1981). Pakan yang melebihi kebutuhan hidup pokoknya akan dimanfaatkan untuk produksi yang lebih tinggi (Devendra dan Burns, 1994). Kebutuhan konsumsi bahan kering untuk kambing perah periode laktasi dengan bobot badan 60 kg adalah 1.95 kg/hari/ekor, sedangkan konsumsi protein adalah 114 gr/ekor/hari (NRC, 2006).

### **Uji Kualitas Susu**

Susu merupakan bahan pangan yang tersusun oleh zat-zat makanan dengan proporsi seimbang. Penyusun utamanya adalah air, protein, lemak, mineral dan vitamin. Kualitas susu merupakan bagian penting dalam produksi susu. Derajat mutu susu hanya dapat dipertahankan selama waktu tertentu, yang selanjutnya akan mengalami penurunan dan berakhir dengan kerusakan susu. Komposisi kambing dapat bervariasi, hal ini karena perbedaan antar-bangsa maupun individu dalam satu jenis (Haris dan Hicter, 1973). Faktor-faktor 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).

Secara umum biasanya kualitas susu dilihat dari lemak, protein, dan laktosa. Pemberian biskuit bioasuplemen pakan di peternakan Ciapus dan Leuwiliang tidak memberikan respon yang signifikan terhadap lemak, protein, dan laktosa.

Tabel 4 Rataan kualitas susu di peternakan Ciapus dan Leuwiliang

Kandungan nutrien	Peternakan Ciapus		Peternakan Lewiliang	
	T0	T1	T0	T1
Lemak (%)	8,96± 0,92	7,98 ± 1,24	8,55 ± 1,19	7,68± 1,40
Protein (%)	5,47± 0,96	5,59± 0,19	5,30 ± 0,17	5,41± 0,13
Laktosa (%)	3,54± 0,28	3,54 ± 0,22	3,37± 0,21	3,41± 0,15
Kalsium (%)	0,11± 0,01 <sup>a</sup>	0,09± 0,04 <sup>a</sup>	0,17± 0,06 <sup>b</sup>	0,18± 0,05 <sup>b</sup>

Keterangan:

Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P<0,05$ ). T0 = Tanpa penambahan biskuit, T1 = Penambahan biskuit 15%.

Kadar lemak dalam penelitian di peternakan rakyat ini berkisar antara 7,68–8,96%. Kadar lemak ini cukup tinggi. Menurut Devendra dan Burns (1994) kisaran kadar lemak susu kambing di daerah tropis yaitu 2,6–7,8%. Berbagai penelitian menunjukkan kadar lemak susu kambing bervariasi yaitu 3–8% (Saleh, 2004); 6,68% (Atabany, 2001); 5,9–6,9% (Ramadhan, 2013); 4,22–4,44% (Subhagiana, 1998); 5,05% (Katipana, 1986); dan 4,92% (Ernawati, 1989).

Seperti halnya kadar lemak, kadar protein dalam penelitian di peternakan rakyat ini cukup tinggi yang berkisar 5,3–5,59%. Menurut Saleh (2004), kandungan protein susu kambing perah berkisar 3–5%. Pada penelitian yang berbeda menunjukkan nilai kadar protein susu kambing yang berbeda-beda dari 2,64–5,06% (Jennes, 1980); 3,55–4,03% (Subhagiana, 1998); 2,93% (Atabany, 2001); 4,10% (Devendra dan Burns, 1994); 4,33% (Katipana, 1986); 4,36% (Ernawati, 1989); dan 4,5% (Andriani, 2003).

Kadar laktosa dalam penelitian ini berkisar 3,37–3,54%. Kadar laktosa dari beberapa penelitian adalah 2,57% (Katipana, 1986); 3,80% (Devendra, 1990); 4,73 (Ernawati, 1989); 4,64–5,46% (Subhagiana, 1998). Perbedaan komposisi kimia antara susu kambing yang satu dengan yang lainnya disebabkan oleh beberapa faktor pengontrol produksi susu baik secara kualitas maupun kuantitas seperti: 1) variasi antar bangsa kambing, 2) variasi inter bangsa kambing, 3) faktor genetik, 4) musim, 5) umur, 6) lama masa laktasi, 7) faktor perawatan dan perlakuan, 8) pengaruh masa birahi dan kebuntingan, 9) frekuensi pemerasan,

10) jumlah anak dalam sekali melahirkan, 11) pergantian pemerah, 12) lama masa kering, 13) faktor hormonal, 14) faktor pakan, dan 15) pengaruh penyakit (Shodiq dan Abidin, 2002)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan biskuit 15% berbeda nyata ( $P<0,05$ ) di peternakan Ciapus dan Leuwiliang. Namun perlakuan tidak berpengaruh nyata ( $P>0,05$ ) terhadap kalsium di masing peternakan. Rataan kalium di peternakan Ciapus dan Leuwiliang dengan tanpa dan penambahan biskuit hasilnya sama. Rataan kalsium di Leuwiliang dengan penambahan biskuit 15% paling tinggi yaitu 0,18% (Tabel 7). Penelitian Setiawan dan Tanius (2003), kalsium pada susu kambing perah etawah adalah 0,134%.

### **IOFC (Income Over Feed Cost)**

IOFC merupakan analisis pendapatan setelah dikurangi oleh biaya pakan yang digunakan selama beternak. Faktor yang mempengaruhi IOFC pada ternak kambing perah adalah produksi susu yang dihasilkan, pakan yang dikonsumsi serta biaya pakan itu sendiri. Kambing betina induk laktasi menghasilkan susu sebagai produk utamanya sehingga dengan adanya penambahan pemberian pakan tambahan yakni biskuit biosuplemen diharapkan produksi susu juga akan meningkat supaya pendapatan yang diterima oleh peternak jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum adanya pemberian pakan. Rataan perhitungan IOFC dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 *Income Over Feed Cost* (IOFC)

Perlakuan	Peternakan Ciapus (Rp)	Peternakan Leuwiliang (Rp)
T0	13283,25	7999,74
T1	9947,61	14413,50

Keterangan :T0 = Tanpa penambahan biskuit, T1 = Penambahan biskuit 15%.

Nilai IOFC di peternakan Ciapus menunjukkan bahwa kambing yang diberi perlakuan T0 memiliki nilai IOFC yang lebih tinggi daripada T1 yaitu Rp 13.283,25. Hal ini menunjukkan bahwa dengan perlakuan pemberian biskuit 15% tidak memberikan keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan biskuit. Sedangkan di peternakan Leuwiliyang menunjukkan bahwa kambing yang diberi perlakuan T1 memiliki nilai IOFC yang lebih tinggi daripada

T0 yaitu Rp 14.413,5. Hal ini menunjukkan bahwa dengan perlakuan pemberian biskuit 15% memberikan keuntungan yang lebih tinggi daripada tanpa pemberian biskut yaitu sebesar Rp 6.413,76.

## KESIMPULAN

Pemberian biskuit biosuplemen pakan pada peternakan rakyat memberikan pengaruh yang berbeda. Peternakan rakyat yang memiliki pakan konvensional yang rendah produksi susunya dapat meningkat sekitar 46,64% dengan pemberian biskuit biosuplemen pakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriani. 2003. Optimalisasi produksi anak dan susu kambing Peranakan Etawah dengan superovulasi dan suplementasi Zn. [Disertasi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Atabany A. 2001. Studi kasus produktivitas kambing Peranakan Etawah pada peternakan kambing perah Barokah dan PT. Taurus Dairy Farm. [Thesis]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Davendra C, Burns M. 1994. Produksi Kambing di Daerah Tropis. ITB Bandung (Diterjemahkan oleh H. Putra).
- Ernawati. 1989. Pengaruh Tata Laksana Pemerahan Terhadap Kualitas Susu Kambing Dan Hasil Olahannya. [Tesis]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- FAO. 1977. Laboratory guide in dairy chemistry practicals. FAO Regional Dairy Development Centre for Asia and the Pacific. Dairy Training and Research Institute, Univ. Philippines, Los Banos, Laguna.
- Haris, Hitcher RL. 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.
- Ibrahim MT. 2003. Strategi Penelitian Hijauan mendukung pengembangan ternak kambing di Indonesia. Wartazoa, Vol 13 No.1
- Jennes R. 1980. Composition and characteristic of goat milk: Riview 1968-1979. *J. Dairy Science*. 63: 1605–1630.

- Katipana NGF. 1986. Nercra Nitro dan energi pada kambing menyusui dan tidak menyusui yang mendapat ransum tambahan ubi kayu yang dimasak dengan Urea. [Tesis]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pramesti OL. 2013. Hari Susu Nusantara 2012: Tingkatkan Kesadaran Masyarakat Untuk Minum Susu. <http://nationalgeographic.co.id/berita/2012/05/hari-susu-nusantara-2012-tingkatkan-kesadaran-masyarakat-untuk-minum-susu> [ 21 Juli 2013].
- Ramadhan BG, Suprayogi TH, Sustiyah A. 2013. The Effect Of Balanced Forage And Concentrate On Feed To Milk Production And Fat Content In Lactating Ettawa Grade Goats. *Animal Agriculture Journal*. 2(1): 353–361.
- Saleh E. 2004. Dasar pengolahan susu dan hasil ikutan ternak. [www.library.usu.ac.id](http://www.library.usu.ac.id). [2 November 2012].
- Setiawan T, Tanius A. 2003. Beternak Kambing Perah Peranakan Ettawah. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sodiq A, Abidin Z. 2002. *Kambing Peranakan Etawah Penghasil Susu Berkhasiat Obat*. Agro Media Pustaka: 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]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sudono A, 1985. Dairy cattle production. Department of Animal Production, Faculty of Animal Science. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tahahar A, Juarin E, Prianti A, Prianto D, Wibowo B. 1996. Usaha kambing perah rakyat sebagai salah satu pendapatan rumah tangga di Jawa Timur. Prosiding Ilmiah Hasil Penelitian Peternakan. BPPT Ciawi.
- Whiteley PR. 1971. Biscuit Manufacture. Applied Science Publisher, London.

**PEMODELAN KONSENTRASI OKSIGEN TERLARUT  
UNTUK PENENTUAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN  
BAHAN ORGANIK PADA AIR SUNGAI  
(STUDI KASUS DI SUNGAI CILIWUNG)**

(Modeling of Dissolved Oxygen Concentration for Determining Organic Waste Load Capacity in a River Stream (Case Study in Ciliwung River))

**Yuli Suharnoto, Andik Pribadi, Sutoyo**  
Dep. Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

**ABSTRAK**

Konsentrasi oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, DO) merupakan salah satu parameter penting sebagai indikator pencemaran air sungai. Pada penelitian ini, model kualitas air dengan parameter DO telah dikembangkan berdasarkan persamaan-persamaan matematis dinamika oksigen terlarut dalam air sungai. Model ini dapat digunakan untuk menentukan daya tampung pencemaran bahan organik pada air sungai (yang dinyatakan dengan nilai *biological oxygen demand*, BOD) berdasarkan baku mutu yang ditetapkan. Persamaan dasar yang digunakan adalah persamaan Streeter-Phelps (1958) yang dimodifikasi dengan mempertimbangkan proses difusi oksigen ke dalam endapan lumpur biologis. Model yang berupa program komputer disusun menggunakan *Visual Basic for Application* pada *Microsoft Excel*. Pada proses kalibrasi model dengan menggunakan data sampling, ditetapkan faktor koreksi koefisien reaerasi sebesar 0,25. Sedangkan pada proses validasi dengan menggunakan dua data sampling, diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,55 dan -7,92. Model ini selanjutnya diaplikasikan untuk menentukan daya tampung BOD di Sungai Ciliwung berdasarkan debit andalan dengan periode setengah bulanan dan baku mutu DO untuk air sungai Kelas II. Daya tampung beban BOD pada musim hujan (Oktober-Maret) berkisar antara 7,59–8,7 mg/l, sedikit lebih tinggi dibandingkan periode musim kemarau (April-September) yang berkisar antara 6,92–8,13 mg/l. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk membantu dalam formulasi strategi pengelolaan air sungai yang berkelanjutan.

Kata kunci: Pemodelan, oksigen terlarut, daya tampung pencemaran, Ciliwung.

**ABSTRACT**

Dissolved oxygen (DO) concentration is one of the important parameter as indicator of river stream pollution. In this study, a water quality model with DO parameter have been developed based on the mathematical equations on the dissolved oxygen dynamics in river stream. This model can be used to determine the organic waste load capacity in a river (which is indicated by biological oxygen demand (BOD) value) based on the regulated water quality standard. The basic equation used is the Streeter - Phelps equation (1958) which is modified by considering the oxygen diffusion into biological sludge. The model is a computer program compiled using the Visual Basic for Application in the Microsoft Excel. In the model calibration using sampling data, it was determined a correction factor of 0.25 for reaeration coefficient. While in the validation process using two sampling data, it was obtained  $R^2$  values of 0.55 and -7,92. This model was then applied to determine the BOD load capacity in the Ciliwung River based on 15-days dependable flow and DO standard for river waterClass II. The BOD load capacity during the rainy season (October to March) range from 7.59 to 8,7 mg/l, slightly higher than the dry season period (April-September) which is ranged from 6,92 to 8,13 mg/l. The results

of this study can be used to assist in the strategy formulation of the sustainable river water management.

Keywords: Modeling, dissolved oxygen, pollution load capacity, Ciliwung.

## PENDAHULUAN

Sungai adalah salah satu badan air permukaan yang digunakan oleh masyarakat luas sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Salah satu upaya yang dapat ditempuh dalam pengelolaan kualitas air sungai adalah dengan mengembangkan suatu model kualitas air. Model kualitas air ini dapat memprediksi atau mensimulasi penerimaan kualitas air yang dihasilkan dari debit effluent atau penambahan kontaminan sumber tertentu (*point sources*) dan/atau tak tertentu (*non-point sources*) untuk beragam jenis karakteristik sungai. Dengan demikian, model kualitas air yang dikembangkan dapat digunakan sebagai instrumen analisis untuk membantu dalam formulasi strategi pengelolaan sumberdaya air berkelanjutan.

Di antara beberapa parameter kualitas air, konsentrasi oksigen terlarut (*dissolved oxygen, DO*) merupakan salah satu parameter penting sebagai indikator pencemaran air, khususnya pencemaran yang disebabkan oleh kontaminan bahan organik. Kadar oksigen terlarut pada perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/liter (Effendi, 2003). Oksigen terlarut (DO) menjadi parameter penting karena merupakan kebutuhan dasar untuk kehidupan tanaman dan hewan di dalam air. Selain itu, oksigen terlarut juga berfungsi penting untuk mempertahankan kualitas air dengan menguraikan kontaminan bahan organik. Jika oksigen terlarut selalu rendah dan berada di luar kisaran toleransinya, maka organisme aerob akan mati dan organisme anaerob akan menguraikan bahan organik yang menghasilkan bahan seperti metana, hidrogen sulfida dan gas-gas beracun lainnya (Sastrawijaya, 2000).

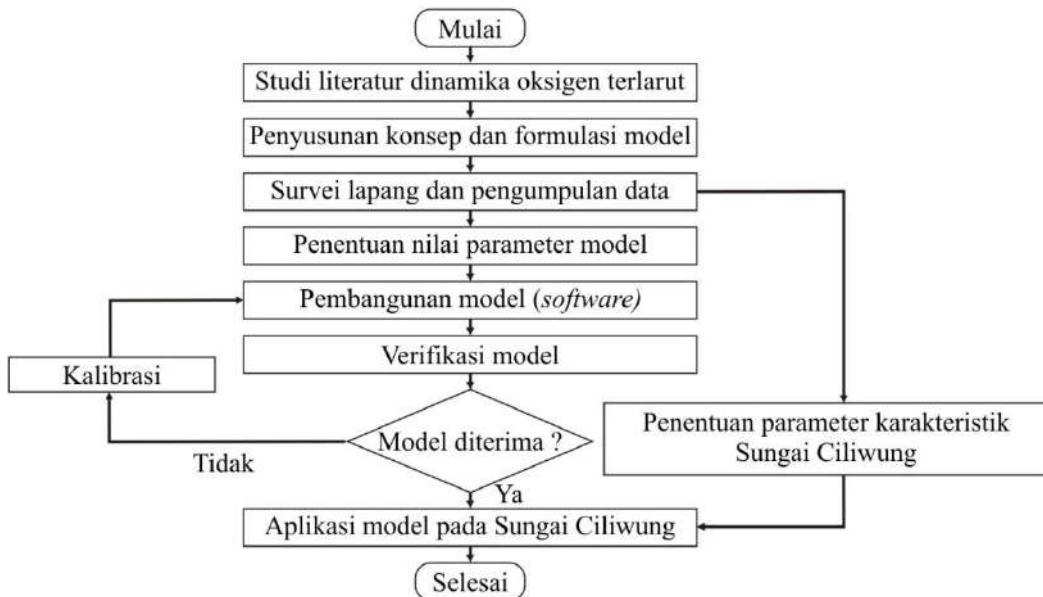
Berdasarkan hal tersebut, maka pengembangan model kualitas air, khususnya untuk parameter DO, penting untuk dibuat karena dengan model ini dapat diprediksi beban kontaminan yang dapat diterima berdasarkan baku mutu konsentrasi DO yang ditetapkan. Daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban

pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Dengan diketahuinya nilai daya tampung ini, dapat dilakukan upaya preventif terhadap kegiatan-kegiatan yang berpotensi menyebabkan degradasi DO berlebih karena membuang bahan pencemar melebihi daya dukung sungai.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini adalah di segmen tengah Sungai Ciliwung, yang masuk dalam wilayah Kota dan Kabupaten Bogor, serta Kota Depok. Pengambilan sampel air serta pengamatan dan pengukuran karakteristik sungai dilakukan di 3 titik, yaitu di daerah Sempur, Cibinong dan Depok. Analisis sampel air serta pemodelan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini dilaksanakan selama 5 (lima) bulan dimulai pada bulan Mei 2013 hingga Oktober 2013.

Penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur untuk menelaah dinamika oksigen terlarut pada air sungai, dilanjutkan dengan survei lapangan dan pengumpulan data sekunder debit sungai (*time series*) serta data-data penunjang lainnya. Selanjutnya dibangun model konsentrasi oksigen terlarut berdasarkan persamaan-persamaan empiris yang telah dikembangkan. Model yang telah dibangun tersebut kemudian divalidasi menggunakan data lapangan yang telah dikumpulkan. Jika model belum valid maka dilakukan kalibrasi terhadap model. Jika model sudah valid dan dapat diterima maka model dapat diaplikasikan untuk menentukan daya tampung beban pencemaran bahan organik pada aliran air sungai. Diagram alir tahapan penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir tahapan penelitian.

## Metode Pembangunan Model dan Analisis Data

Metode pembangunan model konsentrasi oksigen terlarut dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### a) Konsep dan Formulasi Model

Prinsip dasar dari pemodelan konsentrasi oksigen terlarut dalam penelitian ini adalah berdasarkan metode Streeter-Phelps yang dimodifikasi. Streeter-Phelps (1958) memperkenalkan persamaan kurva penurunan oksigen (*oxygen-sag curve*), seperti tercantum dalam persamaan (1) berikut ini:

$$Dt = \frac{K_1 L_o}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + D_o e^{-K_2 t} \dots \dots \dots \quad (1)$$

keterangan:

$D_t$  = defisit oksigen pada waktu  $t$  (mg/L)

$K_1$  = koefisien deoksigenasi (hari-1)

$K_2$  = koefisien reaerasi (hari-1)

$L_o$  = konsentrasi awal bahan organik / BOD ultimatum (mg/L)

$D_o$  = defisit oksigen awal pada titik buangan pada waktu  $t=0$  (mg/L)

$t$  = waktu setelah pencampuran (hari).

Velz dan Gannon (1962) mengajukan konsep bahwa proses deoksigenasi selain dipengaruhi oleh kadar bahan organik pada air sungai, juga dipengaruhi oleh proses difusi oksigen ke dalam endapan lumpur biologis. Sehingga

koefisien deoksigenasi dimodifikasi menjadi  $K_d$  dengan persamaan (Krenkel dan Novotny, 1979):

dimana B didefinisikan sebagai koefisien yang menggambarkan efek batas dari absorpsi oleh lumpur biologis yang menempel pada dasar sungai (cadas, bebatuan, dan sebagainya).

Penelitian ini akan mengakomodir modifikasi yang diajukan oleh Velz dan Gannon sekaligus mengambil asumsi bahwa proses-proses yang lain tidak berpengaruh secara signifikan terhadap konsentrasi oksigen terlarut sehingga diabaikan. Dengan demikian, persamaan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$Dt = \frac{K_d L_o}{K_2 - K_d} (e^{-K_d t} - e^{-K_2 t}) + D_o e^{-K_2 t} \dots \dots \dots \quad (3)$$

Konsep model yang telah diformulasikan tersebut selanjutnya dikodifikasi menjadi sebuah program komputer (*software*) yang representatif dan mudah dioperasikan. Proses kodifikasi ini akan dilakukan dengan menggunakan bantuan program aplikasi *Visual Basic for Application* (VBA) pada *Microsoft Excel*. Model ini dirancang untuk menghasilkan keluaran (output) yang diharapkan dapat dijadikan acuan dalam pengelolaan kualitas air sungai.

### b) Penentuan Nilai Parameter Model

Proses dalam tahap ini adalah penentuan nilai parameter-parameter dalam model sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Beberapa parameter yang perlu ditentukan dalam penelitian ini adalah:

- Koefisien reaerasi ( $K_2$ )

Koefisien reaerasi pada penelitian ini akan diestimasi menggunakan persamaan O'Conner dan Dobbins (1958), seperti yang tercantum dalam persamaan (4):

$$K_2 = \frac{294(D_L v)^{1/2}}{H^{3/2}} \dots \dots \dots \quad (4)$$

keterangan:  $D_L$  = koefisien difusi molekular untuk oksigen ( $m^2/\text{hari}$ )  
 $v$  = kecepatan aliran rata-rata ( $m/\text{detik}$ )  
 $H$  = kedalaman aliran rata-rata (m)

- Koefisien deoksigenasi (K1)

Penentuan nilai  $K_1$  dilakukan dengan menentukan terlebih dulu nilai rasio asimilasi pada air sungai, yaitu rasio antara koefisien reaerasi dan koefisien deoksigenasi yang ditunjukkan dalam persamaan (Hidroscience, 1971):

Rasio asimilasi dapat ditentukan dengan menggunakan nomogram yang menunjukkan hubungan kedalaman aliran ( $H$ ) terhadap rasio asimilasi ( $\Phi$ ).

- Koefisien B

Nilai koefisien B akan dihitung menggunakan metode yang diajukan oleh Krenkel dan Novotny (1979) dengan persamaan:

keterangan:  $S_e$  = kemiringan dasar aliran (ft/1000 ft)  
 $H$  = kedalaman aliran rata-rata (m)

### c) Validasi dan Kalibrasi Model

Validitas model akan diuji dengan menentukan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_i - y_i)^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} \dots \quad (7)$$

keterangan:  $Y_i$  = nilai aktual (konsentrasi DO) ke- $i$   
 $y_i$  = nilai model (konsentrasi DO) ke- $i$   
 $\bar{Y}$  = rata-rata nilai aktual (konsentrasi DO)

#### d) Aplikasi Model

Model yang telah dinyatakan valid dan dapat diterima, selanjutnya akan diaplikasikan untuk menentukan daya tampung beban pencemaran bahan organik (yang dinyatakan dengan nilai BOD) pada Sungai Ciliwung berdasarkan debit andalan setengah bulanan dan baku mutu yang telah ditetapkan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengamatan Karakteristik Sungai dan Pengambilan Sampel

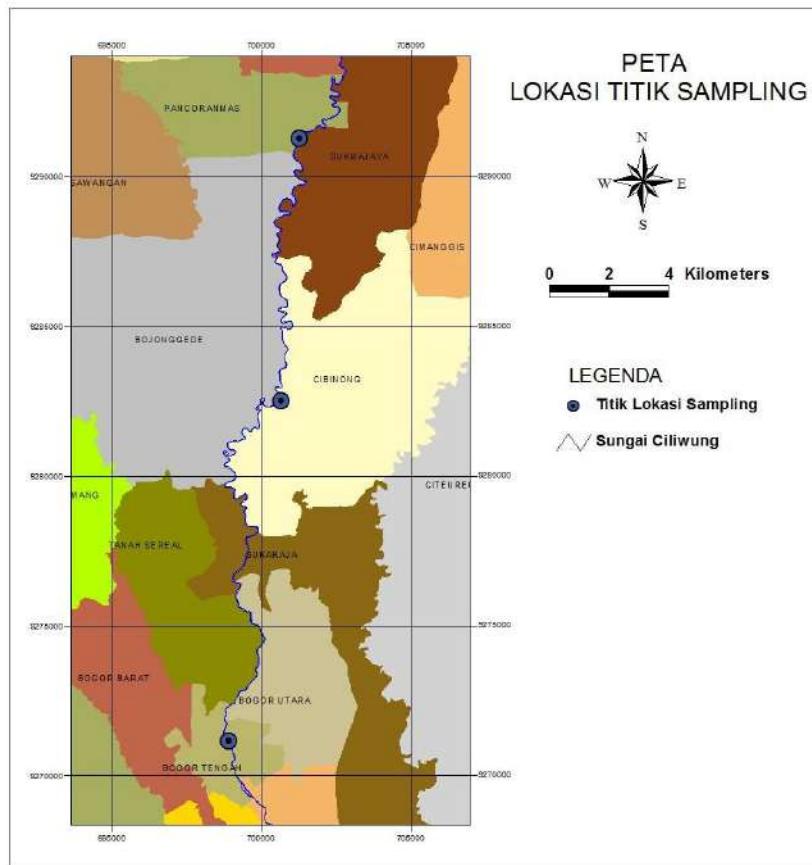
Lokasi *sampling* terletak di 3 (tiga) titik lokasi pada Sungai Ciliwung, mulai dari bagian atas, tengah dan bawah. Lokasi yang pertama tepatnya berada di koordinat  $6^{\circ} 35' 24.76''$  LS dan  $106^{\circ} 47' 57.36''$  BT yang terletak di Kelurahan Sempur, Bogor. Lokasi yang kedua terletak di koordinat  $6^{\circ} 29' 13.02''$  LS dan  $106^{\circ} 48' 51.62''$  BT Kecamatan Cibinong dan lokasi yang ketiga dengan kordinat  $6^{\circ} 24' 29.03''$  LS dan  $106^{\circ} 49' 11.40''$  BT di Kecamatan Sukmajaya Depok. Peta titik lokasi *sampling* dapat dilihat pada Gambar 2.

#### Debit Andalan Sungai Ciliwung

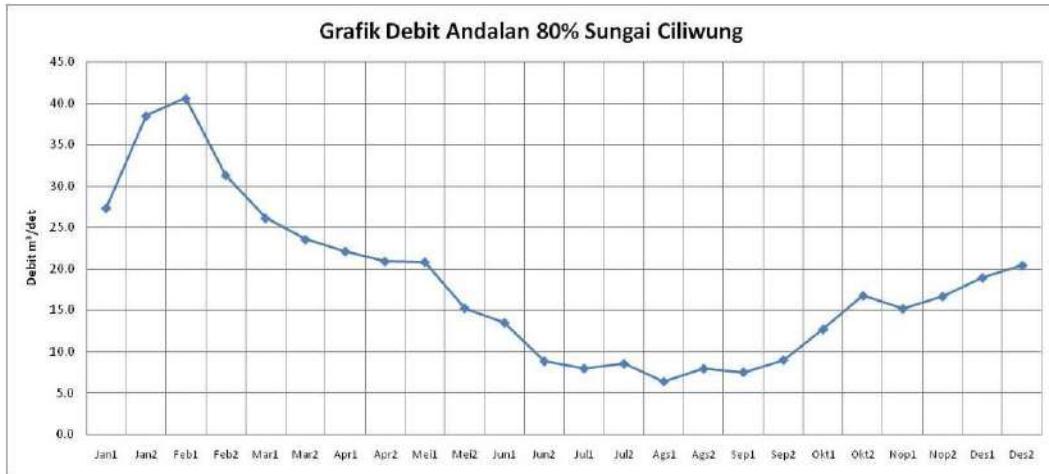
Debit Sungai Ciliwung yang terjadi berdasarkan data debit tahun 1983–2006 menunjukkan debit tertinggi dengan nilai  $85,28 \text{ m}^3/\text{det}$ , debit minimum sebesar  $0,03 \text{ m}^3/\text{det}$  dan debit rata-rata sebesar  $12,23 \text{ m}^3/\text{det}$ . Debit andalan dengan peluang 80% dapat dilihat pada Gambar 3.

#### Pembangunan Model

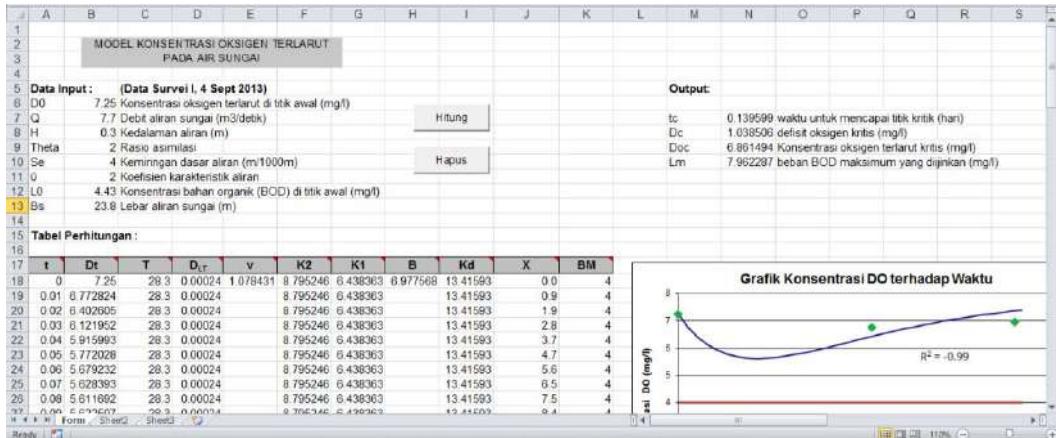
Model konsentrasi oksigen terlarut (DO) dalam air sungai disusun berdasarkan persamaan-persamaan matematik yang telah diformulasikan. Tampilan model pada Microsoft Excel seperti disajikan pada Gambar 4.



Gambar 2 Lokasi titik pengambilan sampel.

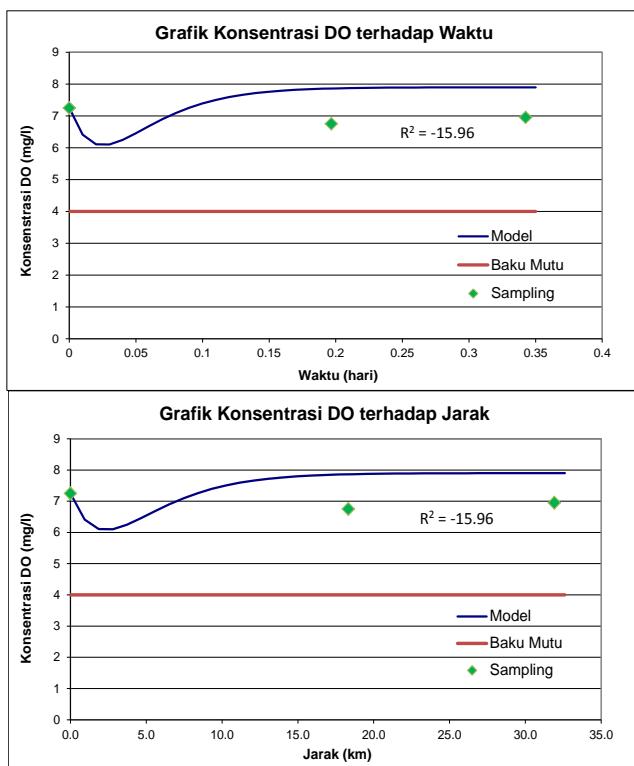


Gambar 3 Grafik debit andalan Sungai Ciliwung dengan peluang 80%.



Gambar 4 Tampilan model DO menggunakan VBA pada Microsoft Excel.

Grafik konsentrasi DO terhadap waktu maupun terhadap jarak sebagai salah satu output model, disajikan pada Gambar 5.

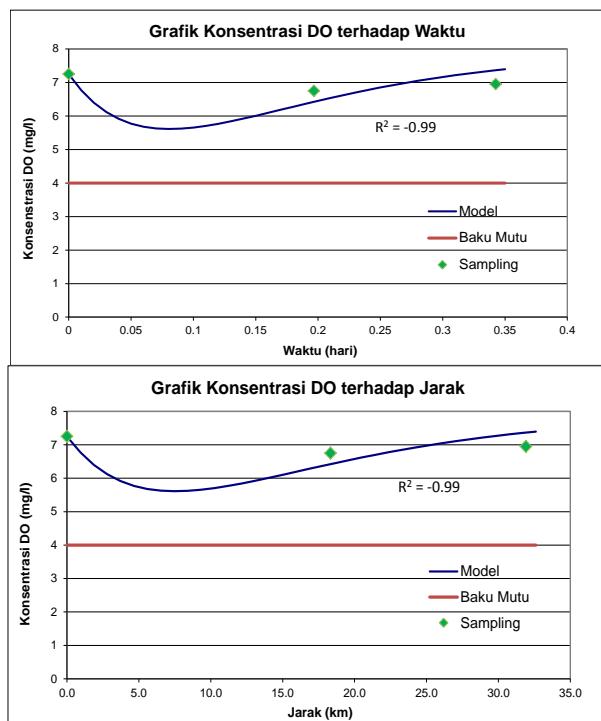


Gambar 5 Output model.

### Kalibrasi Model

Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa model belum dapat mendekati nilai pengukuran dengan baik, dengan  $R^2 = -15,96$ . Dengan demikian perlu dilakukan proses kalibrasi agar model dapat mendekati nilai pengukuran dengan lebih baik.

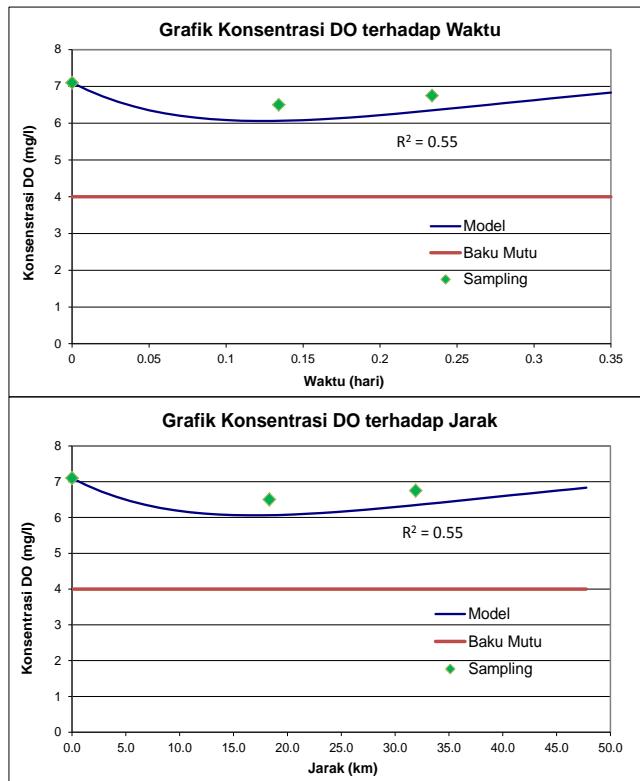
Kalibrasi yang dilakukan pada tahap ini adalah dengan memberikan faktor koreksi terhadap koefisien rearerasi (K2). Pada proses kalibrasi ini diperoleh faktor koreksi sebesar 0,25. Model yang dihasilkan pun dapat mendekati nilai pengukuran dengan lebih baik, dengan  $R^2 = -0,99$  seperti dapat dilihat pada Gambar 6.



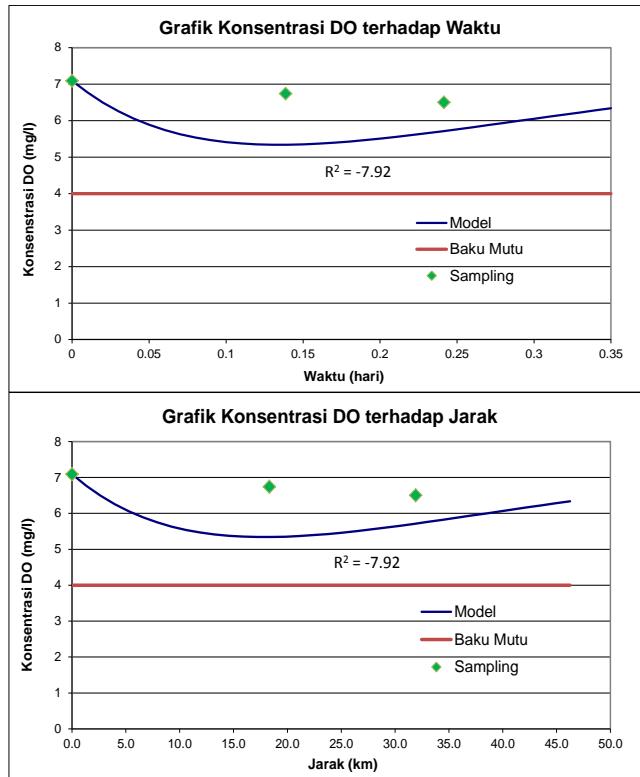
Gambar 6 Output model setelah kalibrasi.

## Validasi Model

Pada tahap ini, model yang telah dibangun divalidasi dengan menggunakan data hasil sampling kedua dan ketiga. Pada proses validasi dengan data hasil sampling kedua, diperoleh hasil yang cukup bagus. Kurva model DO cukup mendekati hasil pengukuran, dengan nilai  $R^2 = 0,55$ . Namun pada proses validasi kedua, hasil yang diperoleh kurang bagus. Kurva model DO terlihat cukup jauh dibandingkan data pengukuran, dengan nilai  $R^2 = -7,92$ . Grafik hasil validasi ini dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7 Validasi model menggunakan data *sampling* kedua.



Gambar 8 Validasi model menggunakan data *sampling* ketiga.

## Aplikasi Model

Model DO yang telah dikalibrasi dan divalidasi selanjutnya diaplikasikan untuk menentukan daya tampung beban pencemaran bahan organik (yang dinyatakan dengan nilai BOD) pada Sungai Ciliwung. Nilai daya tampung yang ditentukan ini merupakan nilai BOD maksimum yang diperbolehkan masuk Sungai Ciliwung (di titik awal, pada kasus ini di Sempur) agar konsentrasi DO pada air sungai tidak berada di bawah baku mutu yang telah ditetapkan.

Pada aplikasi ini digunakan baku mutu DO untuk air Kelas II sesuai PP No. 82/2001 yaitu sebesar 4 mg/l. Perhitungan daya tampung dilakukan para periode setengah bulanan, dengan menggunakan data debit setengah bulanan dengan periode ulang 80%. Hasil perhitungan daya tampung BOD di Sungai Ciliwung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Daya tampung BOD Sungai Ciliwung

Periode	Debit	Daya tampung BOD	Waktu kritis		Jarak kritis
	Andalan		(m <sup>3</sup> /det)	(mg/l)	
Jan1	27.332	8.33	0.127	3.048	30.329
Jan2	38.452	8.65	0.115	2.76	38.413
Feb1	40.565	8.7	0.113	2.712	39.9
Feb2	31.304	8.46	0.122	2.928	33.279
Mar1	26.105	8.29	0.129	3.096	29.392
Mar2	23.551	8.19	0.137	3.288	27.412
Apr1	22.131	8.13	0.136	3.264	26.285
Apr2	20.908	8.08	0.139	3.336	25.297
Mei1	20.835	8.07	0.139	3.336	25.237
Mei2	15.237	7.77	0.154	3.696	20.452
Jun1	13.503	7.65	0.16	3.84	18.858
Jun2	8.862	7.24	0.184	4.416	14.19
Jul1	7.992	7.14	0.19	4.56	13.228
Jul2	8.573	7.21	0.186	4.464	13.874
Ags1	6.41	6.92	0.202	4.848	11.261
Ags2	7.968	7.13	0.19	4.56	13.167
Sep1	7.542	7.08	0.193	4.632	12.658
Sep2	9.007	7.25	0.183	4.392	14.372
Okt1	12.699	7.59	0.166	3.984	18.346
Okt2	16.755	7.86	0.153	3.672	22.325
Nop1	15.185	7.77	0.157	3.768	20.823
Nop2	16.667	7.86	0.153	3.672	22.24
Des1	18.951	7.98	0.148	3.552	24.361
Des2	20.439	8.06	0.14	3.36	24.913

Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa daya tampung beban BOD pada Sungai Ciliwung berfluktuasi tergantung debitnya, meskipun nilainya kecil. Demikian pula waktu kritis dan jarak kritisnya juga bervariasi pada setiap periodenya. Daya tampung beban BOD pada musim hujan (Oktober–Maret) berkisar antara 7,59–8,7 mg/l, sedikit lebih tinggi dibandingkan periode musim kemarau (April–September) yang berkisar antara 6,92–8,13 mg/l, meskipun fluktuasi debit antara musim hujan dan musim kemarau cukup besar. Hal ini karena nilai BOD dinyatakan per satuan volume air. Sehingga total bahan pencemar organik yang dapat ditampung air sungai pada musim hujan akan lebih besar dibandingkan musim kemarau.

## KESIMPULAN

Model kualitas air dengan parameter oksigen terlarut (*dissolved oxygen, DO*) untuk air sungai telah dikembangkan. Model ini merupakan program komputer yang dibangun berdasarkan persamaan-persamaan matematis dinamika oksigen terlarut dalam air sungai. Proses validasi model menggunakan data hasil pengukuran lapangan (survei) di Sungai Ciliwung menunjukkan hasil yang cukup bagus.

Model ini telah diaplikasikan untuk menentukan daya tampung beban pencemaran bahan organik (yang dinyatakan dengan nilai BOD) pada Sungai Ciliwung dengan periode setengah bulanan. Daya tampung beban BOD pada musim hujan (Oktober–Maret) berkisar antara 7,59–8,7 mg/l, sedikit lebih tinggi dibandingkan periode musim kemarau (April–September) yang berkisar antara 6,92–8,13 mg/l.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas pendanaan penelitian ini melalui alokasi Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri (BOPTN) Tahun Anggaran 2013.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Effendi H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Hidroscience Inc. 1971. Simplified Mathematical Modeling of Water Quality. <http://dspace.udel.edu:8080/dspace/handle/19716/1448>[4 Maret 2013]
- Krenkel PA, Novotny V. 1979. River Water Quality Model Construction. Di dalam: Shen, Hsieh Wen (ed). Modeling of Rivers. John Wiley & Sons. New York.
- Sastrawijaya AT. 2000. Pencemaran Lingkungan. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Streeter HW, Phelps EB. 1958. A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River. <http://dspace.udel.edu:8080/dspace/handle/19716/1590> [4 Maret 2013].

## INDEKS PENELITI

### A

- A. Darmawan, 130–142  
A. Sapei, 250–264  
Agus Setiyono, 67–74  
Ahmad Junaedi, 75–86  
Akhmad Endang Zainal, 186–196  
Akhmad Faqih, 159–176  
Alimuddin, 1–10  
Amalia Ikhwanti, 338–348  
Anas Dinurrohman Susila, 11–18, 103–119  
Andik Pribadi, 349–362  
Ani Suryani, 103–119  
Anna Fariyanti, 34–43  
Antung Sima Firleyanti, 197–207  
Arya Widura R, 87–102  
Asih Setia Utami, 208–221  
Awang Mahariwujaya, 103–119  
Ayi Santika, 1–10

### B

- B. Sri Laksmi S. Jenie, 292–308  
Bagus Sartono, 56–66

### C

- Chilwan Pandji, 177–185

### D

- Darda Efendi, 11–18  
Desrial, 323–337  
Dewi Sartiami, 103–119  
Didid Diapari, 44–55  
Djumali Mangunwidjaja, 186–196, 264–273  
Dodik Briawan, 143–158  
Dwi Hany Yanti, 1–10

### E

- Eko Hari Purnomo, 197–207  
Elvira Syamsir, 222–234  
Endang Gunawan, 11–18, 19–33  
Endang Warsiki, 177–185, 208–221  
Erizal, 235–249  
Etty Riani, 159–176

### F

- Feri Kusnandar, 197–207, 222–234  
Franky Ninthyas Gurning, 67–74

### H

- H.K Wijaya, 250–264  
Harsi D. Kusumaningrum, 292–308  
Heni Herawati, 222–234  
Heni Purnamawati, 19–33  
Heri Harti, 19–33, 87–102

### I

- Idat Galih Permana, 338–348  
Indah Yuliasih, 208–221  
Indra Jaya, 274–290  
Itasia Dina Sulvianti, 56–66

### J

- Jajat Jachja, 120–129

### J

- Ketty Suketi, 34–43  
Komang G. Wirayawan, 44–55, 120–129, 130–142  
Kukuh Budi Satoto, 44–55  
Kusmania, 103–119  
Kusuma Darma, 87–102

### L

- Laras Wahyu, 177–185  
Liferdi, 103–119  
Lilis Khotijah, 44–55  
Lina Mulyani, 1–10  
Lulu Maknun, 197–207

### M

- M. Arif Nasution, 103–119  
M. Rahmad Suhartanto, 34–43, 87–102, 103–119  
M. Yanuar J. Purwanto, 235–249  
Maya Melati, 75–86  
Mohammad Masjkur, 56–66  
Muhamad Syukur, 87–102, 103–119  
Mulyono S. Baskoro, 274–290

### N

- Naekman N, 87–102  
Nahrowi, 67–74  
Nina Ratna Juita, 87–102  
Nora H. Pandjaitan, 250–264  
Nur R. komalasari, 338–348  
Nurhidayah, 120–129  
Nurly Faridah, 1–10  
Nurul Fitriah, 309–322

### P

- Prastowo, 250–264  
Prayoga Suryadarma, 186–196, 264–273  
Purwoko, 264–273

### R

- Rina Roslina, 338–348  
Rini Purnawati, 177–185  
Roza Yusfiandayani, 274–290

*S*

- Siti Amanah, 159–176  
Siti Nurjanah, 292–308  
Slamet Susanto, 75–86  
Sobir, 87–102, 103–119  
Sri Nuryati, 1–10  
Sri Suharti, 120–129  
Suharsono, 309–322  
Sulassih, 87–102  
Sumiati, 130–142  
Suryo Wiyono, 103–119  
Sutoyo, 349–362  
Syafrida Manuwoto, 103–119

*T*

- Tin Herawati, 159–176

*U*

- Utut Widystuti, 309–322

*V*

- Vitria Melani, 143–158  
Vitria R Rahadi, 87–102

*W*

- Wawan Hermawan, 323–337  
Willy Bayuardi, 19–33

*Y*

- Y. Aris Purwanto, 103–119  
Yayah K. Wagiono, 103–119  
Yayuk Farida Baliwati, 143–158  
Yuli Retnani, 338–348  
Yuli Suharnoto, 349–362

# *Mencari dan Memberi yang Terbaik*

ISBN 978-602-8853-21-7 (jil.2)



9 786028 853217



KAN  
Komite Akreditasi Nasional  
Lembaga Sertifikasi Sistem Manajemen  
LSSM-C02-ID



Lembaga Penelitian dan  
Pengabdian kepada Masyarakat  
Certifies No. CSC 01048  
ISO 9001: 2008

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM - IPB)  
Gedung Andi Hakim Nasoetion Lantai 5 Kampus IPB Darmaga 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