

ISSN : 1979 - 679X

Nomor : 154/Akred-LIPI/P2MBI/03/2009

Buletin Palma

Nomor 37, Desember 2009



DEPARTEMEN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN

BOGOR
2009

Buletin Palma

Terakreditasi berdasarkan Keputusan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
 Nomor : 346/D/2009

Buletin Palma memuat artikel hasil-hasil penelitian kelapa dan palma lainnya. Buletin ini diterbitkan dua kali setahun oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Redaksi menerima sumbangan tulisan dari luar. Naskah yang diterima adalah yang belum pernah dipublikasikan di media cetak lain dan hendaknya mengacu pada **Pedoman Menulis** yang terdapat pada sampul belakang di bagian dalam. Redaksi berhak untuk menyunting naskah tanpa mengubah isi dan makna tulisan atau menolak suatu naskah. Naskah yang tidak diterbitkan tidak akan dikembalikan kepada penulis.

- Penanggung Jawab** : M. Syakir
- Pemimpin Redaksi** : Meldy L.A. Hosang (*Entomologi*)
- Anggota** : 1. Bambang Heliyanto (*Bioteknologi*)
 2. Novariant Hengky (*Pemuliaan*)
 3. Hiasinta F.J. Motulo (*Fitopatologi*)
 4. Lay Abner (*Pasca Panen*)
 5. Nurhaini Mashud (*Fisiologi*)
- Redaksi Pelaksana** : 1. Ismail Maskromo
 2. Djunaid Akuba
 3. Engelbert Manaroinson
- Reviewer**
(2010 – 2014) : 1. Elna Karmawati (*Entomologi*)
 Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor
 2. Supriadi (*Fitopatologi*)
 Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor
 3. Sudarsono (*Pemuliaan*), Institut Pertanian Bogor
 4. J. Polii Mandang (*Ekofisiologi*)
 Universitas Sam Ratulangi Manado
 5. J. Pontoh (*Pasca Panen*)
 Universitas Sam Ratulangi Manado
- Diterbitkan oleh** : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor
- Alamat Redaksi** : Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado.
 Jln. Raya Mapanget, PO. Box 1004, Manado-95001
 Telepon : (0431) 812430, Fax. (0431) 812017
 E-mail : balitka05@yahoo.com
 Homepage : <http://www.balitka.litbang.deptan.go.id>

Cara merujuk yang diartikan

Contoh : Rindengan B. 2004. Potensi buah kelapa muda untuk kesehatan dan pengolahannya. *Perpspektif Puslitbangbun*. hal. 46-60.

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN

Jl. Tentara Pelajar No. 1 Cimanggu, Bogor 16111
 Telp. (0251) 8336194, 8313083 – Fax (0251) 8336194
 E-mail : criec@indo.net.id

KATA PENGANTAR

Artikel Buletin Palma No. 37, memuat berbagai hasil penelitian tanaman kelapa yang meliputi aspek pemuliaan: depresi silangdalam kelapa Dalam Mapanget berdasarkan penanda mikrosatelit (SSR), keragaman genetik kelapa Dalam Bali dan Dalam Sawarna berdasarkan penanda *random amplified polimorphic DNA*, aspek ekofisiologi: pertumbuhan embrio kelapa Dalam Mapanget pada media Y3 yang disubstitusi dengan air kelapa, aspek pengolahan: pengaruh lama pendiaman santan, cara penyaringan dan lama penyimpanan terhadap mutu *Virgin Coconut Oil*, sedangkan dari aspek sosial ekonomi adalah adopsi teknologi budidaya kelapa pada populasi terserang hama *Sexava* di Kabupaten Kepulauan Talaud.

Pada nomor ini, juga memuat hasil-hasil penelitian tanaman aren dan pinang yang secara spesifik membahas mengenai: rekayasa teknologi alat pengolahan bioetanol dari nira aren, penggunaan ragi komersial pada pengolahan etanol dari nira aren, eksplorasi aren (*Arenga pinnata* Merr) di Tomohon, Sulawesi Utara, dan sidik lintas karakter produksi dengan karakter vegetatif pada aksesori pinang Bolaang Mongondow.

Semoga hasil-hasil penelitian akan menambah khazanah ilmu pengetahuan dan teknologi serta memberi manfaat bagi pengembangan kelapa, aren dan pinang di masa mendatang.



Redaksi

Buletin Palma No. 37, Desember 2009

DAFTAR ISI

	Halaman
1. Rekayasa Teknologi Alat Pengolahan Bioetanol dari Nira Aren A. Lay	100-113
2. Eksplorasi Aren (<i>Arenga pinnata</i> Merr) di Tomohon, Sulawesi Utara Elsje T. Tenda	114-118
3. Sidik Lintas Karakter Produksi dengan Karakter Vegetatif pada Aksesori Pinang Bolaang Mongondow Miftahorrachman	119-126
4. Depresi Silangdalam Kelapa Dalam Mapanget Berdasarkan Penanda Mikrosatelit (SSR) Donata S. Pandin	127-137
5. Pertumbuhan Embrio Kelapa Dalam Mapanget pada Media Y3 yang di Substitusi dengan Air Kelapa Nurhaini Mashud	138-144
6. Pengaruh Lama Pendiamaan Santan, Cara Penyaringan dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu <i>Virgin Coconut Oil</i> (VCO) Rindengan Barlina	145-151
7. Keragaman Genetik Kelapa Dalam Bali (DBI) dan Dalam Sawarna (DSA) Berdasarkan Penanda <i>Random Amplified Polymorphic DNA</i> (RAPD)..... Donata S. Pandin	152-165
8. Penggunaan Ragi Komersial pada Pengolahan Etanol dari Nira Aren A. Lay	166-173

9. Adopsi Teknologi Budidaya Kelapa pada Populasi Terserang
Hama *Sexava* di Kabupaten Kepulauan Talaud 174-183

Daniel J. Torar

Rekayasa Teknologi Alat Pengolahan Bioetanol dari Nira Aren

A. Lay

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001

Diterima 5 Oktober 2009 / Direvisi 2 November 2009 / Disetujui 1 Desember 2009

ABSTRAK

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Bengkel Rekayasa Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado dari bulan Mei sampai September 2009. Kegiatan penelitian terdiri dari perancangan alat pengolahan bioetanol, pengujian dan penggunaan produk bioetanol sebagai bahan bakar mesin. Pengamatan terdiri dari karakteristik bahan olah, kondisi fisik dan sistem unit proses, neraca massa dan analisis ekonomi pengolahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alat pengolahan bioetanol berupa destilator-dehidrator sistem sinambung dapat meningkatkan kadar etanol bahan baku dari 13-30% menjadi 80-94%, dan kadar 83% meningkat menjadi 95-97%. Neraca massa produk etanol beragam tergantung pada kondisi bahan olah dan suhu pemanasan selama pengolahan. Etanol kadar 97% dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin dengan rasio bensin alkohol 90:10. Penggunaan bahan bakar campuran bensin bioetanol menghemat penggunaan bahan bakar sebesar 12,5 - 29,0% dibanding dengan bahan bakar bensin. Secara ekonomi, pengolahan bioetanol dari etanol kadar 25-35% untuk menghasilkan etanol kadar 90-95% adalah menguntungkan. Alat pengolahan bioetanol adalah efisien digunakan pada skala kelompok tani dan skala industri kecil-menengah.

Kata kunci : Rekayasa teknologi, pengolahan, nira aren, bioetanol.

ABSTRACT

Engineering Design of Bioethanol Processing Machine from Palm Neera

The research was conducted in Laboratory and engineering workshop of Indonesian Coconut and Palmae Research Institute, Manado from May to September 2009. The activities consisted of Bioethanol processing equipment, field testing of bioethanol product as machine fuel engine. Raw material characteristics (crude ethanol), material balance, physical conditions and processing system of unit processes and economically processing analysis were observed. Research result showed that use of bioethanol equipment could improved ethanol content of crude ethanol from 13-30% to 80-94% and from 83% to 95-97%. Mass balance varied and depended on characteristic of crude ethanol and heating process. Ethanol 97% could be used as machine engine with ratio of gasoline and ethanol 90:10. Use of bioethanol and gasoline blend can be used more efficient 12.5-29.0% than use of gasoline. Processing of crude ethanol 25-35% to produce ethanol 90-95% is profitable. The bioethanol equipment efficient to be used under farmer scale and medium industries scale.

Keywords: Engineering design, processing, palm neera, bioethanol.

PENDAHULUAN

Pengolahan nira aren menjadi etanol sudah umum dilakukan petani aren, antara lain di daerah Minahasa Sulawesi Utara, dengan cara menampung nira hasil sadapan dalam tangki selama 2-3 hari tanpa menggunakan stater atau ragi, nira hasil fermentasi kemudian disuling dengan alat penyulingan sederhana, akan menghasilkan bioetanol berkadar 25-35% etanol (Lay *et al.*, 2004). Untuk meningkatkan kadar etanol menjadi 99,5-99,8% dengan cara dehidrasi (Tjokoroadikoesoemo, 1986).

Bioetanol yang digunakan sebagai bahan bakar dalam bentuk campuran bioetanol dengan bensin adalah bioetanol dengan kadar etanol 99,5% atau lebih atau bioetanol *anhidrat* (Hambali *et al.*, 2008). Bioetanol *anhidrat* yang digunakan sebagai bahan bakar lebih populer dengan sebutan *Fuel Grade Ethanol* atau FGE (Prihandana *et al.*, 2006).

Keuntungan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar adalah memiliki nilai oktan lebih tinggi dari bensin, dapat digunakan dalam bentuk murni dan campuran dengan bensin, mudah terurai dalam air dan ramah lingkungan, sehingga merupakan bahan bakar alternatif yang potensial untuk dikembangkan (Anonim, 2005).

Dalam industri bioetanol umumnya digunakan sebagai bahan baku industri alkohol, campuran untuk minuman keras, bahan farmasi, dan kosmetika. Bioetanol telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar substitusi BBM untuk motor bensin. Umumnya penggunaan bioetanol masih dalam bentuk campuran dengan bensin pada konsentrasi 10% (E10), yaitu 10% bioetanol dan 90% bensin, bahan

bakar ini dikenal sebagai Gasohol (Hambali *et al.*, 2008).

Campuran bioetanol (5%) dengan bensin (95%) telah dikomersialkan oleh Pertamina dengan nama dagang Pertamax. Tahun 2008, harga Pertamax pada beberapa SPBU di Pulau Jawa dan Sumatera, cukup tinggi, yakni Rp. 6.500-6.850/liter (Prihandana *et al.*, 2008). Di Manado Sulawesi Utara, harga Bensin Premium pada bulan November 2009 adalah Rp. 4.500/liter, sedangkan Pertamax sebesar Rp. 9.100/liter. Harga Pertamax yang cukup tinggi, akan mendorong pengembangan usaha pengolahan bioetanol yang dikategorikan FGE.

Pemanfaatan bioetanol tidak hanya sebagai substitusi energi minyak bumi yang makin terbatas, tetapi akan dapat mempercepat pengurangan pengangguran dan kemiskinan. Pengembangan tanaman bahan bakar nabati dapat mendorong peningkatan nilai tambah komoditas dan peningkatan pendapatan petani (Prihandana *et al.*, 2006).

Permasalahan menonjol dalam pengolahan bioetanol, antara lain: (a) pengendalian suhu pemanasan pada proses destilasi untuk menghasilkan etanol berkadar 70-95% dan, (b) teknik proses dehidrasi untuk menghasilkan bioetanol yang dikategorikan FGE, dengan hidrat yang dapat digunakan berulang (*recycle*) untuk waktu lama, dan (c) terbatasnya unit proses bioetanol seperti destilator dan dehidrator dengan kondisi operasi yang optimal, biaya relatif murah dan praktis dioperasikan.

Penelitian bertujuan untuk mendapatkan teknologi pengolahan bioetanol yang praktis diaplikasikan kelompok tani dan industri skala menengah, serta produk bioetanol yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai September 2009, di Laboratorium dan Bengkel Rekayasa Alat, Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado.

Dalam penelitian ini, bahan olah etanol yang digunakan adalah etanol hasil fermentasi dan destilasi konvensional nira aren kadar etanol 13-30% yang berasal dari petani Desa Kuwil, Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara. Bahan adsorpsi air dari larutan etanol atau hidrat yang digunakan adalah Zeolit alam dan saringan molekuler impor, dan bahan penunjang lainnya.

Penelitian menggunakan metode observasi terhadap desain dari masing-masing unit proses alat pengolahan bioetanol, karakteristik bahan olah dan hasil olah. Kegiatan yang diobservasi terdiri dari:

a. Desain dan fungsi unit proses serta komponen peralatan dari alat pengolahan bioetanol sebagai berikut:

- Tangki penguapan terbuat dari pelat Stainless steel 1,5 mm, dengan volume maksimum 100 liter, dilengkapi corong pemasukan bahan olah dan pengeluaran sisa hasil proses, termo-kopel dan pressure-gauge. Bahan bakar untuk pemanasan tangki dapat berasal dari kompor manual, kompor pompa dan sumber panas lainnya.
- Destilator dengan pengaliran air destilasi menggunakan sistem bulu atau cangkang (Bernasconi *et al.*, 1995). Destilator terdiri dari Destilator I dan Destilator II, terbuat dari pipa stainless steel diameter 4 inci dan panjang masing-masing 140 dan 120 cm. Destilator berfungsi

merubah alkohol dalam bentuk uap menjadi cair. Destilator I, dilengkapi termo-kopel, pipa pengeluaran alkohol hasil destilasi, pemasukan dan pengeluaran air destilasi, air destilasi berasal dari air sumur atau air keran. Destilator II; rancangannya sama dengan destilator I, hanya fungsinya sebagai pendingin etanol yang berasal dari destilator I.

- Dehidrator; terbuat dari pipa stainless steel diameter 4 inci, panjang 100 cm. Dalam pipa dehidrator terdapat ruang penampung hidrat, kapasitas 6,3 - 6,5 kg. Hidrat yang digunakan pada penelitian adalah zeolit alam dan saringan molekuler impor, dengan penggunaan hidrat pada dehidrator dilakukan secara bergantian. Proses regenerasi hidrat dilakukan diluar unit proses dengan menggunakan oven pada suhu spesifik regenerasi hidrat, yakni zeolit alam 120°-125°C dan saringan molekuler impor 200 - 220°C (Bernasconi *et al.*, 1995).
 - Rangka dudukan alat; terbuat dari besi siku berlubang 4 x 4 cm, berfungsi sebagai penahan tegak dan kestabilan posisi alat, terutama untuk kondisi operasional pengolahan dan pemasangan peralatan sebelum pengolahan.
- b. Pengujian alat: Dilakukan pengamatan terhadap kinerja masing-masing unit proses selama pengolahan bioetanol, yakni:
- Tangki penguapan; kondisi bahan olah (volume etanol, kadar etanol, kadar gula dan pH), kondisi bahan sisa proses (volume etanol, kadar etanol, kadar gula dan pH), suhu pemasakkan dan konsumsi bahan

bakar selama pemanasan campuran air-etanol.

- Destilator; suhu destilasi, debit air destilasi, dan produk hasil destilasi (volume etanol, kadar etanol, kadar gula dan pH).
 - Dehidrator; suhu dehidrasi, dan produk hasil dehidrasi (volume etanol, kadar etanol, kadar gula dan pH) dan daya adsorpsi hidrat terhadap air dan etanol.
- c. Analisis neraca massa dan analisis ekonomi penggunaan alat. Analisis neraca massa didasarkan pada kondisi bahan olah dan produk akhir bio-etanol. Analisis ekonomi pengolahan didasarkan pada investasi (perkiraan biaya pembuatan alat dan bangunan pengolahan), harga bahan baku, harga produk, upah dan tingkat bunga yang berlaku, pendapatan kotor dan pendapatan bersih.
- d. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar: Produk bioetanol dengan kadar etanol tertinggi dicampurkan dengan bensin untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin. Bahan bakar yang diuji adalah campuran bensin-bioetanol dengan perbandingan: 100: 0; 90:10 dan 80:20. Mesin yang digunakan adalah mesin siklus 2 langkah (2 Tak) dan siklus 4 langkah (4 Tak). Pengamatan meliputi konsumsi bahan bakar dan keadaan visual mesin selama operasi pada kondisi stasioner.
- e. Analisis data pengolahan bioetanol, didasarkan pada hasil pengamatan dari masing-masing unit proses (tangki masak, destilator, dehidrator), kondisi bahan olah, produk yang dihasilkan dan bahan sisa proses serta penggunaan bioetanol sebagai bahan

bakar mesin, yang didasarkan pada data hasil pengamatan.

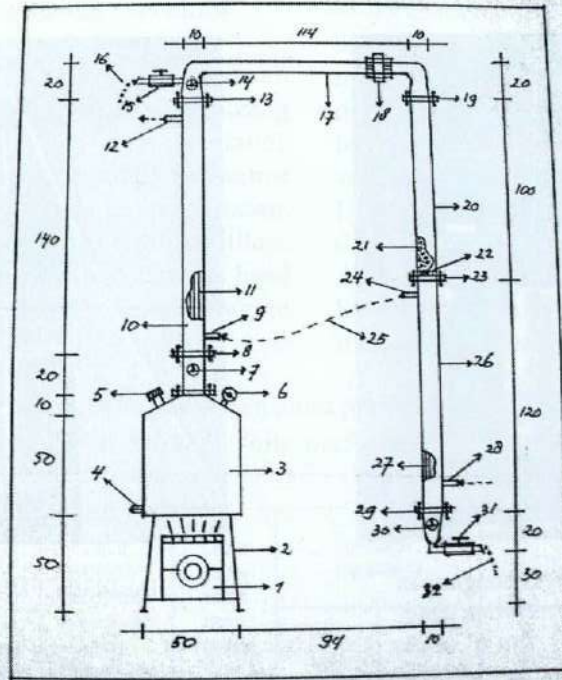
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Alat Pengolahan Bioetanol

Unit proses alat pengolahan bioetanol, terdiri dari: tangki penguapan, destilator I, destilator II, dehidrator. Unit-unit proses dirancang secara kompak, sehingga mulai dari proses pemanasan bahan bahan olah, destilasi, dehidrasi sampai produk akhir berlangsung secara kontinu (Gambar 1 dan 2).

Umumnya alat pengolahan bio-etanol yang diintroduksi sekarang ini, unit destilator terpisah dengan unit dehidrator, sehingga proses pengolahan kurang efektif. Menurut Fornoff (1981) untuk mengolah bioetanol sebagai bahan bakar (*Gasohol*), perlu dirancang alat pengolahan bioetanol yang terpadu antar tangki penguapan, destilator dan dehidrator, dengan suhu terkontrol.

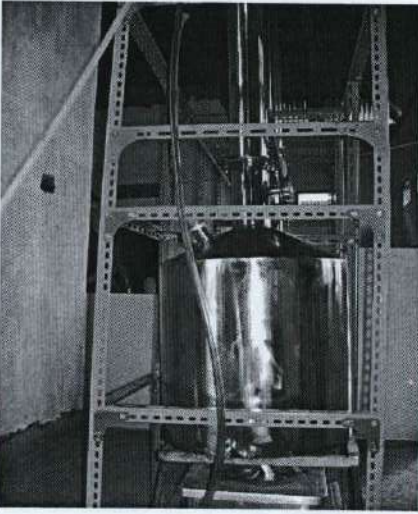
Prinsip rancangan alat pengolahan bioetanol model Fornoff (1981) relatif sama dengan alat pengolahan bioetanol pada penelitian ini, yang membedakan dengan model Fornoff, adalah menggunakan tangki penguapan, destilator dan dehidrator sistem ganda, dan dilengkapi unit proses regenerasi hidrat, kapasitas olah besar (1000 liter/jam). Tipe alat ini, ditujukan untuk pengolahan bioetanol skala industri besar. Sebaliknya alat pengolahan bioetanol pada penelitian ini, menggunakan tangki penguapan, destilator dan dehidrator sistem tunggal, belum dilengkapi unit regenerasi hidrat, kapasitas olah kecil (25 liter bioetanol/periode proses), yang penggunaannya lebih sesuai untuk kelompok tani atau industri skala kecil-menengah.



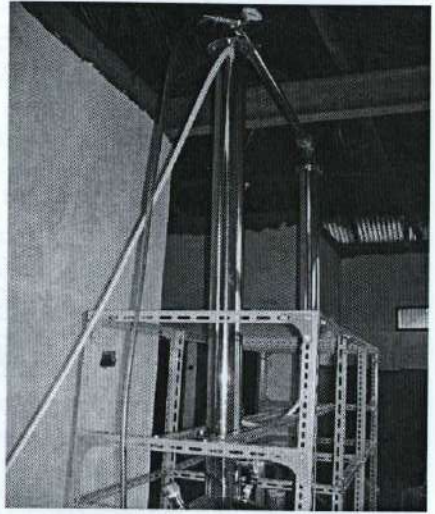
Gambar 1. Design alat pengolahan bioetanol.
Figure 1. Design of bioethanol processing unit.

Keterangan (Note) :

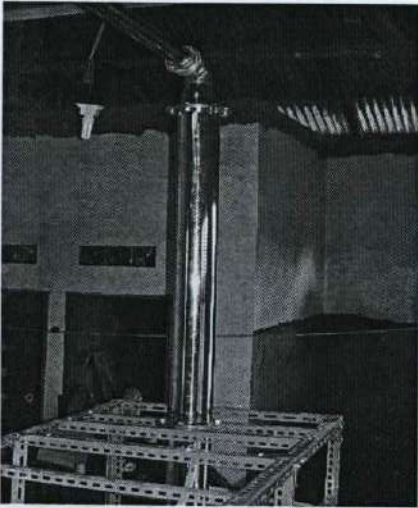
- | | |
|---|--|
| 1. Kompor/tungku pemanas (Oil-stove) | 20. Dehidrator (Dehydrator) |
| 2. Dudukan tangki (Saddle) | 21. Hidrat atau saringan molekuler (Hydrate or Molekuler sieve) |
| 3. Tangki penguapan (Evaporating tank) | 22. Penahan hidrat (Fixed weir hydrate) |
| 4. Corong pengeluaran sisa proses (Funnel matterial residue) | 23. Plans dehidrator-distilator (Dehydrator-distillator plans) |
| 5. Corong pemasukan bahan olah (Hopper crude ethanol) | 24. Pipa pengeluaran air destilasi 2 (Pipe outlet water distillation 2). |
| 6. Pengukur tekanan (Pressure gauge) | 25. Pipa alir destilasi 2 (Pipe flow distillation 2) |
| 7. Termo-kopel tangki (Evaporating tank thermo-couple) | 26. Destilator 2 (Destillator 2) |
| 8. Plans tangki-distilator (Destillator-Evaporating tank plans) | 27. Pipa pembuluh destilator 2 (Pipe flows destillator 2) |
| 9. Pipa pemasukan air destilasi 1 (Inlet pipe water distillation 1) | 28. Pipa pemasukan air destilasi 2 (Pipe inlet water distillation 2) |
| 10. Destilator 1 (Destillator 1) | 29. Plans 5 destilator 2-pipa destilat (Destillator 2-pipe destillated plans). |
| 11. Pipa pembuluh destilator 1 (Pipe flows destillated 1 ethanol) | 30. Termo-kopel destilator 2 (Destillator 2-thermo-coupple) |
| 12. Pipa pengeluaran air destilasi 1 (Pipe flows destillated 1 ethanol) | 31. Stop kran dehidrat etanol (Cock control dehydrat ethanol). |
| 13. Plans destilator-dehidrator (Destillator-dehydrator plans) | 32. Etanol hasil dehidrasi (Dehydrated ethanol) |
| 14. termo-kopel destilasi (Destillator-Thermo-coupple) | |
| 15. Stop kran pengeluaran hasil destilasi (Cock control destillated ethanol) | |
| 16. Etanol hasil destilasi (Destillated ethanol) | |
| 17. Pipa penghubung destilator dehidrator (Connector pipe destillator-dehydrator) | |
| 18. Mur penghubung pipa (Pipe union) | |
| 19. Plans pipa penghubung dehidrator (Pipe union-dehydrator plans) | |



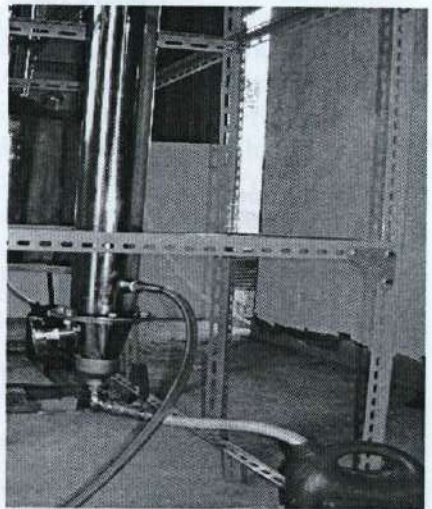
Tungku dan tangki penguapan
(Oilstove and evaporating tank)



Destilator 1 (Destillator 1)



Dehidrator (Dehydrator)



Destilator 2 (Destillator 2)

Gambar 2. Unit proses pengolahan bioetanol.
Figure 2. Bioethanol processing unit.

Kinerja Alat Pengolahan Bioetanol

Pada pengujian alat menunjukkan bahwa kondisi fisik dari masing-masing unit proses alat pengolahan bioetanol, beroperasi secara normal. Konsumsi minyak tanah dan lama pemanasan, suhu tangki penguapan, suhu destilasi, suhu dehidrasi, kondisi bahan olah, hasil olah dan bahan sisa proses beragam antar pengujian (Tabel 1).

37-45°C menjadi 75-81°C, untuk etanol 83% dari suhu 40°C menjadi 80°C. Waktu menetesnya etanol pada dehidrator dengan suhu berkisar 31-57%, dan membutuhkan waktu sekitar 15-30 menit setelah etanol menetes pada destilator I. Untuk kestabilan suhu ketel penguapan dan suhu pada destilasi I, maka debit air destilasi sebesar 20-25 liter/jam. Peningkatan debit air akan memperlambat mendidihnya bahan olah, debit air yang

Tabel 1. Kondisi bahan baku, lama dan suhu pemanasan pada pengolahan bioetanol.
Table 1. Raw material condition, time and temperature heating on bioethanol processing.

No	Bahan olah Raw material		Suhu tangki penguapan Evaporating tank temperature (°C)	Lama Pemanasan (jam) Heating time (hours)	Destilasi Distillation		Dehidrasi Dehydration		Penggunaan hidrat Usage hydrate
	Volume Volume (liter)	Kadar Etanol Ethanol content (%)			Suhu Temperatur (°C)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	Suhu Temperatur (°C)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	
1.	24	25	85-95	8.0	81-85	80	32,50-34	93	Zeolit alam belum regenerasi
2.	45	30	84,50-92,50	9.0	81-83	92	31-34	94	Zeolit alam Regenerasi I
3.	37	30	84,50-89	7.0	84,50-85	90	31-33,5	90	Zeolit alam Regenerasi II
4.	48	13	91-98	4.5	81-90	83	31,50-34	80	Tanpa menggunakan hidrat
5.	12	83	82-85	3.0	80-81	92-93,50	32,50-57	95-97	Saringan Molekuler Impor

Keterangan (Note):
a. Lama pemanasan adalah waktu pengolahan etanol kasar menjadi etanol.(Heating time is processing time for crude ethanol to produce ethanol).
b. Suhu tangki penguapan adalah suhu suhu mendidih sampai selesai pengolahan.(Evaporating tank temperature is boiling temperature was finished process).
c. Suhu destilasi adalah suhu yang ditunjukkan pada thermo-kopple destilator I.(Distillation temperature is temperatur show that on destillator thermo-coupple).
d. Suhu dehidrasi adalah suhu yang ditunjukkan pada termo-kopel dehidrator.(Dehydration temperature is temperature shown that on destillator thermo-coupple).

Proses menetesnya alkohol pada destilator I ditandai dengan suhu pada thermo-kopple destilator I, mengalami peningkatan yang menonjol yaitu untuk bahan olah etanol 13-30% dari suhu

rendah akan meningkatkan suhu destilasi, yang berdampak menguapnya etanol yang mengandung air cukup tinggi.

Penggunaan alat pengolahan bioetanol dengan bahan olah alkohol kadar 25-30% berlangsung sesuai prosedur, ditandai proses pengolahan berlangsung lancar. Namun untuk efektif pengolahan, diperlukan penambahan panjang pipa tangki masak, agar perubahan debit air relatif kurang berpengaruh terhadap suhu tangki penguapan, ukuran panjang destilator perlu diperpanjang agar etanol hasil destilasi suhunya rendah, agar mengurangi penguapan etanol pada corong pengeluaran.

Penggunaan hidrat zeolit sebelum regenerasi sampai regenerasi I terjadi peningkatan kadar alkohol cukup tinggi yakni 2-13%, sedangkan pada regenerasi II peningkatan kadar alkohol menurun menjadi 1%. Penggunaan hidrat saringan molekuler impor regenerasi II dapat meningkatkan kadar alkohol bahan olah dari 83% menjadi 92-93% pada hasil destilasi I dan 95-97%, pada hasil dehidrasi. Bahan sisa proses masih mengandung alkohol berkisar 5-18%. Bahan sisa proses dengan kadar etanol rata-rata 13%, yang diproses ulang menghasilkan etanol kadar 80-83%, walaupun tanpa menggunakan hidrat.

Penggunaan hidrat saringan molekuler impor mempunyai kemampuan dapat meningkatkan kadar etanol sampai 97%, walaupun jumlah saringan molekuler impor yang tersedia relatif terbatas, yakni 3,6 kg, sedangkan kapasitas terpasang hidrator sekitar 6,3 kg. Pengolahan bioetanol pada penelitian ini, dengan proses regenasi hidrat menggunakan oven sehingga etanol yang diserap hidrat dalam proses pemanasan akan menguap dan terbuang ke udara (*losses product*).

Penggunaan dehidrator tanpa hidrat mengalami penurunan kadar etanol sebesar 3%, yaitu dari 83% men-

jadi 80%. Penurunan kadar etanol dari proses destilasi ke proses hidrasi disebabkan etanol yang keluar pada destilator I adalah fraksi mudah menguap karena kadar etanol lebih tinggi (Bernasconi *et al.*, 1995).

Pada proses destilasi-dehidrasi berakhir ditandai dengan menetesnya cairan hasil destilasi-dehidrasi sangat lambat atau berhenti. Bahan sisa proses yang terdapat dalam tangki penguapan, masih mengandung etanol, jika akan didestilasi untuk menghasilkan bioetanol berkadar cukup tinggi, sebaiknya dilakukan pada unit pengolahan tersendiri, seperti destilasi sistem tunggal skala laboratorium, karena sisa-sisa uap air bahan sisa proses akan melekat pada dinding pipa unit proses yang dapat menurunkan kadar etanol.

Dalam upaya meningkatkan kadar etanol bahan olah menjadi hasil olah dengan kadar 99,5% atau lebih, perlu dirancang alat destilator-dehidrator dengan dehidrator ganda kapasitas terpasang masing-masing 10-10,5 kg hidrat. Selain itu, diperlukan tambahan unit pompa vakum dan unit pemanas untuk mempercepat proses penguapan etanol dari hidrat, dan regenerasi hidrat berlangsung dalam unit proses agar etanol yang diuapkan dari proses regenerasi tidak terbuang, tetapi dapat diproses ulang.

Dilaporkan bahwa pengolahan bioetanol dengan menggunakan destilator sistem tunggal skala laboratorium, dengan proses destilasi bertingkat (dua kali proses destilasi) menghasilkan bioetanol dengan kadar 69,2-89,1% (Anonim, 2008). Dibanding alat pengolahan bioetanol destilator sistem tunggal skala laboratorium dengan destilator-dehidrator sistem sinambung, kinerja alat pengolahan bioetanol dengan destilator-

dehidrator sistem sinambung dapat dikategorikan lebih efektif, yang ditandai pengolahan etanol kadar 25-30% dengan satu kali proses destilasi-dehidrasi menghasilkan bioetanol 90-94%. Selain itu, alat destilator sistem tunggal akan sulit memperoleh bioetanol kadar 95-97%, karena pada tangki masak tidak terdapat kontrol suhu dan tidak tersedia unit dehidrator.

Proses destilasi bertingkat akan menggunakan banyak energi panas dan waktu proses lebih lama (Bernasconi *et al.*, 1995). Penggunaan hidrator dengan saringan molekuler 3 Å (hidrat yang mempunyai kemampuan tinggi untuk mengadsorpsi air dari etanol, namun tidak menyerap etanol) akan membantu proses peningkatan kadar etanol dengan tanpa atau hanya menggunakan energi relatif sedikit dengan waktu cukup singkat (Fornoff, 1981).

perlahan akan dilepas dan bercampur dengan etanol, sebaliknya hidrat zeolit sintetis 3 Å, air akan terikat kuat (Bustaman, 2008), namun untuk pemisahan air dari hidrat zeolit sintetis 3 Å yang diadsorpsi selama proses dehidrasi, hanya dapat dilakukan dengan proses regenerasi pada suhu 200-205°C (Bernasconi *et al.*, 1995).

Neraca massa

Neraca massa bahan baku dan produk hasil olahan, tergantung kondisi bahan baku, suhu pemanasan dan lama pemanasan. Keragaman bahan olah dan penggunaan hidrat menyebabkan keragaman produk-produk yang dihasilkan (Tabel 2).

Tabel 2. Bahan baku dan hasil pada pengolahan bioetanol.

Table 2. Raw material and yields of bioethanol processing.

No.	Bahan baku Raw material		Produk hasil destilasi Distillated product		Produk hasil dehidrasi Dehydrated product		Bahan sisa proses Residue processed		Kehilangan hasil Product losses (%)
	Volume Volume (liter)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	Volume Volume (liter)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	Volume Volume (liter)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	Volume Volume (liter)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	
1.	24	25	1,70	80	2,40	93	18,40	10,00	5,10
2.	45	30	3,30	92	4,70	94	34,20	10,00	6,40
3.	37	30	2,60	90	3,00	90	29,30	15,00	5,90
4.	48	13	0,80	83	0,90	80	40,30	5,00	0,40
5.	12	83	8,80	92-93,50	1,20	95-97	1,50	18,00	4,20

Penggunaan hidrat zeolit alam pada proses dehidrasi mempunyai kelemahan, yakni air yang diserap secara

Neraca massa pengolahan bioetanol dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yakni:

- (a) Kelompok 1 : 48 liter bioetanol kasar kadar 13% didestilasi tanpa dehidrasi menghasilkan 1,5 liter bioetanol 80%. Penggunaan alat pengolahan bioetanol ini, kurang efektif karena prosentase bioetanol dari bahan olah dengan kadar etanol yang rendah (13%).
- (b) Kelompok 2: 106 liter bioetanol kadar 25-30% didestilasi dan dihidrasi dengan hidrat zeolit alam menghasilkan 7,6 liter bioetanol 80%, dan 8,0 liter bioetanol 92-94%. Penggunaan alat pengolahan bioetanol pada kelompok 2 adalah cukup efektif, ditandai prosentase produk bioetanol terhadap bahan olah masing-masing 7,17% bioetanol untuk kadar 80%, dan 7,55% bioetanol kadar 92-94%.
- (c). Kelompok 3: 12 liter bioetanol 83% didestilasi dan dihidrasi dengan hidrat saringan molekuler impor, menghasilkan 8,8 liter bioetanol 92-93,5% dan 1,2 liter bioetanol 95-97%. Penggunaan alat pengolahan bioetanol pada kelompok 3 adalah efektif, karena prosentase bioetanol dengan prosentase produk bioetanol terhadap bahan olah masing-masing 73,33% bioetanol 92-93,5%, dan 11,67% bioetanol 95-97%.

Dengan demikian, untuk menghasilkan bioetanol 80-90%, dengan bahan olah etanol 13-30%, diproses pada alat pengolahan bioetanol destilator-dehidrator sistem sinambung dengan hidrat zeolit alam, cukup satu kali proses pengolahan. Untuk menghasilkan bioetanol 95-97% dengan hidrat saringan molekuler impor untuk kondisi bahan olah yang sama, membutuhkan dua kali proses pengolahan.

Kehilangan hasil yang terjadi pada proses pengolahan bioetanol pada uji

No. 1, 2 dan 3, yang menggunakan hidrat zeolit alam cukup besar, yakni berkisar 5,1-6,4%. Pada uji No. 4, kehilangan hasil sangat kecil (0,4%) karena tidak menggunakan hidrat, namun bioetanol yang dihasilkan kadarnya rendah (80%). Selanjutnya uji No. 5, dengan menggunakan hidrat saringan molekuler impor (sejenis zeolit sintetis 3 Å), kehilangan hasil relatif kecil (4,2%) dibanding menggunakan hidrat zeolit alam. Dengan demikian, penggunaan hidrat saringan molekuler impor lebih efektif dibanding zeolit alam.

Penggunaan hidrat zeolit sintetis 3 Å mempunyai keunggulan, yakni kehilangan hasil kehilangan etanol dalam proses dehidrasi hanya 10%, tetapi hidrat zeolit sintetis 3 Å harganya mahal, sehingga penggunaannya lebih cocok untuk usaha skala besar (Bustaman, 2008). Perbedaan kehilangan hasil pada penggunaan hidrat sejenis pada proses dehidrasi, diduga adanya perbedaan kondisi bahan olah dan unit proses yang digunakan pada pengolahan bioetanol.

Hasil analisis biaya (Tabel 3) menunjukkan bahwa pengolahan etanol 30% sebanyak 36.000 liter/tahun akan menghasilkan etanol 90% sebanyak 1020 liter dan 7284 etanol 95-96%, akan diperoleh pendapatan bersih sebesar Rp. 11.940.000,-/tahun. Apabila usaha pengolahan ditangani satu keluarga/kelompok tani, maka pendapatan setahun adalah pendapatan bersih ditambah upah kerja selama 12 bulan : $(Rp. 11.140.000) + (Rp. 3.000.000 \times 12) = Rp. 47.940.000,-$. Total pendapatan ini, menguntungkan bagi keluarga/kelompok tani.

Harga jual alkohol 97% setara dengan alkohol 95-96%, yakni Rp. 42.500/liter. Dilaporkan Prihandana *et al.* (2008) bahwa harga jual *Pertamax* (perban-

dengan bensin : etanol = 90:10) tahun 2008, di Sumatera Utara, Riau dan Sumatera Barat adalah Rp. 6.850/liter. Harga kompo-nen etanol absolut dari Pertamina = $[(Rp. 6.850) - (0,9 \times Rp. 4.500)] \times 10 = Rp. 28.000/\text{liter}$ (termasuk biaya penanganan proses produksi dan distribusi), jika dibanding-kan harga komponen etanol pada Pertamina, maka harga etanol dari nira aren sebagai bahan olah untuk menghasilkan FGE, dengan kondisi harga yang demikian belum menguntungkan, karena harga jual etanol kadar 25,0 - 30,0% berkisar Rp. 8.000 - Rp.10.000/liter.

harga komponen etanol pada Pertamina dengan harga etanol 97% (Rp. 42.500/liter), cukup menguntungkan dengan nilai tambah FGE terhadap etanol kasar adalah Rp. 8.000/liter.

Pada pengolahan bioetanol perlu mempertimbangkan nilai konversi etanol kasar (kadar etanol 13-30%) menjadi etanol berkadar tinggi atau etanol hidrat (90-96%) dan etanol anhidrat (kadar 99,5% atau lebih), dikaitkan dengan harga produk dipasaran. Secara teknis produk etanol anhidrat dapat diproduksi, namun jika secara ekonomi lebih

Tabel 3. Analisis ekonomi pengolahan bioetanol.

Table 3. Cost analysis of bioethanol processing.

No.	Uraian (Items)	Nilai (Value) (Rp)
a.	Investasi / Investment	
	- Alat destilator – dehidrator 1 unit / Destillator – Dehydrator equipment 1 unit	1.500.000,-
	- Alat destilator tunggal / Single destillator equipment	500.000,-
	- Alat pembantu (jerigen, botol, Tangki penampung alkohol 30%, kompor pompa)	1.000.000,-
	- Additional tools (Jerken, bottle, tank for collectiong alcohol, oilstove pump).	
	- Bangunan pengolahan / Processing building	1500.000,-
	Jumlah / Total (a)	18.000.000,-
b.	Biaya tetao 10% investasi/tahun / Annual fixed cost 10% investment	1.800.000,-
c.	Biaya operasi (bulan) / Monthly operational cost	
	- 3000 liter alkohol 30%, @ Rp. 7.000,- / 3000 litres alcohol 30% @ Rp. 70.000,-	21.000.000,-
	- Upah kerja 60 OH @ Rp. 50.000,- / Salary for sixty days @ Rp. 50.000,-	3.000.000,-
	- 360 liter minyak tanah / 360 litres kersasine	1.440.000,-
	- Angkutan lokal / Local transportation	300.000,-
	- Cicilan kredit / credit to be paid	2.100.000,-
	Jumlah / Total (c)	27.840.000,-
d.	Total biaya setahun (12 x c) + b / Total annual cost	335.880.000,-
e.	Pendapatan setahun / Annual income of :	
	- 1020 liter alkohol 90%, @ Rp. 37.500,- / 1020 litres alcohol 90% @ Rp. 37.500,-	38.250.000,-
	- 7284 liter alkohol 95-96%, @ Rp. 42.500,- / 7284 litres alcohol 95-96% @ Rp. 42.500,-	309.570.000,-
f.	Jumlah pendapatan setahun / Total annual income	347.820.000,-
g.	Pendapatan bersih setahun / Anual net income	11.940.000,-

Harga Pertamina didasarkan pada harga berlaku bulan November di Manado, yakni Rp. 9.100/liter, maka komponen etanol absolut dari Pertamina = $[(Rp. 9.100) - (0,9 \times Rp. 4.500)] \times 10 = Rp. 50.500/\text{liter}$. Apabila dibandingkan

menguntungkan memproduksi etanol hidrat, maka untuk kesinambungan usaha pengolahan, produksi bioetanol diarahkan untuk memproduksi bioetanol kadar 90-96%.

Bioetanol sebagai bahan bakar mesin

Produk bioetanol dengan kadar etanol 97%, belum dikategorikan sebagai FGE, yang dikategorikan FGE adalah bioetanol 99,5% atau lebih (Fornoff, 1981). Dilaporkan Nurianti, dalam Bustaman (2008) bahwa bioetanol dengan kadar 95-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium atau bensin.

Penggunaan bioetanol 97% yang dicampur dengan bensin sebagai bahan bakar mesin, tertera pada Tabel 4. Ternyata bioetanol 97% dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin. Walaupun hasil penelitian ini, perlu dilakukan pengujian lanjut untuk waktu operasi

bensin-bioetanol pada mesin siklus 4 langkah lebih efektif dibanding mesin dengan siklus 2 langkah, yang ditandai pada campuran bensin : etanol (80:20) mesin 4 tak dapat beroperasi secara normal, sedangkan mesin 2 tak hanya dapat beroperasi selama 2 menit, kemudian mesin mati. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan desain mesin 4 langkah dan 2 langkah, terutama pada sistem kompresi dan pembakaran (Prihandana *et al.*, 2008).

Optimalnya penggunaan bahan bakar mesin campuran bensin-alkohol (90:10) adalah sesuai untuk mesin 4 Tak dan 2 Tak. Dilaporkan bahwa penggunaan bahan bakar Ep 10 (Rasio

Tabel 4. Pengujian campuran bensin-bioetanol sebagai bahan bakar mesin pada kondisi stasioner.

Table 4. Testing of blended bioethanol gasoline as fuel on stationary engine.

No.	Jenis mesin bensin/Gasoline engine type)	Rasio Bensin Etanol (Ratio gasoline ethanol)	Konsumsi bahan bakar (liter/jam) Fuel consumption (litre/hour)	Penghematan bahan bakar (%) Fuel economy (%)	Keadaan mesin Engine condition
1.	Siklus 2 langkah (2 Tak)	100 : 0	0,56	-	Normal
		90 : 10	0,49	12,5	Normal
		80 : 20	-	-	Mesin mati
2.	Siklus 4 langkah (4 Tak)	100 : 0	1,00	-	Normal
		90 : 10	0,71	29,0	Normal
		80 : 20	0,58	52,0	Normal

Keterangan (Note) :

a. Mesin 2 Tak: Pemotong rumput Tanaka Sum 328SE buatan Jepang /Two stroke engine Handsblazer Tanaka Sum 328SE made in Japan.

b. Mesin 4 Tak: Motor Robin 6,0 HP EX17 buatan Jepang /Four stroke engine Robin machine 6,0 HP EX17 made in Japan.

minimal 24 jam, agar diperoleh data yang lebih akurat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar campuran bensin-bioetanol dengan rasio 90:10 akan menghemat penggunaan bahan bakar sebesar 12,5-29,0% dibanding dengan menggunakan bahan bakar bensin murni. Penggunaan campuran

campuran bensin-etanol adalah 90:10) pada Toyota Kijang di Serpong, ternyata konsumsi bahan bakar lebih hemat dibanding Pertamina dan bensin murni (Yamin, 2005).

Penelitian yang dilakukan di Pusat Penelitian Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan, pada kendaraan Nissan siklus 4 langkah dalam keadaan stasioner, menggunakan

bahan bakar campuran bensin premium-etanol 90:10, ternyata lebih tinggi *antiknock index* bahan bakar (makin sempurna pembakaran bahan bakar dalam mesin), lebih hemat konsumsi bahan bakar, rendah kadar CO dalam gas buangan mesin, dibanding dengan menggunakan bensin premium, serta tidak memerlukan *setting* baru mesin bensin (Bahri *et al.*, 2007).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Alat pengolahan bioetanol, terdiri dari: tangki penguapan, destilator I, destilator II, dan dehidrator yang dirancang secara kompak, sehingga mulai dari proses pemanasan/pemasakan bahan bahan olah, destilasi, dehidrasi sampai produk akhir berlangsung secara kontinu.
2. Penggunaan alat pengolahan bioetanol berupa destilator-dehidrator sistem sinambung sesuai untuk pengolahan etanol kadar 25-30% menjadi etanol hidrat. Alat pengolahan bioetanol destilator-dehidrator sistem sinambung, sesuai untuk di-gunakan kelompok tani dan usaha industri skala kecil-menengah.
3. Penggunaan hidrat saringan molekuler impor dapat meningkatkan kadar etanol sampai 97%. Bioetanol 97% dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin dengan campuran bensin-etanol (90:10). Penggunaan bahan bakar ini dapat menghemat penggunaan bahan bakar bensin sebesar 12,5 - 29,0 %.
4. Pengolahan etanol untuk menghasilkan etanol 70-95 % secara ekonomi adalah menguntungkan. Pengolahan etanol dari nira aren menjadi bahan

bakar mesin berupa Pertamina dengan harga Rp. 9.100/liter, cukup menguntungkan.

Saran

1. Untuk meningkatkan kadar etanol dari kadar 25-30% menjadi etanol hidrat atau etanol anhidrat dengan proses yang efisien, perlu dirancang unit dehidrator ganda pada alat pengolahan bioetanol, dengan kapasitas masing-masing 10-10,5 kg yang dilengkapi unit pemanas dan pompa vakum untuk proses regenerasi hidrat dalam satu sistem proses, agar etanol yang diadsorpsi hidrat selama proses pengolahan bioetanol tidak terbuang percuma, tetapi dapat diproses ulang.
2. Secara teknis produk bioetanol sebagai bahan bakar mesin dapat diproduksi, namun secara ekonomi lebih menguntungkan memproduksi bioetanol 90-96%, maka untuk kesinambungan usaha pengembangan, proses produksi pada tahap awal diarahkan untuk memproduksi bioetanol 90-96%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. Bioetanol, pengganti BBM yang kompetitif. Kompas, 14/02/2005
- Anonim. 2008. Teknologi produksi etanol dari sagu dan biofuel minyak kelapa. Laporan Tahunan 2008. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado.
- Bahri S, Santoso BE, Kurniawan Y. 2007. Pengujian bioetanol sebagai campuran bahan bakar pada mesin bensin stasioner. MPG - P3GI, Pasuruan ; 43(3):186-197.

- Bernasconi G, Gaster A, Hauser H, Stanbe H, Schneiter E. 1995. Chemical technologie, Teil 2, Diterjemahkan Lienda Handojo. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Bustaman S. 2008. Strategi pengembangan bioetanol berbasis sagu di Maluku. Perspektif, Review Penelitian Tanaman Industri, Bogor; 7(2):65-79.
- Fornoff LL, 1981. Process for dehydrating ethanol and for the production of gasohol. United States Patent 4.273.621.
- Hambali E, Mujdaliah S, Tambunan AH, Pattiwi AW, Hendroko R. 2008. Teknologi bio-energi. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Instruksi Presiden RI (Inpres) No.1 Tahun 2006. Tugas Menteri Pertanian, untuk menangani bahan baku bahan bakar nabati (biofuel).
- Lay A, Hutapea RTP, Tuyuwale J, Sondakh JO, Polakitan AL. 2004. Pengembangan komoditas aren di Daerah Minahasa Sulawesi Utara. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Tanaman Aren. Tondano, Juni 2004.
- Peraturan Presiden RI (Penpres) No.5 Tahun 2005. Kebijakan energi nasional; Penyediaan biofuel dan kebutuhan energi nasional pada tahun 2005.
- Prihandana R, Hendroko R, Munamin M. 2006. Menghasilkan biodiesel murah; Mengatasi polusi dan kelangkaan BBM. PT. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Tjokroadikoesoemo PS. 1986. HFS dan industri ubi kayu lainnya. Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Yamin PSM. 2005. Gasohol BE 10, bahan bakar minyak alternative karya BPPT. www.bisnis.com.

Eksplorasi Aren (*Arenga pinnata* Merr) di Tomohon, Sulawesi Utara

ELSJE T. TENDA

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001

Diterima 17 Juni 2009 / Direvisi 25 Agustus 2009 / Disetujui 12 November 2009

ABSTRAK

Indonesia memiliki keragaman genetik aren yang tinggi, walaupun demikian plasma nutfah aren yang dikoleksi baru berjumlah 11 aksesori. Jika aksesori plasma nutfah aren tidak dikonservasi dikuatkan aksesori aren yang memiliki gen-gen bermutu akan mengalami erosi genetik. Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2009 di Kota Tomohon, yaitu di Desa Tara-tara, Pinaras dan Woloan. Eksplorasi plasma nutfah aren di Tomohon bertujuan untuk meningkatkan keragaman genetik koleksi plasma nutfah aren yang akan digunakan sebagai materi pemuliaan dalam perakitan aren unggul di masa yang akan datang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di tiga desa tersebut terdapat tiga aksesori aren tipe Dalam. Produksi nira dan kadar gula nira tertinggi ditemukan di Desa Tara-tara, yaitu 25-38 liter/ mayang/hari. Seleksi untuk memperbaiki produktivitas populasi perlu dilakukan pada sifat produksi dan kadar gula nira pada tiga aksesori aren di Kota Tomohon karena memiliki keragaman tinggi.

Kata kunci : Eksplorasi, aren, Tomohon.

ABSTRACT

Exploration of Sugar Palm (Arenga pinnata Merr) in Tomohon, North Sulawesi

Indonesia has high genetic diversity of sugar palm, although until now sugar palm germplasm had been collection it's about 11 accession's. If sugar palm accession's not conserved, it apprehensive sugar palm's accession which is have promising gen's will occur genetic's erosion. The research activity was conducted on January, 2009 at Tomohon North Sulawesi, there were Tara-tara, Pinaras and Woloan Village. The purpose of palm sugar germ plasm exploration is to increase genetic diversity of sugar palm germplasm collection which is use as breeding material in compose superior palm sugar and seeds resources in short term. The result showed that on that three villages has been found three accessions of palm sugar namely Tara-tara sugar palm, Pinaras sugar palm and Woloan sugar palm. The highest production and sugar content of toddy to be found in tall sugar palm at Tara-tara, is about 25-38 lire/bunch/day. Selection for improvement population of three accessions is needs to carry out on production and sugar content of toddy.

Keywords : Exploration, sugar palm, Tomohon.

PENDAHULUAN

Salah satu daerah sentra tanaman aren di Indonesia adalah Provinsi Sulawesi Utara yang tersebar di Kabupaten Minahasa 715,98 ha, Minahasa Selatan 7485,29 ha, Minahasa Utara 196,73 ha, Bolaang Mongondow 466,52 ha, Bitung 25 ha dan Tomohon 756 ha (Anonim, 2007).

Kota Tomohon terletak $\pm$ 25 km dari Manado, Sulawesi Utara, memiliki pertanaman aren 756 ha dengan produksi gula 710,73 ton atau rata-rata 0.94 ton per hektar per tahun (Anonim, 2007). Sebagai salah satu daerah penyebaran aren, diduga Tomohon memiliki keragaman genetik aren yang cukup besar. Dengan demikian perlu dilakukan eksplorasi untuk mengetahui berapa besar keragaman genetik aren yang ada di Kota Tomohon.

Eksplorasi merupakan kegiatan pencarian bahan-bahan genetik tanaman, berupa genotip, kultivar, klon tanaman dari alam seperti pertanaman yang ada pada petani atau dari koleksi laboratorium atau perorangan. Tujuan suatu eksplorasi plasma nutfah adalah untuk memperkaya keragaman genetik koleksi plasma nutfah yang sudah ada (Jusuf, 2005).

Eksplorasi dan koleksi aksesori plasma nutfah aren di Tomohon, Sulawesi Utara bertujuan untuk meningkatkan keragaman genetik aren yang akan digunakan sebagai materi pemuliaan dalam perakitan aren unggul di masa yang akan datang.

BAHAN DAN METODE

Eksplorasi dan koleksi aren dilakukan di Tomohon pada tanggal 12 - 14

Januari 2009 dengan menggunakan metode survei berdasarkan Pedoman Pengelolaan Plasma Nutfah Perkebunan dari Puslitbang Perkebunan (Anonim, 2005). Lokasi penelitian merupakan daerah sentra aren yang ditetapkan berdasarkan informasi instansi terkait dan petani setempat. Sentra pertanaman aren di Tomohon adalah Desa Tara-tara, Desa Pinaras, dan Desa Woloan. Survei dilakukan untuk menentukan blok pertanaman dan pohon contoh. Pada setiap lokasi ditentukan 10 pohon contoh, dengan persyaratan sebagai berikut: pohon sementara disadap, memiliki bunga betina, bunga jantan, dan daun minimal 5 pelepah. Pengamatan dilakukan terhadap karakter vegetatif dan generatif.

Pengamatan karakter vegetatif meliputi :

1. Tinggi batang (m): diukur mulai dari permukaan tanah sampai daun terbawah.
2. Lilit batang (m): diukur 1 meter di atas permukaan tanah.
3. Jumlah daun: dihitung semua daun hijau yang ada.
4. Keadaan daun: mengkilap atau kusam.

Pengamatan karakter generatif meliputi :

1. Jumlah mayang jantan: dihitung semua mayang jantan yang ada.
2. Jumlah mayang betina: dihitung semua mayang betina yang ada.
3. Lilit tangkai mayang jantan (cm): diukur pada tangkai sebelum anak tangkai bunga pertama.
4. Panjang tangkai mayang jantan (cm): diukur mulai dari pangkal sampai perekatan anak tangkai bunga pertama.
5. Hasil nira: diukur hasil nira/mayang/hari.
6. Jumlah mayang yang disadap.

7. Kadar gula nira (pengukuran menggunakan refraktometer).
8. Lama berproduksi/mayang (bulan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman Fenotip Tiga Aksesori Aren

Pohon aren yang diidentifikasi semuanya tergolong aren Dalam (tinggi), dan belum dibudidayakan (Tabel 1). Menurut Tampake (1987), suatu karakter dikatakan termasuk keragaman rendah apabila memiliki nilai KK <5%, keragaman sedang nilai KK >5 - 20%, keragaman cukup memiliki nilai KK >20 - 50%, dan keragaman tinggi nilai KK >50%.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa aksesori aren di Desa Tara-tara yang memiliki keragaman sedang (KK > 5 - 20%) adalah tinggi batang, diameter batang, jumlah mayang betina, jumlah mayang jantan, dan jumlah mayang yang disadap. Sedangkan aksesori aren di Pinaras semua karakter vegetatif yang diamati memiliki keragaman rendah dan karakter generatif yang memiliki keragaman tinggi adalah jumlah mayang betina, jumlah mayang jantan, hasil nira/mayang/hari, jumlah mayang yang disadap dan lamanya mayang berproduksi. Aksesori aren Woloan yang memiliki keragaman tinggi adalah jumlah mayang betina, jumlah mayang jantan, panjang tangkai mayang jantan, hasil nira per mayang per hari. Ketiga aksesori ini memiliki keragaman tinggi untuk karakter generatif, yaitu jumlah mayang betina, jumlah mayang jantan, lama berproduksi dan hasil nira per mayang per hari. Rompas *et al.* (1996) dan Tenda *et al.* (2008) melaporkan bahwa aksesori aren di Kalimantan Selatan yang mem-

punyai keragaman tinggi adalah jumlah mayang jantan, jumlah mayang betina dan panjang mayang jantan.

Dalam upaya budidaya tanaman aren, sebaiknya dilakukan seleksi pada karakter-karakter aren yang memiliki keragaman tinggi, terutama yang berhubungan dengan produksi nira, seperti jumlah mayang jantan, panjang tangkai mayang jantan, diameter tangkai mayang jantan, lama berproduksi dan produksi nira.

Produksi nira ketiga aksesori asal Tomohon ini tergolong tinggi karena produksi nira per hari untuk aksesori aren asal Tara-tara, Pinaras dan Woloan masing-masing berkisar 25 - 38 liter, 24,16 - 36,8 liter dan 24 - 30 liter, dengan lamanya waktu penyadapan per tandan 6,3 bulan, 6,5 bulan dan 5,2 bulan. Dengan demikian hasil nira (optimal) per mayang untuk aksesori aren Tara-tara 6237 liter, aksesori aren Pinaras 5850 liter dan aksesori aren Woloan 4860 liter. Menurut Ferry dan Ramlan (1993) rata-rata hasil nira per mayang untuk aksesori aren di Kecamatan Bendahara Kabupaten Aceh Timur adalah 912 liter. Sedangkan aksesori aren asal Desa Hariang, Kecamatan Sobang Kabupaten Lebak Banten mempunyai produksi nira 15 - 30 liter per mayang per hari dengan lamanya waktu penyadapan rata-rata 4 bulan, jadi produksi nira optimal per mayang rata-rata 2700 liter (Tenda *et al.*, 2005).

Untuk mendapatkan tanaman aren yang unggul, maka benih harus berasal dari pohon-pohon aren yang memiliki sifat sebagai berikut: (1) sifat genetis superior memiliki penampilan pohon yang kekar dan sehat, (2) umur pohon di atas 10 tahun, (3) bebas serangan hama penyakit, (4) terletak di areal pertanaman aren dalam suatu populasi, (5) lilit batang besar, rata-rata 100 cm diukur 1 m

Tabel 1. Keragaman karakter vegetatif dan generatif enam aksesi aren di Desa Tara-tara, Pinaras, Woloan, Tomohon.

Table 1. Diversity of vegetative and generative characters of six accession's of sugar palm in Tara-tara, Pinaras, Woloan villages, Tomohon.

No	Karakter Characters	Tara – tara			Pinaras			Woloan		
		X	SD	KK(%)	X	SD	KK(%)	X	SD	KK(%)
1.	Tinggi batang(m) <i>Length of trunk</i>	13,58	5,25	38,70	15,4	2,70	17,54	15,4	1,82	11,80
2.	Lilit batang (cm) <i>Girth (cm)</i>	135	21,87	32,37	98,9	4,35	8,83	86,4	6,38	14,77
3.	Jumlah daun <i>Number of leaf</i>	15,83	3,43	15,83	14,2	2,59	18,23	12,8	0,84	6,54
4.	Keadaan daun <i>Leaf condition</i>		H			H, HM			H	
5.	Diameter tangkai mayang jantan (cm) <i>Diameter of male inflorescence petiol (cm)</i>	13,33	1,15	8,66	14,4	1,14	7,92	12,4	2,19	17,67
6.	Panjang tangkai M. Jantan (cm) <i>Length of male inflorescence petiol (cm)</i>	153,33	5,77	3,76	120	17,32	14,43	118	25,8	21,94
7.	Jumlah mayang Betina <i>Number of female inflorescence</i>	8,83	1,83	20,77	9	1,90	21,08	7,2	12,28	31,67
8.	Jumlah mayang jantan <i>Number of male inflorescence</i>	7,83	2,08	26,56	7	3,03	43,33	5	1	20
9.	Hasil nira/ mayang/hari (l) <i>Sap production/ inflorescence/day (l)</i>	25-38	3,16-4,47	12,65-10,65	2,16-36,8	6,64-11,14	27,29-27,50	24-30	7,42-10,84	30,90-30,11
10.	Jumlah mayang yang di sadap <i>Number of tapping inflorescence</i>	5,67	1,51	26,57	6,33	3,39	53,47	4,8	0,84	17,43
11.	Kadar gula (%) <i>Sugar content (%)</i>	13,71	1,25	13,71	14	1,4	10	13	1,50	11,54
12.	Lama berproduksi / tandan (bln) <i>Length of production/bunch (month)</i>	6,30	1,0	16,31	6,50	1,90	29,19	5,20	0,76	4,50

Keterangan/ Note : H = Hijau/ Green, HM = Hijau Mengkilap/ Green Shine.

dari permukaan tanah, atau diameter >50 cm, (6) jumlah daun minimal 12 pelepah, (7) warna daun hijau gelap, mengkilap/berminyak, (8) panjang pelepah daun 5-7 meter, (9) jumlah mayang betina lebih

dari 5 tandan, (10) memiliki produktivitas nira yang tinggi >15 liter/hari, (11) lama pe-nyadapan >2 bulan/mayang (Sartono *et al.*, 2006; Dirjenbun, 2006).

Aksesi aren asal Tomohon, yaitu aren Tara-tara, aren Pinaras dan aren Woloan dapat digunakan sebagai sumber benih, karena memiliki kriteria tersebut diatas dan terutama mempunyai karakter produksi nira yang tinggi.

KESIMPULAN

Hasil eksplorasi di Kota Tomohon diperoleh tiga aksesi aren tipe Dalam, yaitu aksesi aren Tara-tara, aksesi aren Pinaras dan aksesi aren Woloan. Aksesi aren Tara-tara memiliki produksi nira dan kadar gula nira tertinggi dibandingkan aksesi lainnya.

Karakter tiga aksesi aren di Tomohon yang memiliki keragaman tinggi adalah panjang tangkai mayang jantan (Pinaras dan Woloan), jumlah mayang betina, jumlah mayang jantan, jumlah mayang yang disadap (Tara-tara dan Pinaras) sedangkan kadar gula nira semua aksesi memiliki keragaman rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. Statistik perkebunan Sulawesi Utara.
- Ditjenbun. 2006. Rencana makro aren. Sub Direktorat Kelapa dan Palma Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta.
- Ferry Y, Ramlan M. 1993. Karakteristik sifat-sifat tanaman aren (*Arrenga pinnata*) di Kecamatan Bendahara, Kabupaten Aceh Timur. Buletin Balitka 20 :69 - 72.
- Jusuf M. 2005. Inventarisasi, evaluasi dan konservasi plasma nutfah. Pusat Penelitian Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor.
- Mogea JP. 1991. Revisi marga arenga (palmae). Disertasi Fakultas Pasca Sarjana UI.P. 285.
- Rompas T, Lengkey HG, Tenda ET. 1996. Karakteristik dan kemiripan populasi aren di Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Regional Hasil-Hasil Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain. Buku II. Manado 19 - 20 Maret 1996.
- Sartono H, Novariantio H, Tenda ET, Maliangkay RB. 2006. Pedoman teknis budidaya tanaman aren. Direktorat Jenderal Perkebunan kerjasama dengan Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain. 20 hal.
- Tampake H. 1987. Keragaman genetik dan fenotip pada tanaman kelapa Dalam Kima Atas. Jurnal Penelitian Kelapa : 2(1), hal 10 -13.
- Tenda ET, Maskromo I, Miftahorachman. 2008. Karakteristik empat aksesi aren (*Arrenga pinnata*. MERR) di Kalimantan Selatan. Buletin Balitka No. 34.

Sidik Lintas Karakter Produksi dengan Karakter Vegetatif Pada Aksesori Pinang Bolaang Mongondow

MIFTAHORRACHMAN

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001

Diterima 26 Oktober 2009 / Direvisi 16 November 2009 / Disetujui 7 Desember 2009

ABSTRAK

Penelitian dilakukan mulai bulan Mei 2008 sampai dengan Oktober 2009, di Kebun Percobaan Kayuatu, Kota Manado, Sulawesi Utara. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung beberapa karakter vegetatif terhadap produksi buah, menggunakan analisis sidik lintas pada aksesori pinang Bolaang Mongondow. Dari sembilan karakter yang diamati, empat karakter dapat digunakan sebagai kriteria seleksi karena memiliki derajat keeratan hubungan langsung dengan karakter hasil yang lebih erat dibanding karakter lainnya. Karakter-karakter tersebut adalah jumlah daun, jumlah bekas daun, jarak antar nodus bagian atas dan jarak antar nodus bagian tengah.

Kata kunci: Pinang, koefisien lintas, korelasi.

ABSTRACT

Path Analysis of Yield with Vegetative Characters of Arecanut Accession from Bolaang Mongondow

The research was conducted from May 2008 to October 2009 at Kayuatu Experimental Garden, Manado, North Sulawesi Province. The purpose was to evaluate the direct and indirect effect of vegetative characters on yield character of Bolmong arecanut accession. Path analysis method was used in this experiment. The research result showed that from nine characters, there are four characters had direct effect on yield. They were, number of leaves, number of leafscars, upper inter-nodes, and middle internode. These characters had better relationship with yield character than other characters.

Keywords: Arecanut, path coefficient, correlation.

PENDAHULUAN

Sampai saat ini kegiatan pemuliaan tanaman pinang baru terbatas pada pengumpulan/koleksi plasma nutfah untuk penyelamatan plasma nutfah, sementara kegiatan pemuliaan yang

mengarah kepada perbaikan tanaman belum dilakukan. Masalah yang dihadapi adalah belum tersedia informasi parameter genetik dari plasma nutfah ini seperti variabilitas genetik, heritabilitas, korelasi dan pengaruh langsung dari karakter-karakter yang erat hubungan-

nya dengan hasil. Menurut Frey (1983) dalam Wahyuni *et al.* (2004) pemuliaan tanaman meliputi 3 fase kegiatan, yaitu: (a) menciptakan variabilitas genotip dalam suatu populasi tanaman, b) seleksi genotip gen-gen pengendali karakter yang diinginkan, dan c) melepas varietas terbaik untuk produksi pertanian.

Seleksi karakter suatu tanaman atau populasi akan lebih baik dan terarah jika diketahui apakah karakter-karakter yang ada dalam suatu tanaman saling memiliki korelasi positif atau tidak. Korelasi positif dua atau lebih antar karakter akan memudahkan seleksi karena peningkatan karakter yang satu akan diikuti karakter lainnya. Sebaliknya bila korelasi negatif, sulit untuk memperoleh sifat yang diharapkan. Wahyuni *et al.* (2004) mengemukakan beberapa parameter genetik yang dapat digunakan sebagai pertimbangan agar seleksi lebih efektif dan efisien, antara lain variabilitas genetik, heritabilitas, korelasi dan pengaruh dari karakter-karakter yang erat hubungannya dengan hasil. Zen (1995) dalam Sudarmadji *et al.* (2007) mengemukakan bahwa untuk mencapai tujuan seleksi harus diketahui korelasi antar karakter agronomi, komponen hasil dan hasil, sehingga seleksi terhadap suatu karakter atau lebih dapat dilakukan.

Budiarti *et al.* (2004), mengemukakan bahwa pola hubungan antara hasil dan komponen hasil dapat diketahui melalui perhitungan dengan menggunakan analisis korelasi. Kelemahan dari metoda perhitungan ini adalah dapat terjadi kesalahan penafsiran yang disebabkan adanya saling interaksi antar komponen hasil. Pengaruh tidak langsung melalui komponen lain dapat lebih berperan dari pada pengaruh langsungnya. Selain itu hubungan kausal (sebab-akibat) tidak dapat dijelaskan dengan

baik oleh metode perhitungan korelasi ini. Kendala ini dapat diatasi dengan menggunakan analisis koefisien lintas (*Path Coefficient Analysis*) yang mampu menentukan kontribusi relatif, baik langsung maupun tidak langsung. Metode ini memecah koefisien korelasi antara masing-masing karakter yang dikorelasikan dengan hasil menjadi dua komponen, yaitu pengaruh langsung dan pengaruh tidak langsung, sehingga hubungan kausal diantara karakter yang dikorelasikan dapat diketahui. Ojo *et al.* (2006), mengemukakan bahwa sidik lintas efektif digunakan pada kasus dimana variable-variabel independen yang mempengaruhi hasil meningkat, sehingga hubungan antar karakter menjadi lebih kompleks, pada kasus demikian perhitungan dengan menggunakan korelasi sederhana tidak cukup untuk menjelaskan sebab akibat hubungan antar karakter suatu tanaman.

Miftahorrahman (2005), melakukan perhitungan sidik lintas delapan karakter vegetatif tanaman pinang Sumbar-2 asal Sumatera Barat. Hasilnya karakter-karakter lingkaran batang, panjang daun, dan panjang pinak daun memiliki pengaruh langsung terhadap hasil. Sedangkan hasil analisis sidik lintas karakter vegetatif dan generatif pinang asal Kalimantan Barat (Miftahorrahman *et al.*, 2007) menghasilkan pengaruh langsung karakter-karakter jumlah pinak daun, panjang pinak daun, jumlah tandan, panjang polar buah, panjang equatorial buah, dan panjang spikelet terhadap produksi. Tampake dan Luntungan (2002) mengemukakan bahwa hampir semua karakter batang, daun dan bunga tanaman kelapa memiliki korelasi genetik nyata positif dengan jumlah tandan dan jumlah bunga betina. Sedangkan Miftahorrahman *et al.* (2000)

mengatakan bahwa karakter-karakter lebar petiole, panjang batang pada 11 bekas daun, panjang sentral axis, panjang petiole, panjang pinak daun dan panjang rachis memiliki pengaruh langsung relatif besar terhadap jumlah bunga betina.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang korelasi fenotipik sifat-sifat penting tanaman pinang asal Bolaang Mongondow terutama hubungannya dengan produksi buah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan terhadap aksesori pinang asal Bolaang Mongondow umur 7 tahun di Kebun Percobaan Kayuwatu, Sulawesi Utara, mulai bulan Mei 2008 sampai dengan Oktober 2009. Pemeliharaan tanaman mengikuti ketentuan yang berlaku untuk tanaman pinang, yaitu pembersihan blok, dan pemupukan dua kali dalam satu tahun dengan dosis pupuk 200 g urea, 200 g SP36, dan 230 g KCL per pohon. Lokasi penelitian terletak pada ketinggian 80 meter di atas permukaan laut, dengan curah hujan berkisar antara 2500 – 3000 mm/tahun termasuk tipe iklim A menurut Schmidt dan Ferguson. Jenis tanahnya adalah alluvial.

Jumlah pohon contoh yang diamati sebanyak 120 pohon yang diambil secara acak. Penghitungan analisis lintas dilakukan dengan metoda matriks. Karakter yang diamati meliputi: JDN (Jumlah Daun), dihitung seluruh daun hijau yang ada dalam mahkota daun; JBD (Jumlah Bekas Daun), dihitung jumlah bekas daun yang ada di daerah sepanjang 1 meter batang dari permukaan tanah; LBA (Lingkar Batang Atas),

diukur pada tinggi batang 1 meter dari permukaan tanah; LBT (Lingkar Batang Tengah), diukur pada tinggi batang 0,50 meter dari permukaan tanah; LBB (Lingkar batang bawah, diukur pada tinggi batang ± 10 cm dari permukaan tanah); JNA (Jarak antar Nodus bagian Atas), diukur jarak antar 2 nodus yang ada di bagian daerah 1 meter batang; JNT (Jarak antar nodus bagian Tengah), diukur jarak antar 2 nodus yang ada dibagian tengah batang (di daerah 50 cm batang); JNB (Jarak antar Nodus bagian Bawah), diukur jarak antar 2 nodus yang ada di bagian paling bawah batang; WB (Waktu Berbunga), diamati tanggal keluar seludang pertama, dihitung mulai waktu penanaman; PB (Produksi Buah), dihitung rata-rata buah siap panen per tandan.

Nilai koefisien lintas dihitung berdasarkan Singh dan Chaudary (1977), sebagai berikut:

$$\begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c} r_{1y} \\ r_{2y} \\ r_{4y} \\ \vdots \\ r_{(8)y} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{cccccc} r_{1.1} & r_{1.2} & r_{1.3} & \dots & r_{1.8} \\ r_{2.1} & r_{2.2} & r_{2.3} & \dots & r_{2.8} \\ r_{3.1} & r_{3.2} & r_{3.3} & \dots & r_{3.8} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{8.1} & r_{8.2} & r_{8.3} & \dots & r_{8.8} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} P_{1y} \\ P_{2y} \\ P_{3y} \\ \vdots \\ P_{8y} \end{array} \right)
 \end{array}
 \quad \begin{array}{ccc}
 A & B & C
 \end{array}$$

Nilai vektor A merupakan korelasi antara karakter X_1 dengan jumlah buah (Y) $_{(r_{ij})}$, unsur-unsur matrik B terdiri dari korelasi peubah X_i (r_{ij}), sedangkan vektor C adalah unsur-unsur pengaruh langsung peubah X terhadap Y (r_{ij}). Untuk mendapatkan vektor C, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\underline{C} = B^{-1} A$$

Koefisien korelasi parsial diuji dengan menggunakan rumus :

$$t = \sqrt{\frac{r^2 ab.c(n-2)}{1 - r^2 ab.c}}$$

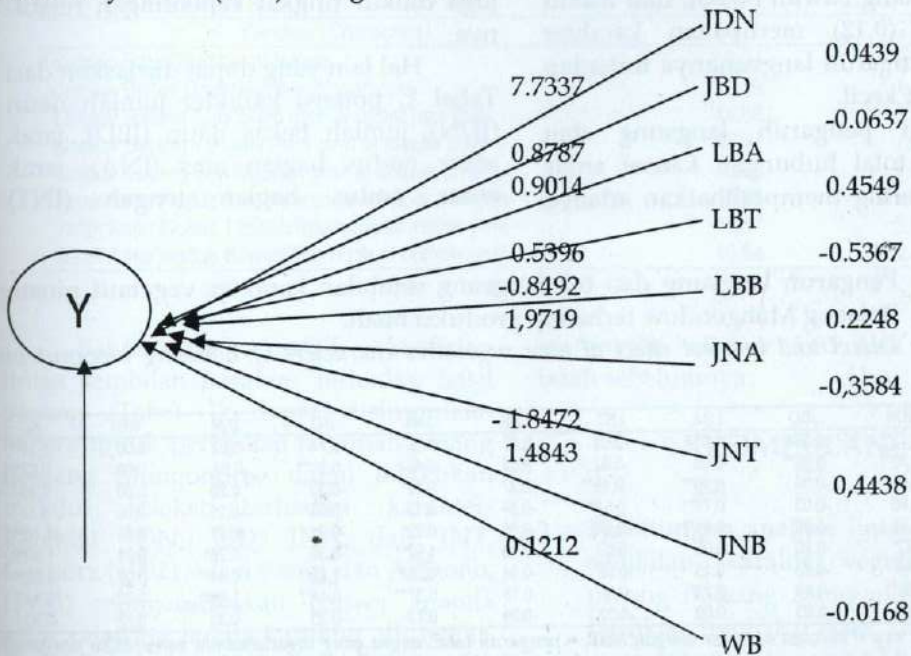
Nilai t dibandingkan dengan $t_{0.05}$ (118)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sembilan karakter yang dipilih sebagai peubah bebas dalam mengkaji pengaruhnya terhadap produksi pinang Bolaang Mongondow didasarkan pada pertimbangan bahwa karakter vegetatif tanaman memiliki pengaruh terhadap hasil. Satyabalan (1982) mengemukakan

bahwa hasil buah selama periode stabil, dengan koefisien analisis lintas menunjukkan bahwa kontribusi sifat-sifat bunga betina, jumlah daun dari tanaman umur 19 tahun dan jarak inter nodus tanaman kelapa, merupakan faktor utama yang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi hasil.

Hasil analisis sidik lintas karakter-karakter vegetatif tanaman pinang Bolaang Mongondow menghasilkan hubungan kausal antara karakter-karakter jumlah daun, jumlah bekas daun, lingkaran batang atas, lingkaran batang tengah, lingkaran batang bawah, jarak antar nodus atas, jarak antar nodus tengah, dan jarak antar nodus bawah dengan hasil, seperti terlihat pada diagram lintas fenotipik Gambar 1.



Gambar 1. Diagram lintas antar 9 karakter vegetatif dengan hasil.
Figure 1. Path diagram among nine vegetative characters with yield.

Dari sembilan karakter yang dianalisis pengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap produksi buah tanaman pinang Bolaang Mongondow, tujuh karakter memberikan pengaruh langsung yang signifikan (Tabel 1). Karakter-karakter tersebut adalah jumlah daun ($r = 7.73$), jumlah bekas daun ($r = 0.88$), lingkaran batang atas ($r = 0.90$), lingkaran batang tengah ($r = 0.54$), jarak antar nodus bagian atas ($r = 1.97$), jarak antar nodus bagian tengah ($r = -1.85$), dan jarak antar nodus bagian bawah ($r = 1.48$).

Tingginya pengaruh langsung ke tujuh karakter tersebut mengindikasikan bahwa seleksi langsung dengan berdasarkan pada salah satu sifat dengan kondisi peubah lain tetap akan memberikan pengaruh yang relatif besar terhadap hasil, sebaliknya karakter lingkaran batang bawah (-0.85), dan waktu berbunga (0.12) merupakan karakter dengan pengaruh langsungnya terhadap hasil relatif kecil.

Nilai pengaruh langsung dan pengaruh total hubungan kausal antar karakter sering memperlihatkan adanya

kontradiktif. Pada Tabel 1, pengaruh langsung lingkaran batang bawah sekali-pun memiliki pengaruh langsung terhadap hasil tidak nyata dan negatif (-0.85), namun nilai totalnya cukup besar dan signifikan pengaruhnya terhadap produksi (nilai koefisien korelasi total -1.10). Hal ini disebabkan sumbangan pengaruh tidak langsung karakter Lingkaran Batang Bawah terhadap hasil melalui karakter-karakter jumlah daun, jumlah bekas daun, lingkaran batang atas, lingkaran batang tengah, jarak antar nodus atas, jarak antar nodus tengah dan jarak antar nodus bawah cenderung meniadakan pengaruh langsungnya. Menurut Panin dan Asmono. (1993), hal ini terjadi karena pada korelasi sederhana hubungan timbal balik diukur tanpa melihat penyebabnya, sedangkan pada sidik lintas, selain dikaji faktor penyebabnya juga diukur tingkat kepentingan relatifnya.

Hal lain yang dapat dijelaskan dari Tabel 1, potensi karakter jumlah daun (JDN), jumlah bekas daun (JBD), jarak antar nodus bagian atas (JNA), jarak antar nodus bagian tengah (JNT)

Tabel 1. Pengaruh langsung dan tak langsung sembilan karakter vegetatif pinang Bolaang Mongondow terhadap produksi buah.

Table 1. Direct and indirect effect of nine vegetative characters of Bolmong arecanut on yield.

Karakter	JDN	JBD	LBA	LBT	LBB	JNA	JNT	JNB	WB	X_{xy}
JDN	<u>7.73**</u>	0.044	0.03	-0.03	0.07	0.06	0.11	0.13	0.00	8.14**
JBD	0.39**	<u>0.88**</u>	-0.06	-0.02	0.02	-0.45	0.90**	-0.84	0.00	0.82**
LBA	-0.02	-0.06	<u>0.90**</u>	0.45**	-0.37	0.12	-0.33	0.38	0.00	0.15
LBT	-0.46	-0.03	0.77**	<u>0.54**</u>	-0.54	0.13	0.06	-0.29	-0.00	0.17
LBB	-0.61	-0.02	0.41**	0.34*	<u>-0.85</u>	0.22*	-0.31	-0.27	0.01	-1.10**
JNA	0.22*	-0.20	0.05	0.03	-0.10	<u>1.97**</u>	-0.36	0.28*	0.01	1.90**
JNT	-0.48	-0.43	0.15	-0.02	-0.14	0.38**	<u>-1.85**</u>	0.44**	0.02	-1.92**
JNB	0.66**	-0.49	0.23*	0.06	0.15	0.37**	0.44**	<u>1.48**</u>	-0.02	2.89**
WB	0.14	0.03	0.00	-0.02	-0.05	0.13	-0.25	-0.33	<u>0.12</u>	-0.23

Keterangan: r_{xy} = korelasi karakter dengan hasil = pengaruh total; angka yang digarisbawahi merupakan pengaruh langsung atau koefisien jalur C; $t(0,01) = 2,617$; $t(0,05) = 1,980$

Note: JDN= number of leaves; JBD= number of leaf scars; LBA= stem girth at upper part; LBT= stem girth at middle; LBB= stem girth at bottom; JNA= internode at upper; JNT= internode at middle; JNB= internode at bottom

memiliki potensi yang besar untuk perbaikan sifat kearah positif terutama terhadap karakter hasil. Menurut Totowarsa (1982), jika koefisien korelasi X dengan Y hampir sama besar dengan efek langsungnya, maka koefisien korelasi tersebut benar-benar mengukur derajat keeratan hubungan X dan Y seutuhnya. Oleh karena itu, seleksi berdasarkan karakter X tersebut akan sangat efektif. Dalam hal ini karakter JDN, JBD, JNA dan JNT memiliki nilai koefisien korelasi X dan Y yang hampir sama besar (berturut-turut 8.14, 0.82, 1.90, dan -1.92) dengan nilai pengaruh langsung C untuk karakter JDN, JBD, JNA, dan JNT (berturut-turut 7.73, 0.88, 1.97, dan -1.85).

Perbaikan hasil pinang Bolaang Mongondow dapat dilakukan melalui seleksi terhadap karakter jumlah daun, jumlah bekas daun, dan jarak antar nodus bagian atas, dengan menambahkan nilai standar deviasinya sebesar satu kali ke dalam nilai rata-rata ketiga karakter tersebut (Tabel 2), sehingga berturut-turut menjadi 8.95, 8.47, dan 31.06 cm, maka produksi buah pinang Bolaang Mongondow akan meningkat berturut-turut sebesar 7.73, 0.88, dan 1.97 kali dari produksi buah semula. Sebaliknya jika rata-rata karakter jarak antar nodus bagian tengah diturunkan satu kali nilai standar deviasi hingga menjadi 12.644 cm, maka produksi buah pinang Bolaang Mongondow akan

Tabel 2. Nilai rata-rata delapan karakter vegetatif pinang Bolaang Mongondow
Table 2. Average of eight vegetative character of Bolaang Mongondow arecanut.

Karakter (Characters)	X	SD
Jumlah Daun/Number of leaves	8.34	0.58
Jumlah Bekas Daun/Number of leaf scars	7.09	1.38
Lingkar Batang Atas/Stem girth at upper part (cm)	44.86	7.59
Lingkar Batang Tengah/Stem girth at middle (cm)	47.07	7.37
Lingkar Batang Bawah/Stem girth at bottom (cm)	59.66	7.23
Jarak Antar Nodus Atas/Internode at upper part (cm)	19.06	12.01
Jarak Antar Nodus Tengah/Internode at middle (cm)	15.67	3.03
Jarak Antar Nodus Bawah/Internode at bottom (cm)	10.64	2.58

Berdasarkan matrik koefisien lintas sembilan karakter terhadap hasil pinang (Tabel 1) dapat disimpulkan bahwa untuk perbaikan tanaman pinang Bolaang Mongondow dapat dilakukan melalui seleksi terhadap karakter-karakter JDN, JBD, JNA dan JNT. Gasperz (1992) dalam Panin dan Asmono. (1993) mengemukakan bahwa apabila nilai rata-rata suatu karakter ditingkatkan sebesar satu kali dari nilai standar deviasinya, maka akan terjadi peningkatan hasil sebesar satu kali nilai korelasinya.

meningkat sebesar 1.85 kali produksi buah sebelumnya.

KESIMPULAN

1. Perhitungan analisis lintas terhadap sembilan karakter vegetatif aksesi pinang Bolaang Mongondow menghasilkan tujuh karakter yang berpengaruh langsung terhadap produksi buah pinang Bolmong.
2. Perbaikan produksi buah pinang Bolaang Mongondow dapat dila-

kukan melalui seleksi karakter jumlah daun, jumlah bekas daun, jarak antar nodus bagian atas dan jarak antar nodus bagian tengah, karena memiliki derajat keeratan hubungan yang lebih baik dengan karakter produksi buah dibanding karakter vegetatif lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1993. Pinang. Statistik Perkebunan Indonesia. Direktorat Jenderal Perkebunan Jakarta.
- Budiarti SG, Rizki RY, Kusumo YWE. 2004. Analisis koefisien lintas beberapa sifat pada plasma nutfah gandum (*Triticum aestivum* L.) koleksi Balitbiogen. Zuriat. Jurnal Pemuliaan Indonesia. Vol. 15. No. 1. Januari-Juni 2004. Hal. 31-40.
- Dwi Asmono. 1992. Struktur genetik beberapa populasi kelapa berdasarkan analisis isozim dan karakter morfologi-agronomi. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.p.31-70.
- Maliangkay RB. 1991. Manfaat tanaman pinang (*Areca catechu* L.). Buletin Balitka. No.15. September 1991. Hal.64.
- Miftahorrahman, Mangindaan HF, Novariant H. 2000. Analisis lintas karakter vegetative dan generative kelapa Dalam Kupal terhadap jumlah bunga betina. Zuriat. Vol. 11 No.1. Januari-Juni 2000. Hal.39-46.
- Miftahorrahman. 2005. Hubungan delapan karakter vegetatif dan komponen hasil pinang (*Areca catechu* L.) Sumbang-2 terhadap hasil buah. Zuriat. Vol. 16. No.2. Juli-Desember 2005. Hal. 127-132.
- Miftahorrahman. 2007. Sidik lintas plasma nutfah pinang (*Areca catechu* L.) asal Provinsi Kalimantan Barat. Buletin Palma. No. 33. Desember 2007. Hal. 87-95.
- Moerdaningsih K, Haeruman A, Baihaki G, Satari T, Danakusuma, Permadi AH. 1990. Variasi genetik sifat-sifat tanaman bawang putih di Indonesia. Zuriat. 1 (1):32.
- Novariant H., dan T. Rompas. 1990. Prospek dan budidaya tanaman pinang. Buletin Balitka. No.10. Januari 1990. Hal.65.
- Ojo DK, Omikunle OA. Oduwaye OA, Ajala MO, Ogunbayo SA. 2006. Heritability, character correlation and path coefficient analysis among six inbred-lines of maize (*Zea mays* L.). Departement of Plant Breeding and Seed Technology, University of Agriculture, Abeokuta, Ogun State, Nigeria. World Journal of Agriculture Science 2(3): 352-358. 2006.
- Panin K, Dwi Asmono. 1993. Sidik lintas antara produksi minyak terhadap setiap komponennya pada kelapa. Buletin Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 1(2). Hal. 189-197.
- Pandin DS, Rompas T. 1994. Karakterisasi tanaman pinang di Bengkulu, Sumatera Barat, dan Sumatera Utara. Jurnal Penelitian Kelapa. Balai Penelitian Kelapa Manado. Vol.7.No.2. Desember 1994. Hal.34.
- Poehlman JM. 1983. Crop breeding in a Hungry World. In breeding. D.R. Wood (ed.) Crop Breeding. American Society of Agronomy Crop Science of America, Madison, Wisconsin. P.427.
- Satyabalan K. 1982. The present status of coconut breeding in India. Journal of Plant Crops. 10(2):67-80.
- Singh RK, Chaudary BD. 1977. Biometrical methods in quantitative

- genetic analysis. Kalyan Publishers. New Delhi. Ludhiana. P. 70.
- Sudarmadji, Mardjono M, Sudarmo H. 2007. Variasi genetik, heritabilitas, dan korelasi genotipik sifat-sifat penting tanaman wijen (*Sesamum indicum* L.). Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. Jurnal Littri 13(3), September 2007. Halaman 88-92.
- Tampake H, Luntungan HT. 2002. Pendugaan parameter genetic dan korelasi antar sifat-sifat morfologi kelapa (*Cocos nucifera* L.). Jurnal Penelitian Tanaman Industri. Volume 8 No.3 September 2002. Hal. 97-102.
- Totowarsa. 1982. Analisis jalinan hubungan beberapa ciri kacang hijau (*Vigna radiata* L.). Universitas Padjadjaran. Pemberitaan No. 14 Desember 1982. Hal. 16-23.
- Wahyuni TS, Setiamihardja R, Hermiati N, Hendroatmodjo KH. 2004. Variabilitas genetik, heritabilitas dan hubungan antara hasil umbi dengan beberapa karakter kuantitatif dari 52 genotip ubi jalar di Kendalpayak, Malang. Zuriat. Jurnal Pemuliaan Indonesia. Vol. 5. No.2 Juli-Desember 2004. Hal. 109-117.

Depresi Silangdalam Kelapa Dalam Mapanget Berdasarkan Penanda Mikrosatelit (SSR)

DONATA S. PANDIN

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado-95001

Diterima 8 Juni 2009 / Direvisi 24 Agustus 2009 / Disetujui 9 November 2009

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui depresi silangdalam berdasarkan penanda molekular (SSR) pada tanaman kelapa Dalam Mapanget No. 32 (DMT-32), akibat penyerbukan sendiri pada generasi S2, S3, dan S4. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Tumbuhan, Pusat Penelitian Sumber Daya Hayati dan Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan mulai Mei 2004 sampai dengan Mei 2007. Analisis molekular menggunakan penanda mikrosatelit (SSR). Berdasarkan penanda molekular menggunakan 15 lokus mikrosatelit (SSR) dari 19 lokus yang diuji, ditemukan bahwa depresi silangdalam terekspresi pada kelapa DMT-32 hasil penyerbukan sendiri. Depresi silangdalam pada DMT-32 S2 (2.78%), DMT-32 S3 (10.54%), dan DMT-32 S4 (15.74%). Hasil ini didukung oleh pengamatan terhadap produksi buah per pohon per tahun pada populasi DMT-32 S4 yang sampai dengan umur 11 tahun belum berbuah. Empat dari 15 lokus mikrosatelit yang digunakan tidak lagi berada pada kesetimbangan Hardy-Weinberg artinya lokus-lokus tersebut pada populasi generasi S4 telah hampir homogen bergenotipe homozigot sehingga alel-alel dari lokus tersebut tidak lagi diwariskan secara bebas ke generasi berikutnya. Kelapa DMT-32 S4 telah dapat digunakan sebagai materi persilangan untuk mendapatkan turunan dengan tingkat heterosis tinggi.

Kata kunci: Kelapa Dalam, Cocos nucifera L, depresi silangdalam, mikrosatelit (SSR)

ABSTRACT

Inbreeding Depression Analysis Based on Microsatellite (SSRs) Markers in Mapanget Tall Coconut

The objective of this research was to determine inbreeding depression based on microsatellite (SSR) markers of second, third, and fourth generations of selfed Mapanget Tall coconut No.32 (DMT-32). The research was conducted in Plant Biology Laboratory, Research Center of Plant Genetic Resources and Biotechnology, Institut Pertanian Bogor. The research was done since May 2004 until May 2007. Fifteen out of 19 microsatellite (Simple Sequence Repeats, SSR) loci (primers) were used to analyze inbreeding depression in each generation of selfed Mapanget Tall coconut No.32. Based on 15 loci of microsatellite (SSRs) markers, showed that inbreeding depression expressed and have tendency to increase from generation to next generation of selfed Mapanget Tall coconut No.32 (DMT-32). Inbreeding depression in DMT-32 S2 (2.78%), DMT-32 S3 (10.54%), and DMT-32 S4 (15.74%). Four out of 15 microsatellite loci used were not in Hardy-Weinberg equilibrium, means that in DMT-32 S4 those loci were homozygote that's why alleles of those loci were not inherits in equilibrium. DMT-32 S4 coconut can be used as plant materials to find progeny with higher heterosis level.

Keywords: Tall coconut, Cocos nucifera L, inbreeding depression, Microsatellite (SSR).

PENDAHULUAN

Depresi silangdalam adalah suatu kejadian turunnya kekekanan (vigor) akibat meningkatnya derajat homozigositas pada tanaman menyerbuk terbuka, yang keturunannya dihasilkan dari proses penyerbukan sendiri.

Depresi silangdalam dan heterosis adalah dua fenomena bertolak belakang yang banyak dipelajari pada tanaman dan binatang. Depresi silangdalam berkaitan dengan menurunnya kekekanan turunan hasil penyerbukan sendiri (Stebbins, 1958), sebaliknya heterosis berkaitan dengan keunggulan hibrida (F1) melebihi nilai atau rata-rata kedua tetuanya.

Kelapa Dalam Mapanget (DMT) yang memiliki jumlah buah banyak, kadar kopra dan kadar minyak tinggi diseleksi dan beberapa nomor pohon terpilih disilangkan. Persilangan nomor-nomor terpilih tersebut dihasilkan kelapa Dalam unggul yang diberi nama Kelapa Baru (KB), yaitu KB-1 (32 x 32), KB-2 (32 x 2), KB-3 (32 x 83) dan KB-4 (32 x 99) dengan potensi produksi 3 - 3.5 ton kopra per hektar per tahun (Novariant, 1996).

Penyerbukan sendiri kelapa Dalam Mapanget (DMT) telah dilakukan hingga mencapai generasi keempat (S4). Kelapa DMT yang tersisa 29 nomor hasil seleksi massa negatif diseleksi lagi berdasarkan jumlah buah dan jumlah tandan dan didapatkan beberapa nomor terseleksi. Beberapa nomor terpilih yang berproduksi tinggi di antaranya adalah No. 2, No. 10, No. 32, No. 55, No. 83, dan No. 99. Kelapa DMT No. 10, No. 32, dan No. 55 dibuat menyerbuk sendiri dan turunannya ditanam di Kebun Percobaan Mapanget pada tahun 1957 membentuk

populasi DMT (S1). Populasi S1 ini diseleksi lagi dan individu terseleksi dibuat menyerbuk sendiri dan keturunan yang diperoleh ditanam di Kebun Percobaan Kima Atas pada tahun 1967, yang membentuk populasi DMT (DMT S2). Dengan cara yang sama didapatkan populasi DMT generasi ketiga (DMT S3) pada tahun 1979, dan generasi keempat (DMT S4) pada tahun 1995.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya depresi silangdalam yang terjadi berdasarkan penanda DNA mikrosatelit (SSR) pada kelapa Dalam Mapanget No. 32 akibat penyerbukan sendiri selama empat generasi yaitu pada generasi S2, S3, dan S4 (DMT-32 S2, DMT-32 S3, DMT-32 S4).

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Tumbuhan, Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor. Pelaksanaan penelitian mulai dari Mei 2004 sampai dengan Mei 2007. Untuk analisis molekular digunakan daun muda dari populasi kelapa DMT-32 (S2) sebanyak 9 pohon, DMT-32 (S3) sebanyak 40 pohon, dan DMT-32 (S4) sebanyak 38 pohon. Bahan tanaman berasal dari koleksi Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain di Kima Atas, Sulawesi Utara.

DNA total tanaman diisolasi mengikuti metode Rohde *et al.* (1995) yang telah dimodifikasi. Sebanyak 1.5 gram daun kelapa yang masih muda dimasukkan kedalam mortar yang berisi 10 ml buffer lisis (100 mM Tris-HCl pH8, 2% (m/v) CTAB, 1.4 M NaCl, 20 mM EDTA, dan 0.2% β -mercaptoetanol (ditambahkan pada saat akan diisolasi) dan 0.07 g pasir kuarsa, digerus sampai halus. Serbuk daun dipindahkan ke dalam

tabung 15 ml dan diinkubasi pada suhu 65°C selama 1.5 jam. Suspensi DNA dipanen dengan melakukan sentrifus pada 4000 rpm selama 5 menit. Supernatan diberi 1 volume kloroform : isoamil alkohol (24:1), dikocok perlahan sampai homogen lalu disentrifus pada 4000 rpm selama 10 menit. Suspensi DNA dipresipitasi dengan menambahkan 0.1 volume sodium asetat 3 M pH 8, dan 0.8 volume isopropanol. Endapan DNA didapat melalui sentrifus pada 4000 rpm selama 10 menit, lalu disuspensi dalam 500 µl larutan TE 1X. Untuk menghilangkan kontaminan RNA, kedalam suspensi DNA ditambahkan RNase A dengan konsentrasi 20 ug/ml dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 1 jam. Selanjutnya suspensi DNA diekstraksi berturut-turut dengan 1 volume fenol, dan campuran kloroform : isoamil alkohol (24 : 1). Suspensi DNA dipresipitasi dengan 0.8 volume isopropanol lalu dibilas dengan alkohol 70% dingin. Pelet DNA kering diberi 200 µl TE dan disimpan pada 20°C.

Penetapan kuantitas dan kemurnian DNA diukur menggunakan spektrofotometer (Cecil CE 2020) pada panjang gelombang 260 nm dan 280 nm. DNA mempunyai kemurnian tinggi jika ratio nilai absorbansi pada panjang gelombang 260 nm dan 280 nm berkisar antara 1.8 - 2.0 (Sambrook *et al.*, 1989). Konsentrasi DNA dihitung berdasarkan rumus : pengenceran x nilai absorbansi pada 260 nm x 50 ug/ml.

Kualitas DNA diketahui dengan membandingkan hasil migrasi DNA total bersama DNA standar λ/HindIII pada gel agarose menggunakan elektroforesis horizontal. DNA yang berkualitas baik adalah fragmen DNA dengan ukuran besar.

Analisis Mikrosatelit (*Simple Sequence Repeat/SSR*) menggunakan pasangan

primer yang telah memberikan polimorfik yang jelas pada tanaman kelapa yaitu yang dikembangkan oleh CIRAD (2002) sebanyak 14 primer (Tabel 1), dan 5 primer oleh Rivera *et al.*, 1999 (Tabel 2). Reaksi PCR (*Polymerase Chain Reaction*) yang digunakan dengan total volume 25 µl adalah 1 x buffer PCR (10 mM Tris-HCl, 1.5 mM MgCl₂, 50 mM KCl, pH 8.3), 200 µM dNTP, 20 pmol *forward primer* dan 20 pmol *reverse primer*, 1 U Taq polymerase (AmpliTag Promega), dan 10 ng DNA dengan volume akhir reaksi 25 µl. Reaksi amplifikasi DNA berlangsung sebanyak 35 siklus pada mesin PCR (*Gene Amp PCR System 2400 Perkin Elmer*). Program PCR yang digunakan adalah 94°C selama 5 menit untuk pre PCR, 94°C 40 detik untuk denaturasi, 52°C - 54°C selama 1 menit untuk pelekatan primer (*annealing*), 72°C selama 1 menit pemanjangan primer (*extension*), dan 72°C selama 7 menit untuk post PCR. Pita produk amplifikasi dipisahkan menggunakan gel polyacrylamide 6% dalam 1 x buffer TBE dan divisualisasikan menggunakan pewarnaan perak (*silver staining*) mengikuti metode Creste *et al.* (2001) dengan sedikit modifikasi.

Setiap produk PCR dicampur dengan 3 x STR *loading dye* (98% formamide yang mengandung 10 mM EDTA, 0.01% [w/v] *Xylene cyanol*, dan 0.01% [w/v] *Bromophenol Blue*). Gel PAGE (*Polyacrylamide Gel Electrophoresis*) menggunakan buffer 1 x TBE dipanaskan hingga suhu 50°C-55°C. Produk PCR yang telah dicampur dengan STR *loading dye* didenaturasi pada 94°C selama 5 menit dan segera diisi pada setiap baris PAGE sebanyak 3.5 µl. Selama proses elektroforesis kuat arus dipertahankan tetap konstan 75 W dan suhu ±50°C selama 60 - 90 menit bergantung

primer yang digunakan. PAGE mengandung 6% Polyacrylamide/Bisacrylamide perbandingan 19 : 1, 7 M Urea, dan 1 x TBE (90 mM Trisborate, 2mM EDTA).

Setelah proses elektroforesis menggunakan elektroforesis vertikal, di-

lanjutkan dengan pewarnaan gel PAGE dengan *silver staining* mengikuti metode Creste *et al.* (2001) dengan sedikit modifikasi.

Tabel 1. Nama 19 primer SSR yang digunakan dan urutan basa nukleotidanya.
Table 1. Name and nucleotide sequence of 19 SSR primers used.

No	Primer/Primers	Urutan basa Base sequence
1	CnCir A3	Forward(5'-3') AATCTAAATCTACGAAAGCA Reverse (5' - 3') AATAATGTGAAAAAGCAAAG
2	CnCir A9	Forward (5' - 3') AATGTTTGTGTCTTTGTGCGTGTGT Reverse (5' - 3') TCCTAATTTTTCTTCCCCTTCCTCA
3	CnCirC3'	Forward (5' - 3') AGAAAGCTGAGAGGGAGGATT Reverse (5' - 3') GTGGGGCATGAAAAGTAAC
4	CnCirC7	Forward (5' - 3') ATAGCATATGGTTTTCTT Reverse (5' - 3') TGCTCCAGCGTTCATCTA
5	CnCir E2	Forward (5' - 3') TCGCTGATGAATGCTTGCT Reverse (5' - 3') GGGGCTGAGGGATAAACC
6	CnCirE10	Forward (5' - 3') TTGGGTTCATTCTTCTCTCATC Reverse (5' - 3') GCTCTTTAGGGTTCGTTTCTTAG
7	CnCirE12	Forward (5' - 3') TCACGCAAAAGATAAAACC Reverse (5' - 3') ATGGAGATGGAAGAAAGG
8	CnCir F2	Forward (5' - 3') GGTCTCCTCTCCCTCCTTATCTA Reverse (5' - 3') CGACGACCCAAAACGAACAC
9	CnCirH4'	Forward (5' - 3') TTAGATCTCCTCCCAAAG Reverse (5' - 3') ATCGAAAGAACAGTCACG
10	CnCir H7	Forward (5' - 3') GAGATGGCATAACACCTA Reverse (5' - 3') TGCTGAAGCAAAAGAGTA
11	CnCir F2	Forward (5' - 3') GGTCTCCTCTCCCTCCTTATCTA Reverse (5' - 3') CGACGACCCAAAACGAACAC
12	CnCirG11	Forward (5' - 3') AATATCTCCAAAATCATCGAAAG Reverse (5' - 3') TCATCCCACACCCTCCTCT
13	CnCirH4'	Forward (5' - 3') TTAGATCTCCTCCCAAAG Reverse (5' - 3') ATCGAAAGAACAGTCACG
14	CnCir H7	Forward (5' - 3') GAGATGGCATAACACCTA Reverse (5' - 3') TGCTGAAGCAAAAGAGTA
15	CNZ 05	Forward (5' - 3') CTTATCCAAATCGTCACAGAG Reverse (5' - 3') AGGAGAAGCCAGGAAAGATTT
16	CNZ 09	Forward (5' - 3') ATCTACCAAGTGTGGTCTCTC Reverse (5' - 3') ACCAGGAAAAAGAGCGGAGAA
17	CNZ 18	Forward (5' - 3') ATGGTTTCAGCCCTTAATAAAC Reverse (5' - 3') GAACTTTGAAGCTCCCATCAT
18	CNZ 21	Forward (5' - 3') ATGTTTTAGCTTCACCATGAA Reverse (5' - 3') TCAAGTTCAAGAAGACCTTTG
19	CNZ 51	Forward (5' - 3') CTTTAGGGAAAAAGGACTGAG Reverse (5' - 3') ATCCATGAGCTGAGCTTGAAC

Sumber/Source: CIRAD (2002); Rivera *et al.* (1999)

Tabel 2. Jumlah alel, frekuensi heterozigot, Indeks fiksasi dan depresi silangdalam DMT- 32 S2, DMT-32 S3 dan DMT-32 S4 berdasarkan penanda SSR.
 Table 2. Number of allele, heterozygosity frequency, fixation index, and inbreeding depression of DMT-32 S2, DMT-32 S3, and DMT-32 S4 based on SSR markers.

Lokus Loci	Alel Allele	Heterozigot harapan (H_E) Expected heterozygosity	Heterozigot aktual (H_o) Observed heterozygosity		
			S2	S3	S4
CNZ 05	4	0.71	0.57	0.73	0.50
CNZ 09	3	0.88	0.67	0.70	0.61
CNZ 18	6	0.96	0.89	0.85	0.76
CNZ 21	3	0.86	0.88	0.68	0.63
CnCirA3	3	0.76	0.78	0.43	0.58
CnCirA9	3	0.68	0.56	0.75	0.63
CnCirA9	4	0.79	0.56	0.50	0.61
CnCirC3'	4	0.84	0.79	0.58	0.58
CnCirC7	4	0.66	0.56	0.53	0.45
CnCir E2	4	0.70	0.78	0.65	0.55
CnCirE10	5	0.73	0.89	0.83	0.82
CnCirE12	5	0.76	0.89	0.85	0.63
CnCir F2	5	0.76	0.89	0.85	0.84
CnCirH4'	4	0.73	0.78	0.70	0.74
CnCirH7	4	0.74	0.78	0.78	0.82
Rataan	4	0.77	0.75	0.69	0.65
Indeks Fiksasi/Fixation index		-	0.07	0.05	0.04
Depresi silangdalam/Inbreeding depression		-	0.03	0.12	0.16

Besarnya depresi silangdalam dihitung menggunakan rumus (Hartl, 1988):

$$F = \frac{H_E - H_o}{H_E}$$

F = koefisien silangdalam,
 H_E = heterozigot harapan,
 H_o = heterozigot observasi

Rata-rata heterozigot observasi, H_o , yang merupakan rata-rata proporsi dari genotipe heterozigot aktual untuk masing-masing lokus pada setiap generasi menyerbuk sendiri dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H_o = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{N A_i A_i}{N}}{k}$$

$N A_i$ = jumlah genotipe heterozigot,
 N = total semua genotipe,
 k = jumlah populasi.

Rata-rata heterozigot harapan, H_E , yang merupakan rata-rata proporsi dari genotipe heterozigot harapan untuk masing-masing lokus untuk semua populasi, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H_E = \frac{\sum_{i=1}^k 2 p_i q_i}{k}$$

$p_i q_i$ = alel-alel komplemen
 k = banyaknya populasi

Untuk memudahkan penghitungan digunakan Program Komputer POPGENE ver. 1.32 (Yeah *et al.*, 2001).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Depresi silangdalam secara tidak langsung dapat dilihat pada tingkat heterozigositas dalam populasi. Smouse

(1986) menyatakan depresi silang dalam direpresentasikan oleh koefisien *inbreeding* atau indeks fiksasi yang merupakan ukuran turun atau naiknya heterozigositas dalam suatu populasi. Indeks fiksasi positif mengindikasikan berkurangnya genotipe heterozigot, sedangkan indeks fiksasi negatif menunjukkan peningkatan genotipe heterozigot.

Dari 19 lokus SSR yang digunakan dalam penelitian ini 15 lokus dapat menghasilkan pita-pita polimorfis dengan jumlah alel antara 3 sampai 6 atau rata-rata 4 alel per lokus.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata heterozigot aktual dari kelapa DMT-32 S2, DMT-32 S3 dan DMT-32 S4 lebih kecil dari nilai heterozigot harapan. Hal ini berarti bahwa pada setiap generasi hasil penyerbukan sendiri cenderung mengalami defisit heterozigositas, sehingga struktur genotipe akan mengarah ke peningkatan homozigositas untuk lokus-lokus yang digunakan.

Heterozigositas adalah karakteristik yang paling penting dari suatu lokus. Heterozigositas suatu lokus menentukan suatu individu bersifat heterozigot untuk lokus tertentu dalam suatu populasi. Untuk penanda molekular, suatu lokus dengan heterozigositas lebih dari 70% menunjukkan penanda tersebut memiliki polimorfisme tinggi (Ott, 1992).

Depresi silang dalam ditemukan pada populasi kelapa DMT-32 S2, DMT-32 S3 dan DMT-32 S4 menggunakan penanda mikrosatelit, masing-masing sebesar 2.78%, 10.54%, dan 15.74%. Hasil ini memperlihatkan bahwa telah terjadi depresi silang dalam yang semakin meningkat pada setiap generasi hasil penyerbukan sendiri. Nilai depresi silang dalam menggunakan 15 lokus SSR dalam penelitian ini lebih rendah jika

dibandingkan dengan yang diperoleh Akuba (2002) pada populasi kelapa DMT S3 dan DMT S4 masing-masing 94.08% dan 97.66%. Perbedaan dapat terjadi karena populasi yang digunakan Akuba merupakan populasi campuran dari beberapa nomor. DMT menyerbuk sendiri, sedangkan yang digunakan dalam penelitian ini hanya merupakan turunan dari DMT No. 32. Selain itu jenis dan jumlah lokus SSR yang digunakan juga berbeda. Nilai depresi silang dalam berdasarkan penanda SSR ini nilainya semakin besar pada populasi penyerbukan sendiri generasi berikutnya, artinya beberapa lokus yang digunakan dalam penelitian ini tingkat homozigositasnya telah meningkat.

Adanya depresi silang dalam pada tanaman yang bersifat menyerbuk terbuka seperti kelapa dapat dijelaskan melalui dua hipotesis, yaitu hipotesis overdominan dan hipotesis dominan. Hipotesis overdominan menerangkan bahwa depresi silang dalam adalah akibat dari peningkatan homozigositas pada karakter yang lebih menguntungkan dalam genotipe heterozigot. Hipotesis dominan menerangkan bahwa peningkatan homozigositas mengakibatkan peluang bertemunya alel-alel resesif yang merugikan menjadi lebih tinggi (Falconer dan Mackay, 1996). Alel-alel merugikan ini berpengaruh pada kekekan tanaman secara umum. Alel-alel resesif yang merugikan dan bukan alel overdominan adalah faktor utama penyebab depresi silang dalam (Crow dalam Ritland, 1996). Berdasarkan hipotesis dominan, terjadinya depresi silang dalam pada populasi tanaman kelapa tipe Dalam dapat mengindikasikan adanya aksi gen dominan. Filho (1997) menyatakan bahwa depresi silang dalam terjadi hanya karena efek dominan, artinya

pada karakter yang tidak ada dominansi tidak akan terdeteksi adanya depresi silangdalam.

Dalam upaya merakit kelapa yang unggul diperlukan tetua-tetua homozigot. Persilangan antar dua tetua homozigot yang berbeda akan menghasilkan zuriat yang unggul akibat pengaruh heterosis (Allard, 1960). Kelapa tipe Dalam pada umumnya menyerbuk silang sehingga zuriatnya memiliki penampilan beragam karena genotipe yang heterozigot (Menon dan Pandalai 1960; Child 1974; Fremond *et al.*, 1966; Foale, 1992). Untuk mendapatkan tetua homozigot pada kelapa Dalam dapat

diperoleh melalui teknik penyerbukan sendiri sampai beberapa generasi. Zuriat yang dihasilkan dari proses penyerbukan sendiri akan memiliki derajat homozigot yang meningkat dengan penurunan vigor sebagai akibat adanya peristiwa depresi silangdalam. Kelapa Dalam Mapanget No. 32 yang diseleksi berdasarkan jumlah buah dan jumlah tandan lalu dilakukan penyerbukan sendiri, ditemukan depresi silangdalam terekspresi pada kedua karakter tersebut. Menurunnya vigoritas terlihat pada produksi buah dan tandan yang semakin berkurang pada setiap generasi penyerbukan sendiri (Tabel 3 dan 4).

Tabel 3. Produksi buah per pohon per tahun pada setiap generasi menyerbuk sendiri kelapa DMT-32.

Table 3. Fruit production per tree per year in each generation of selfed DMT 32 of coconut.

Produksi buah per pohon per tahun Fruit production per tree per year									
S2		S3				S4			
No.	Σ buah fruit	No.	Σ buah fruit	No.	Σ buah fruit	No.	Σ buah fruit	No.	Σ buah fruit
1	156	1	120	21	98	1	0	21	36
2	105	2	60	22	108	2	24	22	0
3	117	3	134	23	96	3	27	23	0
4	165	4	84	24	55	4	48	24	55
5	104	5	105	25	66	5	48	25	0
6	135	6	118	26	96	6	12	26	0
7	156	7	135	27	61	7	0	27	8
8	136	8	98	28	114	8	0	28	10
9	119	9	56	29	64	9	0	29	0
-	-	10	112	30	65	10	20	30	0
-	-	11	98	31	70	11	0	31	0
-	-	12	120	32	104	12	0	32	0
-	-	13	105	33	90	13	35	33	36
-	-	14	128	34	84	14	44	34	12
-	-	15	63	35	97	15	14	35	0
-	-	16	66	36	105	16	0	36	105
-	-	17	112	37	78	17	60	37	16
-	-	18	122	38	48	18	33	38	18
-	-	19	55	39	62	19	40	39	-
-	-	20	55	40	69	20	18	40	-

Tabel 4. Jumlah tandan per pohon per tahun pada setiap generasi menyerbuk sendiri kelapa DMT-32.

Table 4. Bunch number per tree per year in each generation of selfed DMT- 32 coconut.

Produksi tandan per pohon per tahun Bunch production per tree per year									
S2		S3				S4			
No.	Σ tandan Bunch	No.	Σ tandan Bunch	No.	Σ tandan Bunch	No.	Σ tandan Bunch	No.	Σ tandan Bunch
1	13	1	15	21	11	1	0	21	8
2	15	2	15	22	12	2	8	22	0
3	13	3	15	23	11	3	9	23	5
4	14	4	14	24	11	4	11	24	11
5	13	5	15	25	12	5	12	25	8
6	15	6	16	26	9	6	6	26	6
7	13	7	15	27	13	7	0	27	8
8	17	8	14	28	14	8	0	28	5
9	17	9	14	29	13	9	0	29	0
-	-	10	16	30	14	10	10	30	0
-	-	11	14	31	15	11	0	31	0
-	-	12	15	32	15	12	0	32	0
-	-	13	15	33	14	13	11	33	9
-	-	14	16	34	14	14	10	34	4
-	-	15	9	35	15	15	7	35	4
-	-	16	11	36	13	16	6	36	15
-	-	17	14	37	12	17	12	37	8
-	-	18	12	38	12	18	11	38	9
-	-	19	11	39	13	19	10	39	-
-	-	20	11	40	11	20	9	40	-

Tabel 3 dan Tabel 4 memperlihatkan bahwa pada DMT-32 generasi S2, S3 dan S4 telah mengalami penurunan produksi buah dan tandan yang cukup besar. Pada Tabel 3, dapat dilihat DMT-32 S2 semua pohon masih termasuk kategori berbuah banyak dengan jumlah buah per pohon per tahun >100 butir. Pada DMT-32 S3, pohon yang berbuah >80% (kategori pohon berbuah banyak) sebanyak 60% dan 40% sisanya berbuah <70 butir. Pada DMT-32 S4, pohon yang termasuk dalam kategori berbuah banyak hanya 1 pohon atau setara dengan 2,5%, dan sisanya berbuah ≤ 60 butir/pohon/tahun bahkan 16 pohon diantaranya tidak/belum berbuah sampai umur 11 tahun.

Tabel 4 memperlihatkan bahwa pada DMT-32 S2 produksi tandan berkisar antara 13-17 per pohon per tahun atau rata-rata 14,4 tandan. Pada DMT-32 S3 produksi tandan per pohon per tahun berkisar 9-16 tandan atau rata-rata 13,3 tandan dan pada DMT-32 S4 produksi tandan berkisar 0-15 tandan atau rata-rata 6,1 tandan. Pada DMT-32 juta terlihat bahwa sebanyak 11 pohon yang tidak menghasilkan tandan sampai tanaman berumur 11 tahun.

Menurunnya produksi buah dan tandan pada generasi hasil penyerbukan sendiri sejalan dengan hasil penelitian menggunakan mikrosatelit DNA pada Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan meningkatnya homosigotas pada setiap

generasi hasil penyerbukan sendiri (DMT-32 S2 = 26%, DMT-32 S3 = 51%, dan DMT-32 S4 = 59%) dari kelapa DMT-32 yang mengakibatkan penurunan kekekanan tanaman.

Depresi silangdalam dan heterosis adalah dua fenomena bertolak belakang yang banyak dipelajari pada tanaman dan binatang. Depresi silangdalam berkaitan dengan menurunnya kekekanan turunan hasil penyerbukan sendiri pada keturunan yang bersifat menyerbuk terbuka, sebaliknya heterosis berkaitan dengan keunggulan hibrida (F1) melebihi nilai atau rata-rata kedua tetuanya (Stebbins, 1958).

Hasil penyerbukan pohon-pohon terpilih menggunakan populasi DMT-32 sampai generasi keempat, mengakibat-

kan aliran gen tidak berlangsung secara bebas. Akibatnya beberapa lokus SSR yang digunakan tidak dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg (HW) disajikan pada Tabel 5.

Dari Tabel 5 dapat dilihat ada empat lokus yang mengalami perubahan frekuensi gen yang besar sehingga lokus SSR CNZ05, CnCirA9, CnCirC7, dan CnCirE2 tidak pada kesetimbangan Hardy-Weinberg. Kejadian ini menunjukkan bahwa akibat seleksi yang dilakukan berdasarkan karakter jumlah buah per tandan dan jumlah tandan per pohon per tahun lalu diikuti dengan persilangan di antara pohon-pohon yang berkerabat dekat, telah mengakibatkan beberapa lokus tidak lagi diwariskan secara bebas dari generasi ke generasi.

Tabel 5. Jumlah alel, individu heterozigot, individu homozigot, tingkat polimorfisme dan kesetimbangan Hardy-Weinberg

Table 5. Allel number, heterozygote individu, homozygote individu, polymorphism and Hardy-Weinberg equilibrium.

Lokus Loci	Alel Allele	Individu Individual	Heterozigot Heterozygote	Homozigot Homozygote	TP Polimorphism	HW
CNZ 05	4	87	42	45	0.46	**
CNZ 09	3	87	59	28	0.57	NS
CNZ 18	6	87	61	26	0.72	NS
CNZ 21	3	87	42	45	0.65	NS
CNZ 51	3	87	47	40	0.62	NS
CnCirA3	3	87	59	28	0.59	NS
CnCirA9	4	87	46	41	0.56	**
CnCirC3'	4	87	49	38	0.64	NS
CnCirC7	3	87	35	52	0.58	**
CnCir E2	4	87	42	45	0.57	**
CnCirE10	5	87	70	17	0.66	NS
CnCirE12	5	87	62	25	0.72	NS
CnCir F2	5	87	71	16	0.72	NS
CnCirH4'	4	87	57	30	0.68	NS
CnCirH7	4	87	70	17	0.68	NS

Keterangan/Note: TP = Tingkat polimorfisme (Polymorphism level)

HW = Kesetimbangan Hardy-Weinberg (Hardy-Weinberg equilibrium)

** = Tidak pada kesetimbangan Hardy-Weinberg (Not in Hardy-Weinberg equilibrium)

NS = Pada kesetimbangan Hardy-Weinberg (In Hardy-Weinberg equilibrium)

Migrasi, mutasi dan seleksi adalah faktor-faktor penyebab terjadinya perubahan frekuensi gen dari generasi ke generasi dalam suatu populasi besar, sedangkan pada populasi kecil pemilihan sampel secara acak merupakan faktor yang lebih berperan dalam perubahan frekuensi gen dibandingkan faktor lainnya (Liu, 1998).

KESIMPULAN

Penanda molekular mikrosatelit (SSR) adalah penanda DNA yang tepat untuk menganalisis depresi silangdalam, dan melacak hubungan kekerabatan pohon-pohon kelapa DMT-32 penyerbukan sendiri. Sifat mikrosatelit yang kodominan memungkinkan membedakan individu-individu homozigot dan heterozigot suatu populasi. Persentase depresi silangdalam pada kelapa Dalam Mapanget No. 32 berdasarkan penanda mikrosatelit memiliki kecenderungan semakin meningkat pada setiap generasi. Beberapa lokus SSR yang digunakan tidak lagi berada pada keseimbangan Hardy-Weinberg artinya dengan penyerbukan sendiri yang dilakukan pada tanaman kelapa Dalam Mapanget No. 32 telah mengakibatkan beberapa lokus SSR tidak lagi diwariskan secara bebas. Kelapa Dalam Mapanget 32 generasi S4 telah dapat digunakan sebagai materi persilangan untuk mendapatkan turunan dengan tingkat heterosis tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Allard RW. 1960. Principle of plant breeding. John Wiley & Sons. Inc. New York. p.485.
- Akuba RH. 2002. Breeding and population genetics studies on coconut (*Cocos nucifera* L) composite variety using morphological and microsatellite markers. Disertasi Doktor. University of Philippines Los Banos.
- Child R. 1974. Coconuts, 2nd edition, Longmans, Green & Co. London. p.355.
- [Cirad] Centre for International Cooperation in Agricultural Research for Development. 2002. A Laboratory Manual. Coconut Microsatellite Kit. Training session, april 15-24, Cirad, Montpellier, France.
- Creste S, Tullman - Neto A, Figuera A. 2001. Detection of single sequence repeat polymorphism in denaturing polyacrylamide sequencing gels by silver staining. *Plant Mol Bio Rep* 19:299-306.
- Falconer DS, Mackay TFC. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Group Ltd. p.464.
- Filho MJB. 1997. Inbreeding and heterosis. The genetics and exploitation of heterosis in crops. An International Symposium. Book of Abstracts. 17-22 August 1997. Mexico City. Mexico.
- Foale. 1992. Coconut genetic diversity. Present knowledge and future research needs. In Papers of the IBPGR workshop on Coconut Genetic Resources. 8-10 Oktober 1991, Cipanas, Indonesia. IBPGR Rome. p.46-55.
- Fremont Y, Ziller R, de Nuce de Lamothe M. 1966. The coconut palm. International Potash Inst. Switzerland. p.227.
- Hartl DL. 1988. A Primer of Population Genetics. Second Edition. Washington University. School of Medicine. p.49.
- Liu BH. 1998. Statistical genomics, linkage mapping and QTL

- analysis. CRC Press. New York. P.45-83.
- Menon KPV, Pandalai KM. 1960. The coconut palm a monograph. Indian Central Coconut Committee, Ernakulam-S. India. p.385.
- Novarianto H. 1996. Varietas kelapa yang diinginkan petani, konservasi serta strategi pemulia-an kelapa. Laporan Bulanan Puslitbangtri. Bogor.
- Ott J. 1992. Strategies for characterizing highly polymorphic markers in human gene mapping. *Amer J Hum Genet* 51:283-290.
- Ritland K. 1996. Inferring the genetics basis of inbreeding depression in plants. *Genome* 39:1-8.
- Rivera R, Edwards KJ, Barker JHA, Arnold GM, Ayad G, Hodgkin T, Karp A. 1999. Isolation and characterization of polymorphic micro-satellites in *Cocos nucifera* L. *Genom* 42:668-675.
- Rohde W, Kullaya A, Rodriguez J, Ritter E. 1995. Genome analysis of *Cocos nucifera* L by PCR amplification of spacer sequences separating a subset of copia-like EcoR1 repetitive elements. *J. Genet. And Breed.* 49:170-186.
- Rompas T, Novarianto H, Tampake H. 1989. Pengujian nomor-nomor terpilih Kelapa Dalam Mapanget di Kebun Percobaan Kima Atas. *Jurnal Penelitian Kelapa* 4(2):32-34
- Santos GA. 1996. Manual on standardized Research Techniques in Coconut Breeding. COGENT, IPGRI.
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1989. Molecular cloning. A Laboratory Manual. Cold Spring Harbor Laboratory, CSH, New York.
- Smouse P. 1986. The fitness consequences of multiple-locus heterozygosity under the multiplicative overdominance and inbreeding depression models. *Evolution* 40(5): 946-957.
- Stebbins GL. 1958. The inviability weakness and sterility of interspecific hybrids. *Advance Genetic* 9:147-771.
- Tampake H. 1987. Keragaman genetik dan fenotip pada tanaman kelapa Dalam Kima Atas. *Jurnal Penelitian Kelapa* 2(1) : 10 - 13.
- Williams RR. 1970. Factors affecting pollination in fruit trees, Physiology of tree crops, Academic Press London-New York, 193-207.
- Yeah FC, Yang RC, Boyle T. 2001. POPGENE ver. 1.32. <http://www.ualberta.ca/~fyeah/index.htm>.

Pertumbuhan Embrio Kelapa Dalam Mapanget pada Media Y3 yang Disubstitusi dengan Air Kelapa

NURHAINI MASHUD

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001

Diterima 5 Juni 2009 / Direvisi 19 Agustus 2009 / Disetujui 9 November 2009

ABSTRAK

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan, Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado, Sulawesi Utara, pada bulan April hingga Mei 2009. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan air kelapa dalam media Y3 terhadap pertumbuhan embrio kelapa Dalam Mapanget (DMT). Penelitian dilakukan dalam bentuk percobaan tunggal, menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah (1). Media Y3 standar (100% bahan kimia + 100% aquades), (2). Media Y3 (100% bahan kimia + 90% aquades + 10% air kelapa) dan (3). Media Y3 (90% bahan kimia + 90% aquades + 10% air kelapa). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan air kelapa sebanyak 10%/liter media sebagai bahan substitusi pelarut (aquades) dan bahan substitusi media tumbuh, embrio berkecambah lebih awal (19,33 hari - 19,67 hari setelah kultur awal) dibanding dengan media Y3 tanpa air kelapa (23,00 hari). Daya kecambah embrio kelapa DMT pada media tanpa air kelapa dan media yang diberi air kelapa sesuai perlakuan yang dicoba, berturut-turut adalah 75,00%, 73,67% dan 74,00%. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa air kelapa dapat digunakan sebagai substitusi media Y3 untuk pertumbuhan *in vitro* kelapa Dalam Mapanget.

Kata kunci : Pertumbuhan, in vitro, embrio DMT, media, air kelapa.

ABSTRACT

In vitro Growth of Mapanget Tall Coconut Embryos on Y3 Media Substituted by Coconut Water

The research was conducted from April to March 2009 at Tissue Culture Laboratory of Indonesian Coconut and Other Palmae Research Institute, Manado, North Sulawesi. The aim of the research is to know the effect of usage of coconut water on the growth of Mapanget Tall coconut embryos. The research was done in single factor experiment by using Completely Randomized Design with three treatments and five replicates. The treatments consist of (1). Y3 standard media (100% chemicals + 100% aquadest), (2). Y3 standard media (100% chemicals + 90% aquadest + 10% coconut water) and Y3 standard media (90% chemicals + 90% aquadest + 10% coconut water). The result showed that usage of 10% of coconut water/liter media whether as solvent substitution or media substitution, the embryos germinated earlier (19,33 days - 19,67 days after initial culture) than those in media without coconut water. The germination of the embryos in the three media compositions (treatment 1 to 3) is 75,00%, 73,67% and 74,00%, respectively. This result indicated that coconut water can be used as substitution material of Y3 medium for *in vitro* growth of Mapanget Tall coconut embryos.

Keywords: Growth, in vitro, MTT embryos, media, coconut water.

PENDAHULUAN

Kultur embrio adalah teknik menumbuhkan embrio tanaman termasuk embrio kelapa secara aseptik pada media tumbuh buatan selama jangka waktu tertentu. Media tumbuh ini menggantikan fungsi endosperm dalam proses perkecambahan kelapa. Media tumbuh *in vitro* yang dikenal bermacam-macam formulanya, antara lain, media MS, B5, White dan Eeuwens. Penyusun media tumbuh ini adalah bahan kimia, yang terdiri atas unsur makro, unsur mikro, EDTA, vitamin, zat pengatur tumbuh, vitamin, arang aktif dan agar. Media tumbuh *in vitro* yang sesuai untuk pertumbuhan embrio kelapa adalah media Eeuwens (1976) yang dimodifikasi dan merupakan formulasi ketiga yang dikenal dengan media Y3.

Media Y3 ini telah berhasil diaplikasikan untuk perbanyakan kelapa *makapuno* di Filipina (sejenis kelapa kopyor di Indonesia). Tanaman kelapa *makapuno* hasil kultur embrio ini menghasilkan 92%-93 % buah *makapuno* (Rillo, 1998). Namun bibit kelapa *makapuno* yang diperbanyak dengan kultur embrio harganya mahal dan tidak terjangkau petani. Hal ini disebabkan media tumbuh yang digunakan menggunakan bahan kimia murni yang harganya mahal. Oleh karena itu, perlu dicari formula media tumbuh *in vitro* yang harganya lebih murah sehingga harga bibit yang dihasilkan dapat terjangkau oleh petani. Selain gula biasa (bukan sukrosa) dan agar biasa sebagai bahan pematat, air kelapa dapat digunakan sebagai bahan substitusi dalam media Y3.

Air kelapa mengandung gula, gula alkohol, asam amino, asam organik,

vitamin, fitohormon dan elemen-elemen anorganik seperti kalium, natrium, kalsium, magnesium, besi tembaga, fosfor, sulfat dan khlor. Kandungan gula tertinggi dalam air kelapa adalah sukrosa (> 50%) sedangkan sisanya adalah fruktosa dan glukosa. Gula alkohol, antara lain manitol, sorbitol, myo inositol dan *skilloksinositol*. Vitamin yang terkandung dalam air kelapa antara lain asam nikotinat, thiamin, Ca-panthotenat, riboflavin, piridoxin, dan biotin. Komposisi asam amino terbesar adalah glutamat, arginin dan lisin. Asam organik yang terkandung dalam air kelapa, antara lain adalah shikimat, pirrolidon, karboksilat, suksinat, malat, dan sitrat. Fitohormon, antara lain auksin, gibberellin, 1,3-difenil urea, dan zeatin. (Tulecke *et al.*, 1961; Hagenmaier, 1980, Thampan, 1981; George dan Sherrington, 1984). Komponen-komponen tersebut ternyata juga merupakan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam media kultur jaringan tanaman. Dalam kultur jaringan, air kelapa dimanfaatkan sebagai bahan organik pelengkap untuk beberapa jenis tanaman, seperti tanaman hias, buah-buahan dan lain-lain. Umumnya, penambahan air kelapa ke dalam media tumbuh *in vitro*, berkisar antara 5% hingga 20%.

Fungsi komponen-komponen yang terkandung dalam air kelapa, yaitu (1). Asam amino yang memiliki komposisi terbesar dalam air kelapa tua segar adalah glutamat, arginin dan lisin, yaitu menyusun kurang lebih 55% dari total nitrogen protein. Asam amino bersama amidanya mempengaruhi pertumbuhan dan morfogenesis kultur jaringan Thom *et al.*, 1981 dalam Thorpe George dan Sherrington, 1984). Asam amino merupakan salah satu komponen penyusun basa purin dan pirimidin yang merupakan komponen utama asam nukleat. (2). Asam organik meningkatkan per-

tumbuhan sel dalam media yang hanya mengandung amonium sebagai sumber N. Asam shikimat yang terkandung dalam air kelapa merupakan penyusun triptophan, sedangkan triptophan merupakan penyusun IAA. *Indole Asetic Acid* (IAA) merupakan salah satu fitohormon yang termasuk dalam golongan auksin dan sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan kultur terutama untuk membentuk akar. (3). Gula, merupakan sumber energi untuk pertumbuhan kultur jaringan tanaman. Salah satu proses yang membutuhkan energi adalah penyerapan unsur hara. Gula berpengaruh terhadap pertumbuhan kultur melalui pengaruhnya terhadap tekanan osmotik media. (4). Gula alkohol berpengaruh terhadap potensial osmotik media dan merupakan sumber energi. (5). Vitamin berfungsi pada reaksi enzimatik karena beberapa vitamin merupakan bagian dari koenzim dan grup prostetik dari enzim (Salisbury dan Ross, 1985). (6). Fitohormon, salah satu fitohormon yang terdapat dalam air kelapa adalah auksin (*Auxin-like*) (Dix dan van Standen, 1982). Dalam kultur jaringan pengaruh auksin, antara lain adalah untuk induksi kalus (Baresova *et al.*, 1985), pembentukan akar (Evans *et al.*, 1981; George dan Sherrington, 1984), pembentukan klorofil dan embriogenesis (Evans *et al.*, 1981; George dan Sherrington, 1984).

Dalam penelitian ini bahan tanaman yang digunakan adalah embrio kelapa Dalam Mapanget (DMT). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan air kelapa dalam media Y3 terhadap pertumbuhan embrio kelapa Dalam Mapanget (DMT).

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan bulan Februari 2009 hingga bulan April 2009 di Labora-

torium Kultur Jaringan, Balai Penelitian Tanaman Kelapa, Manado, Sulawesi Utara. Penelitian dilakukan dalam bentuk percobaan tunggal, menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah (1). Media Y3 standar (100% bahan kimia + 100% aquades), (2). Media Y3 (100% bahan kimia + 90% aquades + 10% air kelapa) dan (3). Media Y3 (90% bahan kimia + 90% aquades + 10% air kelapa). Bahan tanaman yang digunakan adalah embrio kelapa Dalam Mapanget (DMT) (Gambar 1). Setiap perlakuan menggunakan 5 embrio, sehingga jumlah keseluruhan bahan tanaman yang digunakan sebanyak 75 embrio.

Peubah-peubah yang diamati adalah daya kecambah, kecepatan kecambah, kontaminasi dan *browning*.



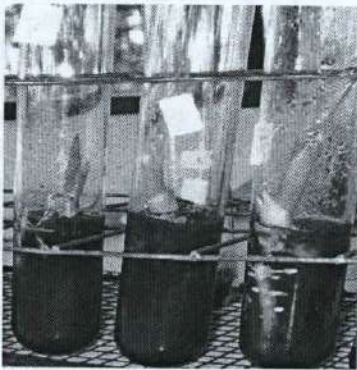
Gambar 1. Embrio kelapa Dalam Mapanget.
Figure 1. embryos of Mapanget Tall coconut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Daya Kecambah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan air kelapa dalam media Y3 tidak memberikan pengaruh yang buruk terhadap perkecambahan

embrio kelapa Dalam Mapanget, baik air kelapa tersebut diberikan sebagai substitusi bahan pelarut (aquades) maupun sebagai substitusi bahan kimia penyusun media (Gambar 2). Pengaruh pemberian air kelapa terhadap perkecambahan embrio disajikan dalam Tabel 1.



Gambar 2. Kecambah *in vitro* kelapa Dalam Mapanget.

Figure 2. *In vitro* germinated embryos of Mapanget Tall coconut (MTT).

Dari Tabel 1 terlihat bahwa daya kecambah embrio pada media Y3 tanpa substitusi air kelapa (Y3 standar) (75%) tidak berbeda nyata dengan daya kecambah media Y3 yang disubstitusi dengan air kelapa (73,67-74,00%). Pengaruh positif air kelapa terhadap pertumbuhan jaringan tanaman secara *in vitro* juga diperoleh Mandang (1993) dalam penelitiannya tentang peranan air kelapa dalam kultur jaringan tanaman Krisan (*Chrysanthemum morifolium*, RAMAT). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan air kelapa sebanyak 45%/liter media dapat menghemat penggunaan sukrosa sebanyak 10 g/liter media. Hasil penelitian Sukendah dan Rachmat (2003) menunjukkan bahwa dari berbagai bahan aditif yang diuji, hanya air kelapa yang dapat meningkatkan persentase perkecambahan embrio kelapa kopyor. Selanjutnya, hasil penelitian Sukendah (2009) menunjukkan bahwa daya kecambah kelapa kopyor pada media yang mengandung

Tabel 1. Perkecambahan embrio kelapa Dalam Mapanget pada media tumbuh Y3 yang disubstitusi dengan air kelapa.

Table 1. Germination of Mapanget Tall coconut embryos on Y3 medium which substituted by coconut water.

Perlakuan Treatment	Daya kecambah Germination (%)	Kecepatan kecambah (hari) Germination rate (day)	Kontaminasi Contamination (%)	Pencoklatan Browning (%)
Media Y3 standar (100% bahan kimia + 100% aquades)	75,00 a	23,00 a	8,33 a	5,00 a
Media Y3 (100% bahan kimia + 90% aquades + 10% air kelapa)	73,67 a	19,33 b	7,67 a	6,67 b
Media Y3 (90% bahan kimia + 90% aquades + 10% air kelapa)	74,00 a	19,67 b	7,00 a	6,67 b

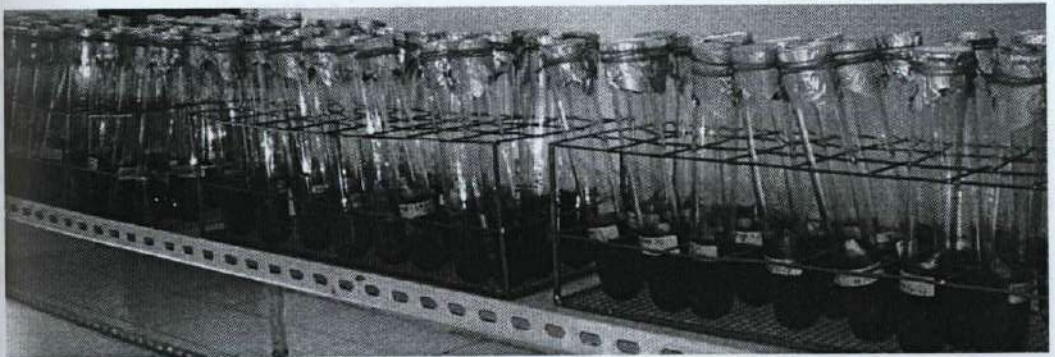
Keterangan: Angka dalam kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang tidak sama, berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

Note : Number in the same column followed by the different letters are significantly different at LSD 0,05.

air kelapa 150 ml/liter media, lebih tinggi dari atau thio urea 50 mg dan 100 mg/liter media atau media yang tidak mengandung bahan aditif media yang mengandung santan 150 ml/liter media atau thio urea 50 mg dan 100 mg/liter media atau media yang tidak mengandung bahan aditif. Hal ini disebabkan air kelapa mengandung nutrisi yang dibutuhkan embrio untuk berkecambah, yaitu gula, gula alkohol, asam amino, asam organik, vitamin, fitohrom, dan unsur-unsur kimia, seperti K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, P, S dan Cl. Gula dan gula alkohol merupakan sumber energi untuk pertumbuhan kultur jaringan tanaman. Salah satu proses yang membutuhkan energi adalah penyerapan unsur hara dari dalam media. Asam amino merupakan sumber N-organik yang siap diasimilasi dan dapat mendorong pertumbuhan sel dalam kultur apabila nitrat dan amonium kurang tersedia. Asam organik berfungsi meningkatkan pertumbuhan sel dalam media yang hanya mengandung amonium sebagai sumber N. Vitamin berfungsi pada reaksi enzimatik.

Kecepatan kecambah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa embrio yang dikulturkan dalam media Y3 yang disubstitusi dengan air kelapa lebih cepat berkecambah (19,33 - 19,67 hari) dari pada embrio yang dikulturkan dalam media Y3 standar (23 hari). Air kelapa merupakan endosperm cair yang berfungsi sebagai sumber nutrisi selain endosperm padat (Sukendah, 2009). Oleh karena itu, substitusi air kelapa sebanyak 10% baik sebagai pelarut maupun pengganti media merangsang pertumbuhan embrio pada media awal sehingga mempercepat perkecambahannya (Gambar 3). Hasil penelitian Sukendah (2009) menunjukkan bahwa embrio yang dikulturkan dalam media yang diberi air kelapa 150 ml/liter media lebih cepat berkecambah, yaitu 29 hari setelah kultur awal dari embrio yang dikulturkan pada media tanpa bahan aditif.



Gambar 3. Pertumbuhan kecambah kelapa DMT dari kiri ke kanan: media Y3 tanpa air kelapa, media Y3 dengan air kelapa 10% sebagai pelarut dan substitusi media.

Figure 3. Growth of germinated embryos of MTT coconut (from the left : Y3 media without coconut water, Y3 media with 10% coconut water as solvent and Y3 media with 10% coconut water as solvent and media substitution).

Kontaminasi dan Browning

Kontaminasi yang terjadi pada embrio maupun kecambah tidak dipengaruhi oleh komposisi media yang diuji. Kontaminasi lebih dipengaruhi oleh kebersihan peralatan yang digunakan dan sanitasi lingkungan kerja.

Browning atau pencoklatan jaringan embrio dipengaruhi oleh komposisi media yang diuji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada media yang diberi air kelapa baik sebagai substitusi bahan pelarut maupun sebagai substitusi bahan kimia penyusun media, persentase embrio dan kecambah yang mengalami *browning* lebih tinggi dari media tanpa air kelapa. Hal ini disebabkan penambahan air kelapa ke dalam media akan meningkatkan kandungan karbohidrat sehingga kemungkinan konsentrasi senyawa fenolik meningkat dan mengakibatkan embrio maupun kecambah mengalami *browning*. *Browning* terjadi karena jaringan tanaman dalam hal ini embrio kelapa mengeluarkan senyawa fenolik ke dalam media. Menurut Laukkanen *et al.* (1999) senyawa fenolik ini dapat menghambat aktifitas enzim sehingga mengakibatkan pencoklatan media dan eksplan. Eksplan yang mengalami *browning* tidak dapat tumbuh lagi (mati).

KESIMPULAN

1. Penggunaan air kelapa sebanyak 10% dalam media Y3 sebagai substitusi bahan pelarut maupun sebagai substitusi bahan kimia penyusun media mempercepat perkecambahan embrio kelapa Dalam Mapanget dengan daya kecambah

tidak berbeda dengan media Y3 tanpa air kelapa.

2. Kecepatan kecambah embrio kelapa yang dikulturkan pada media yang diberi air kelapa 10% adalah 19,33 hari-19,67 hari, dengan daya kecambah 73,67%-74%, sedangkan kecepatan kecambah embrio kelapa pada media tanpa air kelapa adalah 23 hari dengan daya kecambah 75%.
3. Penggunaan air kelapa dalam media Y3 dapat mengurangi penggunaan bahan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Baresova H, Herben T, M. Kaminek and Krekule J. 1985. Hormonal Control of Morphogenesis in Leaf Segments of *Centraurium erythaea*. *Biologia Plantarum* (Praha) 27(4-5):286-291.
- Dix L, Standen van J. 1982. Auxin and Gibberellin like. Substance in coconut milk and malt extract. *Plant Cell Tissue Organ Culture*. 1:239-245.
- Eeuwens CJ. 1976. Mineral requirements of cultural coconut tissue. *Physiol. Plant*. 36:23-28.
- Evans DA, Sharp WR, Flick CE. 1981. Growth and behavior of cell culture: Embriogenesis. In Thorpe, T. A (ed). *Plant Tissue Culture Methods and Applications in Agriculture*. Academic Press. Pp 45-133.
- George EF, Sherrington PD. 1984. Plant propagation by tissue culture. *Handbook and Directory of Commercial Laboratories Exegetics Limited*. 790p.
- Hagenmaier RD. 1980. Coconut aqueous processing. San Carlos Publications. Cebu City. Philippines.

- Laukkanen H, Haggman H, Kontunen-Soppela S, Hohtola S. 1999. Tissue browning of *in vitro* culture of scots pine; Role of peoxidase and polyphenol oxidase. *Physiol. Plant.* 106:337-343.
- Mandang PJ. 1993. Peranan Air Kelapa dalam Kultur Jaringan Tanaman Krisan (*Chrysanthemum morifolium*, RAMAT). Disertasi S3. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Rillo EP. 1997. PCA's embryo culture technique in the mass production of Makapuno coconuts. Proceeding in Symposium of the First Workshop on Embryo Culture. Held in Albay, 27-31 October 1997:69-78. International Plant Genetic Resources Institute. Serdang.
- Salisbury FB, Rose CW. 1985. Plant physiology. Wadworth Publishing Company. Belmont. California. 540 p.
- Sukendah. 2009. Teknologi pembiakan kultur *in vitro* dan analisis molekuler pada tanaman kelapa kopyor. Disertasi S3. Institut Pertanian Bogor.
- Sukendah, Rahmat A. 2003. Pengujian bahan aditif pada media kultur embrio kelapa kopyor (*Cocos nucifera*, L). *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Pertanian* (3):1-5.
- Thampan PK. 1982. Handbook on coconut palm. Oxford and IBH Publishing Co. ew Delhi, Bombay, Calcuta. 311 p.
- Tulecke W, Weinstein LH, Rutner A, Laurencot Jr HJ. 1961. The biochemical composition of coconut water (coconut milk) as related to its use plant tissue culture. *Contr. Boyce Thomson Inst.* 21: 115-128.

Pengaruh Lama Pendiaman Santan, Cara Penyaringan dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu *Virgin Coconut Oil* (VCO)

RINDENGAN BARLINA

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001

Diterima 15 Juni 2009 / Direvisi 3 September 2009 / Disetujui 16 November 2009

ABSTRAK

Virgin Coconut Oil (VCO), merupakan produk yang pengolahannya tanpa penambahan bahan makanan tambahan sehingga dikategorikan sebagai produk alami. Sejak tahun 2003 produk ini dikenal konsumen karena sangat bermanfaat untuk kesehatan, karena itu harganya cukup mahal sehingga bermunculan berbagai cara pengolahan. Oleh karena itu pada tahun 2004, telah dilakukan penelitian untuk mencari cara pengolahan yang praktis untuk tingkat petani, antara lain pengujian lama pendiaman santan (3 jam dan 12 jam), cara penyaringan VCO (menggunakan kertas saring 42 mess, kain saring dan hanya didiamkan 3 hari), selanjutnya VCO diamati selama penyimpanan 0 bulan, 2 bulan, 4 bulan dan 6 bulan. Pengamatan dilakukan terhadap kadar air, asam lemak bebas dan bilangan peroksida. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa kadar air dipengaruhi oleh lama penyimpanan dan interaksi lama pendiaman santan, cara penyaringan dan lama penyimpanan VCO. Asam lemak bebas tidak dipengaruhi oleh semua perlakuan, sedangkan bilangan peroksida dipengaruhi lama penyimpanan. Kadar air VCO dari 0-6 bulan penyimpanan berkisar 0.07-0.13%, asam lemak bebas berkisar 0.17-0.23% dan bilangan peroksida berkisar 0.19-3.02 meq/kg minyak. Kisaran kadar air, asam lemak bebas maupun bilangan peroksida, masih memenuhi standar yang ditetapkan *Asian Pasific Coconut Community* (APCC), yaitu kadar air berkisar 0.1-0.5%, asam lemak bebas maksimum 0.5% dan bilangan peroksida maksimum 3 meq/kg. Berdasarkan hasil penelitian ini, maka pengolahan VCO dengan menerapkan cara pengolahan yang dilakukan, tetap menghasilkan VCO yang memenuhi standar yang ditetapkan APCC.

Kata kunci: Santan, pendiaman, penyaringan, penyimpanan, mutu VCO.

ABSTRACT

Influence of Fermentation, Filtering and Storage Time on Quality of Virgin Coconut Oil (VCO)

Virgin Coconut Oil (VCO), is a product of the processing without the addition of food additive, that is categorized as natural products. Since 2003, the product is known of consumer because it is very beneficial for health, so its expensive, so many emerging ways of processing. Therefore, in 2004, has conducted research to find practical ways for the farmers, including fermentation of coconut milk (3 hours and 12 hours), filtering (using filter paper 42 mess, straining cloth and only muted 3 days), then VCO observed at 0-month storage, 2 months, 4 months and 6 months. Observations carried out on the water content, free fatty acid and peroxide numbers. The results showed that water levels are influenced by long storage and interaction of fermentation coconut

milk, filtering and storage. Free fatty acids is not affected by any treatment, while the peroxide value affected by long storage. VCO water content of 0-6 months of storage ranged 0.07-0.13%, free fatty acids ranging from 0.17-0.23% and the peroxide value ranges from 0.19-3.02 meq/kg oil. The range of water content, free fatty acid and peroxide value, still meet the standards of Asian Pasific Coconut Community (APCC), the water content ranges from 0.1-0.5%, maximum free fatty acids 0.5% and a maximum peroxide number 3 meq /kg. Based on the results of this study, the VCO processing by applying the processing is done, continue to produce VCO that meet the standards set APCC.

Keywords: Coconut milk, fermentation, filtering, storage, quality of VCO.

PENDAHULUAN

Virgin Coconut Oil (VCO) pada beberapa tahun lalu merupakan produk yang sangat diminati oleh berbagai lapisan konsumen, karena memiliki banyak khasiat untuk mengatasi berbagai penyakit (Bruce Fife, 2004; Price, 2004; Darmoyuwono, 2006), sehingga harga VCO dapat mencapai lebih dari 500% (Rindengan dan Novariant, 2004), dibanding minyak goreng kelapa. Produk ini diolah tanpa ada penambahan bahan kimia, sehingga dikategorikan sebagai produk alami. Didorong oleh harganya yang cukup mahal, maka banyak bermunculan metode pengolahan yang praktis dan efisien, sehingga hampir di seluruh provinsi ditemukan industri rumah tangga yang mengolah VCO. Food Drug Administration (FDA), juga telah memasukkan minyak kelapa/VCO dalam daftar makanan yang sangat dianggap aman. Hanya makanan yang telah melewati pengujian yang ketat dan mempunyai sejarah penggunaan yang aman bisa dikualifikasikan dalam daftar makanan yang aman (Price, 2004).

Sejak Tahun 1988, Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain (BALITKA) mulai melakukan pengolahan minyak kelapa yang saat itu disebut Minyak Kelapa Murni dan menghasilkan teknologi pengolahan minyak kelapa dengan istilah Pemanasan Ber-

tahap. Proses pengolahannya hanya memperbaiki cara yang sudah lazim dilakukan petani. Minyak yang dihasilkan memiliki kadar air dan asam lemak bebas yang sangat rendah, bening dan berbau harum.

Dalam perkembangan selanjutnya, berbagai cara pengolahan bermunculan, sehingga mulai nampak persaingan antar pengolah VCO karena masing-masing mempertahankan bahwa produk yang dihasilkannya adalah yang bermutu prima/super. Pengolahan VCO yang menggunakan minyak pancing juga telah berkembang sejak tahun 2003, namun kendalanya petani harus menyediakan minyak pancing, yang seringkali untuk tahap awal sulit diperoleh. Selain itu pada proses penyaringan harus menggunakan batu zeolit, supaya sebagian kadar air dan juga bau dapat terserap batu zeolit. Selanjutnya dengan menggunakan minyak pancing, krim yang diperoleh setelah pendiaman santan 3 jam, dicampur dengan minyak pancing dan didiamkan/difermentasi. Setelah 8 - 10 jam proses fermentasi, minyak yang sudah terpisah harus disaring menggunakan batu zeolit dan pada bagian bawah wadah untuk menyaring masih dilapisi dengan kertas saring. Penggunaan batu zeolit, selain untuk menyaring juga menyerap sebagian kadar air dan bau yang timbul akibat proses fermentasi. Sedangkan pengolahan secara ber-

tahap santan dibiarkan 3 jam, kemudian krim yang sudah terpisah dipanaskan pada suhu yang terkontrol (90-110°C) lalu disaring menggunakan kertas saring.

Jika petani mengolah VCO menggunakan minyak pancing, kendala awal adalah penyediaan minyak pancing dan harga batu zeolit yang cukup mahal dan sulit diperoleh, sehingga batu zeolit digunakan berkali-kali menyebabkan bau VCO tidak khas kelapa, karena batu zeolit tidak dibersihkan secara baik. Sedangkan pada pengolahan secara bertahap, proses penyaringan yang menggunakan kertas saring, juga sering menjadi kendala, antara lain memerlukan waktu yang cukup lama. Berdasarkan masalah-masalah yang sering ditemukan dalam pengolahan VCO yang sudah berkembang di tingkat petani, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh lama pendiaman santan, cara penyaringan VCO dan lama penyimpanan terhadap mutu VCO, sehingga diharapkan dari hasil penelitian ini dapat diterapkan cara yang lebih praktis, namun mutu tetap memenuhi standar.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain (Balitka) Manado pada Tahun 2004. Bahan yang digunakan adalah buah Kelapa Dalam Mapanget, berumur 11 bulan sampai 12 bulan, kain saring, kertas saring, NaOH, hexana, asam asetat, alkohol, dan lain-lain. Alat yang digunakan adalah mesin pamarut kelapa, wajan, kompor, ember transparan, beker gelas, timbangan, dan lain-lain. Pengolahan VCO mengikuti prosedur pengolahan dengan pemanasan

bertahap (Lay dan Rindengan, 1988), dengan beberapa modifikasi sesuai perlakuan yang dilaksanakan (pendiaman santan 3 jam dan 12 jam serta penyaringan menggunakan kertas saring 42 mess, menggunakan kain saring dan didiamkan selama 3 hari dalam keadaan tertutup rapat). VCO yang diperoleh dikemas dalam botol kaca berwarna kecoklatan, kemudian disimpan dalam lemari kaca bening pada ruangan terbuka. Penelitian disusun secara faktorial dalam rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan terdiri dari 3 faktor yaitu faktor A : Lama pendiaman santan, terdiri dari : A1) 3 jam dan A2) 12 jam. Faktor B, yaitu cara penyaringan, terdiri dari : B1) menggunakan kertas saring 42 mess, B2) menggunakan kain saring, B3) pendiaman selama tiga hari. Faktor C : Lama penyimpanan, terdiri dari C1) 0 bulan, C2) 2 bulan, C3) 4 bulan dan C4) 6 bulan. Ulangan sebanyak 2 kali, sehingga terdapat 48 satuan percobaan dan setiap satuan percobaan terdiri atas dua kemasan, masing-masing dikemas pada kemasan berkapasitas 250 ml. Peubah yang diamati adalah : kadar air, asam lemak bebas, dan bilangan peroksida (Fardiaz *et al.*, 1986). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan program SPSS, apabila terdapat perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kadar air

Analisis statistik, menunjukkan bahwa lama penyimpanan berpengaruh terhadap kadar air, juga kombinasi lama pendiaman santan, cara penyaringan dan lama penyimpanan VCO berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air VCO.

Pada Tabel 1 dapat dilihat pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar air VCO, sedangkan pada Tabel 2 dapat dilihat pengaruh kombinasi lama pendiaman santan, cara penyaringan VCO dan lama penyimpanan terhadap kadar air.

air dari 0-2 bulan penyimpanan mencapai 28% (setara dengan nilai kadar air VCO 0.0308%), dari 2-4 bulan penyimpanan mencapai 13% (setara dengan nilai kadar air VCO 0.0159%) dan dari 4-6 bulan penyimpanan mencapai 9% (setara dengan nilai kadar air VCO 0.0125%).

Tabel 1. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar air Virgin Coconut Oil (VCO).

Table 1. Influence of storage time to water content of Virgin Coconut Oil (VCO).

Lama penyimpanan (bulan) Storage (month)	Kadar air (%) Water content (%)
0	0.0792 a
2	0.110 b
4	0.1258 c
6	0.1383 d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 0.5%.

Note: Number followed by the same letter are not significant at 0.5%.

Tabel 2. Pengaruh interaksi lama pendiaman santan, cara penyaringan dan lama penyimpanan terhadap kadar air Virgin Coconut Oil (VCO).

Table 2. Influence interactions of fermentation coconut milk, filtering and long storage to water content of Virgin Coconut Oil (VCO).

Lama Pendiaman Santan (Jam) Fermentation of coconut milk (hour)	Cara Penyaringan Filtering	Lama Penyimpanan (bulan) Long storage(month)			
		0	2	4	6
3	Kertas (paper)	0.07 a	0.10 cde	0.13 fghi	0.13 fghi
	Kain (cloth)	0.10 bcd	0.12 defg	0.125 efg	0.13 fghi
	Diam (quiet)	0.08 ab	0.12 defg	0.14 hi	0.14 hi
12	Kertas (paper)	0.08 ab	0.11 def	0.11 def	0.13 ghi
	Kain (cloth)	0.07 a	0.10 bcd	0.12 defg	0.13 ghi
	Diam (quiet)	0.07 a	0.10 bcd	0.12 defg	0.15 i

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 0.5%.

Note: Number followed by the same letter are not significant at the 0.5%.

Berdasarkan Tabel 1, semakin lama penyimpanan kadar air VCO cenderung meningkat. Dari data pada Tabel 1, menunjukkan bahwa persentase kadar

Bawalan (2004), melaporkan bahwa VCO yang diproses secara tradisional (fermentasi selama 6-12 jam), menghasilkan kadar air 0.07-0.14% (sebelum pe-

nyimpanan). Dikaitkan dengan data hasil penelitian, ternyata kadar air yang mencapai 0.1383% nanti dicapai setelah 6 bulan penyimpanan. *Asian Pacific Coconut Community* (APCC), menetapkan standar mutu untuk kadar air berkisar 0.1-0.5% (Anonim, 2005), Filipina juga menetapkan maksimum 0.2% (Rethinam, 2006), sedangkan Rancangan Akhir Standar Nasional Indonesia (RASNI) ditetapkan maksimum 0.2%. Berdasarkan hasil pengamatan, ternyata kadar air VCO, sampai 6 bulan penyimpanan masih masuk pada semua standar yang ditetapkan. Hasil penelitian Attanatho *et al.* (2004), menunjukkan bahwa pengolahan VCO menggunakan proses dingin menghasilkan kadar air berkisar 0.07-0.19% (tanpa penyimpanan). Dibandingkan dengan hasil penelitian, ternyata kadar air yang diperoleh masih lebih rendah (Tabel 1 dan Tabel 2) sampai enam bulan hanya 0.13-0.15%).

Selanjutnya pada Tabel 2, menunjukkan bahwa pendiaman santan 3 jam maupun 12 jam dengan penyaringan VCO menggunakan kertas saring, kain saring maupun hanya didiamkan selama 3 hari dalam konsisi tertutup rapat,

sampai 6 bulan penyimpanan terjadi peningkatan kadar air. Namun secara keseluruhan kadar air dari semua kombinasi perlakuan, masih memenuhi standar yang ditetapkan.

2. Kadar asam lemak bebas (ALB)

Lama pendiaman santan, cara penyaringan VCO dan lama penyimpanan VCO serta interaksi ketiganya tidak berpengaruh nyata terhadap asam lemak bebas VCO. Asam lemak bebas VCO berkisar antara 0.17-0.23% (Tabel 3). Pembentukan asam lemak bebas merupakan akibat dari pada adanya kandungan air, dimana terjadi proses hidrolisis (Ketaren, 1986). Jadi apabila kadar air rendah, maka proses hidrolisis yang dapat membentuk asam lemak bebas dapat ditekan. Standar kadar asam lemak bebas yang ditetapkan APCC maksimum 0.5%. Berdasarkan hasil pengamatan, maka kadar asam lemak bebas VCO dari semua perlakuan yang dilaksanakan, sampai 6 bulan penyimpanan masih memenuhi standar APCC.

Tabel 3. Pengaruh lama pendiaman santan, cara penyaringan dan lama penyimpanan terhadap kadar asam lemak bebas *Virgin Coconut Oil* (VCO).

Table 3. Influence of fermentation period of coconut milk, filtering method and storage period to free fatty acid content of *Virgin Coconut Oil* (VCO).

Lama Pendiaman Santan (Jam) <i>Fermentation period of coconut milk (hour)</i>	Cara Penyaringan <i>Filtering method</i>	Lama Penyimpanan (bulan) <i>Storage period (month)</i>			
		0	2	4	6
3	Kertas (<i>paper</i>)	0.23	0.21	0.21	0.20
-	Kain (<i>cloth</i>)	0.20	0.23	0.22	0.20
-	Diam (<i>quiet</i>)	0.18	0.22	0.22	0.21
12	Kertas (<i>paper</i>)	0.19	0.22	0.19	0.23
-	Kain (<i>cloth</i>)	0.17	0.20	0.19	0.20
-	Diam (<i>quiet</i>)	0.18	0.21	0.23	0.22

3. Bilangan peroksida

Lama penyimpanan VCO berpengaruh nyata terhadap bilangan peroksida (Tabel 4), sedangkan lama pendiaman santan dan cara penyaringan serta interaksi ketiga perlakuan tidak berpengaruh terhadap bilangan peroksida. Pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa semakin lama VCO disimpan, terjadi peningkatan bilangan peroksida. Sampai 6 bulan penyimpanan bilangan peroksida meningkat lebih dari 10 kali sebelum penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa proses oksidasi selama penyimpanan tetap berlangsung. Satyavati *et al.* (1980), melaporkan bahwa minyak kelapa yang disimpan pada suhu ruang (gelap) yang dikemas dalam botol berwarna coklat, sampai 5 bulan penyimpanan hanya memiliki bilangan peroksida berkisar 0.20 - 0.40 meq/kg. Dikaitkan dengan hasil penelitian, terdapat perbedaan yang sangat besar, hal ini mungkin disebabkan kondisi ruang penyimpanan yang berbeda. Penelitian yang dilakukan Satyavati *et al.* (1980), minyak kelapa disimpan dalam ruangan gelap. Oleh karena itu untuk mensiasati produk VCO yang dalam pemasaran umumnya diletakkan dalam lemari pajangan, maka disarankan masih dikemas lagi menggunakan kemasan kedua, yaitu kertas karton. Standar mutu VCO menurut *Asian Pacific Coconut Community* (APCC) menetapkan bilangan peroksida maksimum 3 meq/kg (Anonim, 2005), Filipina juga menetapkan maksimum 3 meq/kg (Rethinam, 2006). Berdasarkan hasil pengamatan, walaupun terjadi peningkatan bilangan peroksida, tetapi kisarannya masih pada standar yang ditetapkan APCC.

Tabel 4. Pengaruh lama penyimpanan terhadap bilangan peroksida VCO.

Table 4. Influence of storage period to peroxide value of Virgin Coconut Oil (VCO).

Lama Penyimpanan (bulan) Long storage (month)	Bilangan peroksida (meq/kg minyak) Peroxide value (meq/kg oil)
0	0.29 a
2	0.20 a
4	1.72 b
6	3.00 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 0.5%.

Note: Number followed by the same letter are not significant at the 0.5%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kadar air VCO dari 0-6 bulan penyimpanan berkisar 0.07-0.13%, asam lemak bebas berkisar 0.17-0.23% dan bilangan peroksida berkisar 0.19 - 3.02 meq/kg minyak. Kisaran kadar air, asam lemak bebas maupun bilangan peroksida, masih memenuhi standar yang ditetapkan APCC. Pengolahan VCO dengan menerapkan prosedur pemanasan bertahap yang dimodifikasi, yakni pendiaman santan 3 jam dan 12 jam serta penyaringan menggunakan kertas saring 42 mess, menggunakan kain saring dan didiamkan selama 3 hari dalam keadaan tertutup rapat, kemudian VCO yang diperoleh dikemas dalam botol kaca berwarna kecoklatan dan disimpan dalam lemari kaca bening pada ruangan terbuka, tetap menghasilkan VCO yang memenuhi standar yang ditetapkan APCC. Sehingga untuk mengolah VCO, petani tidak perlu terfokus hanya pada salah satu cara, yang seringkali bahan yang diigunakan sulit diperoleh dan mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. Cocoinfo Internasional. 12(1):39. Asian and Pasific Coconut Community (APCC).
- Attanatho L, Siribankeadpol P, Jenvanitpanjakul PP. 2004. Cold Pressed Coconut Oil Production. Grant (e) Research Project No.47-01. Development of Value Added Products from Coconut Oil in Thailand. Thailand Institute of Scientific and Technological Research. 17 p.
- Bawalan DD. 2004. Frequently asked questions on virgin coconut oil. Coco Info International. 11(2): 14-18.
- Bruce Fife CNND. 2004. The Coconut Oil Miracle. Penguin Group (USA) Inc. 375 Hudson Street. New York, NY 10014. 239p.
- Darmoyuwono W. 2006. Gaya hidup sehat dengan *Virgin Coconut Oil*. PT. Indeks Kelompok Gramedia. 108 Hal.
- Fardiaz D, Ni Luh Puspitasari, Palupi H. 1986. Penuntun praktikum analisa pangan. TPG-Fateta, IPB, Bogor. 212 hal.
- Ketaren S. 1986. Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan. UI Press, Jakarta. 315 Hal.
- Lay A, Rindengan B. 1988. Pengolahan minyak kelapa murni dengan pemanasan bertahap. Laporan Tahunan 1988/1989. Terbitan Khusus No.15/VIII/1989. Balitka, Manado.
- Price M. 2004. Terapi minyak kelapa. Judul asli: Coconut Oil for Your Health.
- Rindengan B, Novariantio H. 2004. *Virgin Coconut Oil*. Pembuatan dan pemanfaatannya. Penerbit P.T. Penebar Swadaya. 79 Hal.
- Rethinam. 2006. *Virgin Coconut Oil-Healthy Oil for All*. Asian Pasific Coconut Community. Jakarta. 62p.
- Satyavati K, Balachandran C, Krishnaswamy C, Sreemulanathan H. 1980. Studies on improving the storage life of coconut oil. Proceeding of the Third Annual Symposium on Plantation Crops. St. Joseph'S Press, Trivandrum. p. 180 - 188.

Keragaman Genetik Kelapa Dalam Bali (DBI) dan Dalam Sawarna (DSA) Berdasarkan Penanda *Random Amplified Polimorphic DNA* (RAPD)

DONATA S. PANDIN

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado-95001

Diterima 1 Juni 2009 / Direvisi 18 Agustus 2009 / Disetujui 1 November 2009

ABSTRAK

Keragaman genetik dan hubungan kekerabatan dalam populasi kelapa Dalam Bali (DBI) dan Dalam Sawarna (DSA) dianalisis menggunakan penanda RAPD. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tumbuhan, Pusat Penelitian Sumber Daya Hayati dan Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor pada bulan Februari-Mei 2007. Bahan yang digunakan dalam penelitian sebanyak 10 individu dari masing-masing populasi. Primer acak digunakan dalam analisis terdiri atas 10 primer -10 mer, yaitu OPA-02, OPA-08, OPA-10, OPA-13, OPA-20, OPB-08, OPB-11, OPB-12, OPB-15, OPB-20. DNA diekstraksi menggunakan metode Rohde yang telah dimodifikasi, konsentrasi ditetapkan menggunakan metode Sambrook. Untuk melihat tingkat kekerabatan antar individu berdasarkan pola pita RAPD dari setiap primer digunakan program NTsys ver. 2.0 (*Program Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis*), sedangkan untuk analisis gerombol digunakan metode UPGMA untuk membuat dendrogram. Koefisien keragaman antar individu dalam populasi kelapa DBI berkisar antara 2.4% - 30.7% dengan rata-rata 21.7%, dan untuk populasi kelapa DSA antara 1.5% - 22.4% dengan rata-rata 12.7%. Jarak genetik individu-individu dalam populasi kelapa Dalam Bali (DBI) cukup jauh menunjukkan bahwa keragaman genetik dalam populasi Dalam Bali masih tinggi, sehingga seleksi untuk maksud perbaikan sifat masih sangat memungkinkan. Pada populasi kelapa Dalam Sawarna (DSA) jarak genetik individu-individu dalam sudah semakin sempit, artinya keanekaragaman genetik antar individu di dalam populasi DSA sudah sangat rendah oleh karena itu seleksi untuk maksud perbaikan sifat harus dilakukan dengan selektif. Hubungan kekerabatan antar populasi kelapa Dalam Bali dan Dalam Sawarna sebesar 46% artinya jarak genetik kedua populasi ini cukup jauh yaitu 54%. Sehingga jika individu-individu terseleksi dari kedua populasi tersebut disilangkan, akan diperoleh keturunan yang memiliki nilai heterosis tinggi.

Kata kunci: Kelapa Dalam Bali, kelapa Dalam Sawarna, keragaman genetik, hubungan kekerabatan, RAPD.

ABSTRACT

Genetic Diversity of Bali Tall (DBI) and Sawarna Tall (DSA) based on Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)

Genetic Diversity of Bali Tall (DBI) and Sawarna Tall (DSA) based on *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD). Ten Plants were used in each population. The objective of this research were to determine genetic diversity within- and inter-population of Bali Tall (DBI) and Sawarna Tall (DSA) coconuts, and genetic relationship of those population based on RAPD

(*Random Amplified Polymorphic DNA*). Research was done in Plant Biology Laboratory of Center Research of Genetic Resources and Biotechnology, Institut Pertanian Bogor, February - May 2007. DNA extraction was done by modified Rohde method and to determine the concentration and quality of DNA by Sambrook method. Ten RAPD 10-mer were used namely OPA-02, OPA-08, OPA-10, OPA-13, OPA-20, OPB-08, OPB-11, OPB-12, OPB-15, OPB-20. Genetic relationship between individuals of DBI and DSA coconut populations based on NTSys ver.2.0 program (Program Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis), and clustering analysis based on UPGMA method. These ten RAPD primers used could separate DBI and DSA in each group. Genetic diversity within-population of Bali Tall coconut population range from 2.4% to 30.7% with average 21.7%. So that, opportunity to improve characters in DBI coconut population could be done by selection. Genetic diversity within-population of Sawarna Tall coconut population progressively narrow, range from 1.5% to 12.4% with average 12.7%, so that selection in order to character improvement in this population could be done selectively. Genetic relationship between DBI dan DSA populations far enough (54%), so that crossing between those population will be good for characters improving.

Keywords: Bali Tall coconut, Sawarna Tall coconut, genetic diversity, genetic relationship, RAPD.

PENDAHULUAN

Kelapa Dalam Bali dan Dalam Sawarna adalah dua populasi kelapa yang telah dilepas sebagai varietas Kelapa Unggul Nasional tahun 2004 dan 2006. Hubungan antara keanekaragaman karakter genetika dan perbedaan geografi populasi kelapa selama ini didasarkan pada ciri-ciri agronomi dan morfologi. Cara ini sangat mudah dilakukan tetapi memiliki kelemahan yaitu memerlukan waktu yang lama, perlu tenaga kerja yang intensif, dan hanya memberikan gambaran keanekaragaman yang sederhana (Sugimura *et al.*, 1997), dan yang paling utama adalah karakter morfologi masih dipengaruhi oleh faktor lingkungan sehingga sulit mendapatkan hasil keanekaragaman genetik yang akurat.

Berkembangnya teknologi penanda DNA menyebabkan keanekaragaman karakter genetika dalam plasma nutfah kelapa pada taraf DNA dapat dilakukan. Penanda DNA menawarkan alternatif analisis yang lebih baik untuk melengkapi kelemahan penanda morfologi. Penanda DNA mampu memberikan polimorfisme pita DNA dalam jumlah

yang banyak, konsisten, dan tidak dipengaruhi oleh lingkungan.

Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) adalah salah satu penanda DNA yang menggunakan prinsip kerja mesin PCR (*Polymerase Chain reaction*) yang mampu mengamplifikasi sekuen DNA secara *in vitro*. Penggunaan RAPD ini banyak digunakan karena pengerjaannya cukup sederhana, mudah dalam persiapannya, memberikan hasil yang lebih cepat, dan menghasilkan jumlah karakter yang relatif tidak terbatas sehingga sangat membantu untuk keperluan analisis keanekaragaman genetika tanaman yang tidak diketahui latar belakang genomnya (Furnier dan Liu 1993).

Pada tanaman tahunan, RAPD sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi pada seleksi awal (Grattapaglia *et al.*, 1992). Pada tanaman kelapa, penggunaan RAPD untuk menganalisis keanekaragaman karakter genetika telah dilakukan terhadap 17 populasi kelapa di Pasifik Selatan (Ashburner *et al.*, 1997), tiga populasi kelapa Genjah (Lengkong *et al.*, 1999), tiga populasi kelapa Dalam dari Maluku (Matondang, 2001), enam populasi kelapa Dalam dari Kalimantan

Barat (Ifadatin, 2002), empat populasi kelapa Genjah dari beberapa tempat di Indonesia (Hannum *et al.*, 2003), dan 5 populasi kelapa Dalam dari Jawa (Sumarsono *et al.*, 2003) dan beberapa populasi kelapa Dalam dari India (Upadhyay *et al.*, 2004), serta kelapa Dalam dari Papua (Mawikere, 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman genetik di dalam dan antar-populasi kelapa Dalam Bali (DBI) dan Dalam Sawarna (DSA) berdasarkan penanda RAPD, dan mempelajari hubungan kekerabatan antar populasi kelapa tersebut.

BAHAN DAN METODE

Analisis molekular dilakukan di Laboratorium Biologi Tumbuhan, Pusat Penelitian Sumber Daya Hayati dan Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan mulai Februari sampai dengan Juli 2007.

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah populasi kelapa Dalam Bali dan Dalam Sawarna koleksi Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain di Mapanget. Bahan untuk analisis molekular adalah daun muda dari populasi kelapa masing-masing 10 pohon, sehingga jumlah keseluruhan bahan tanaman adalah 20 pohon.

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) Bahan-bahan kimia untuk isolasi DNA tanaman kelapa, (2) PCR Core Kit dan Primer acak 10-mer dari Operon Kit A dan Kit B. dan (3) Agarose dan Etidium Bromida

Isolasi DNA Total. DNA total tanaman diisolasi mengikuti metode Rohde *et al.* (1995) yang telah dimodifikasi. Sebanyak 1.5 gram daun kelapa

yang masih muda dimasukkan kedalam mortar yang berisi 10 ml buffer lisis (100 mM Tris-HCl pH8, 2% (m/v) CTAB, 1.4 M NaCl, 20 mM EDTA, dan 0.2% β -mercaptoetanol (ditambahkan pada saat akan diisolasi) dan 0.07 gr pasir kuarsa, digerus sampai halus. Serbuk daun dipindahkan ke dalam tabung 15 ml dan diinkubasi pada suhu 65°C selama 1.5 jam. Suspensi DNA dipanen dengan melakukan sentrifus pada 4000 rpm selama 5 menit. Supernatan diberi 1 volume kloroform : isoamil alkohol (24:1), dikocok perlahan sampai homogen lalu disentrifus pada 4000 rpm selama 10 menit. Suspensi DNA dipresipitasi dengan menambahkan 0.1 volume sodium asetat 3 M pH 8, dan 0.8 volume isopropanol. Endapan DNA didapat melalui sentrifus pada 4000 rpm selama 10 menit, lalu disuspensi dalam 500 μ l larutan TE 1X. Untuk menghilangkan kontaminan RNA, kedalam suspensi DNA ditambahkan RNase A dengan konsentrasi 20 μ g/ml dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 1 jam. Selanjutnya suspensi DNA diekstraksi berturut-turut dengan 1 volume fenol, dan campuran kloroform : isoamil alkohol (24 : 1). Suspensi DNA dipresipitasi dengan 0.8 volume isopropanol lalu dibilas dengan alkohol 70% dingin. Pelet DNA kering diberi 200 μ l TE dan disimpan pada -20°C.

Uji Konsentrasi dan Kemurnian DNA.

Penetapan kuantitas dan kemurnian DNA diukur menggunakan spektrofotometer (Cecil CE 2020) mengikuti metode Sambrook *et al.*, 1989. Konsentrasi DNA dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Konsentrasi DNA } (\mu\text{g/ml}) = \text{Abs}_{260\text{nm}} \times 50 \mu\text{g/ml} \times \text{faktor pengenceran.}$$

Kualitas DNA diketahui dengan membandingkan hasil migrasi DNA total bersama DNA standar λ /HindIII pada gel agarose menggunakan elektroforesis horizontal. DNA yang berkualitas baik adalah fragmen DNA dengan ukuran besar.

Kemurnian DNA ditetapkan berdasarkan ratio antara Absorbansi pada 260 nm (A_{260}) dengan absorbansi pada 280 nm (A_{280}). Kemurnian di atas 1.7 dianggap baik.

RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA)

Prosedur amplifikasi dilakukan pada mesin PCR (Gene Amp PCR System 2400 Perkin-Elmer) menurut Lengkong *et al.* (1998). Amplifikasi DNA dilakukan menggunakan primer acak 10-mer dari Operon Kit A dan Kit B (Operon Technologies, Alameda, California). Primer

yang digunakan diseleksi dari 40 primer yaitu 20 primer Kit A dan 20 primer Kit B (Tabel 1). Dari setiap populasi kelapa yang diteliti diambil secara acak dua contoh DNA dan diamplifikasi dengan PCR menggunakan 40 primer tersebut. Primer yang memberikan hasil amplifikasi lebih dari dua pita dipilih untuk digunakan dalam penelitian selanjutnya.

Reaksi amplifikasi mengikuti prosedur yang disarankan oleh Promega dengan beberapa modifikasi. Volume final campuran reaksi amplifikasi sebanyak 40 μ l dengan komposisi reaksi PCR adalah 1 x buffer reaksi (50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl pH 9.0, 0.01 % Triton X-100), 200 μ M dNTP, 3 mM $MgCl_2$, 5 pMol primer, 1 unit Taq polimerase (AmpliTaq, Promega), dan 50 ng DNA cetakan. Reaksi amplifikasi berlangsung sebanyak 38 siklus dan diprogram sebagai berikut: 5 menit 94°C untuk pre-PCR, 1 menit 94°C untuk

Tabel 1. Primer Operon 10-mer Kit A dan Kit B dan susunan basanya.

Table 1. Name and Sequence of Operon primers 10-mer KitA and Kit B.

No	Primer Kit A Primers Kit A	Sekuen 5' - 3' Sequence 5' - 3'	No	Primer Kit B Primers Kit B	Sekuen 5' - 3' Sequence 5' - 3'
1	OPA-01	CAGGCCCTTC	1	OPB-01	GTTCGCTCC
2	OPA-02	TGCCGAGCTC	2	OPB-02	TGATCCCTGG
3	OPA-03	AGTCAGCCAC	3	OPB-03	CATCCCCCTG
4	OPA-04	AATCGGGCTG	4	OPB-04	GGACTGGAGT
5	OPA-05	AGGGGTCTTG	5	OPB-05	TGCGCCCTTC
6	OPA-06	GAAACGGGTG	6	OPB-06	TGCTCTGCCC
7	OPA-07	AGCCAGCGAA	7	OPB-07	GGTGACGCAG
8	OPA-08	GACCGCTTGT	8	OPB-08	GTCCACACGG
9	OPA-09	AGGTGACCGT	9	OPB-09	TGGGGGACTC
10	OPA-10	CAAACGTCGG	10	OPB-10	CTGCTGGGAC
11	OPA-11	CAATCGCCGT	11	OPB-11	CTAGACCCGT
12	OPA-12	TCGGCGATAG	12	OPB-12	CCTTGACGCA
13	OPA-13	CAGCACCCAC	13	OPB-13	TTCCCCGCT
14	OPA-14	TCTGTGCTGG	14	OPB-14	TCCGCTCTGG
15	OPA-15	TTCCGAACCC	15	OPB-15	GGCGGGTGTT
16	OPA-16	AGCCAGCGAA	16	OPB-16	TTTGCCCGGA
17	OPA-17	GACCGCTTGT	17	OPB-17	AGGGAACGAG
18	OPA-18	AGGTCACCGT	18	OPB-18	CCACAGCAGT
19	OPA-18	CAAACGTCGG	19	OPB-18	ACCCCCGAAG
20	OPA-20	GTTGCGATCC	20	OPB-20	GGACCCCTAC

denaturasi DNA, 1 menit 37°C untuk pelekatan primer, 2 menit 72°C untuk pemanjangan primer, dan 5 menit 72°C untuk post-PCR. Hasil amplifikasi dilarikan bersama DNA standar 1 kb DNA ladder pada gel Agarosa 1.0% dalam 1 x TAE dengan voltase 70 V selama 3.5 jam. Gel hasil elektroforesis divisualisasikan dengan merendam gel dalam larutan Etidium Bromida (EtBr) 0.5 ug/ml selama 20 menit, lalu direndam dengan aquades selama 15 menit untuk menghilangkan etidium bromida yang terikat non spesifik pada gel agarosa. Fragmen DNA pada gel diamati di atas UV-transiluminator (Hoefer) dan direkam dalam disket melalui alat dokumentasi gel (Gel Doc).

Analisis Data

Setiap profil pita DNA berhubungan dengan lokus yang mengandung alel tertentu. Pita hasil amplifikasi pada posisi yang sama pada laju elektroforesis yang sama untuk setiap tanaman kelapa, dianggap sebagai satu lokus homolog. Lokus tersebut diubah ke dalam bentuk data biner dengan memberi nilai satu (1) jika terdapat pita dan nol (0) jika pita tidak ada. Matriks data biner kemudian diturunkan menjadi matriks jarak genetik. Untuk menentukan jarak genetik pasangan genotipe yang terdapat pada individu berbeda digunakan koefisien Dice dari rumus Nei dan Li (1979) sebagai berikut :

$$F_{ab} = \frac{2n_{ab}}{(n_a + n_b)}$$

Keterangan :

- F_{ab} = koefisien kemiripan genetik individu a dan b.
 n_{ab} = jumlah pita yang sama posisinya pada individu a dan b.
 n_a dan n_b = jumlah pita pada masing-masing individu a dan b.

Berdasarkan nilai kemiripan genetik tersebut dilakukan analisis pengelompokan. Pengelompokan data matriks (*cluster analysis*) dan pembuatan dendrogram dilakukan menggunakan metode UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic*). Pengelompokan mencerminkan hubungan kemiripan genetik setiap individu pohon kelapa dalam satu populasi tertentu yang ditampilkan berupa dendrogram kemiripan genetik. Semua data RAPD dianalisis menggunakan program komputer NTSYS (*Numerical Taxonomy and Multivariate System*) versi 2.0. Jarak genetik dihitung dari selisih nilai persentase kemiripan genetik data RAPD terhadap 100%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan suatu primer untuk dapat mengamplifikasi DNA cetakan (template DNA) dari suatu genom tanaman selain ditentukan oleh jumlah dan kualitas DNA, juga ditentukan oleh adanya situs (sekuen) pada DNA cetakan yang homolog dengan urutan basa-basa dari primer yang digunakan. Jika di dalam DNA cetakan yang digunakan tidak mempunyai situs homolog, maka DNA cetakan tidak akan diamplifikasi yang ditandai dengan tidak adanya pita DNA di dalam gel agarosa hasil elektroforesis. Oleh karena itu langkah awal yang perlu dilakukan adalah seleksi primer yang dapat mengamplifikasi DNA genom tanaman kelapa yang dihasilkan dalam bentuk pita-pita DNA. Untuk mendapatkan hasil keanekaragaman genetik tanaman yang akurat maka harus dilakukan seleksi terhadap primer yang akan digunakan di dalam penelitian. Primer yang dipilih sebaiknya primer yang dapat menghasilkan banyak

pita RAPD dan memiliki polimorfisme tinggi. Primer yang menghasilkan pita sedikit dengan polimorfisme rendah sebaiknya tidak digunakan dalam menganalisis keanekaragaman genetik tanaman (Nienhuis *et al.*, 1994).

Seleksi primer dalam penelitian ini dilakukan dengan mengamplifikasi DNA kelapa dari kedua populasi kelapa yang digunakan (DBI dan DSA) masing-masing dua pohon. Dari 40 primer acak Operon yang diseleksi diperoleh 10 primer di antaranya menghasilkan lebih dari dua pita RAPD dan polimorfik. Sedangkan 30 primer lainnya hanya menghasilkan 1-2 pita bahkan ada yang tidak menghasilkan pita sehingga tidak digunakan dalam penelitian selanjutnya (Tabel 2). Tidak teramplifikasinya DNA kelapa oleh beberapa primer yang diuji kemungkinan disebabkan oleh tidak adanya sekuen homolog antara primer dengan DNA cetakan dari populasi kelapa tersebut. Kemungkinan lainnya adalah primer tersebut menempel pada dua situs pada DNA cetakan yang memiliki jarak yang cukup jauh sehingga tidak mampu diamplifikasi oleh enzim DNA taq polimerase.

Jumlah total pita DNA yang berhasil diamplifikasi oleh setiap primer menggunakan 10 primer acak pada populasi kelapa DBI dan DSA tersebut tidak satupun yang memberikan pita spesifik untuk kedua populasi kelapa DMT dan DTA. Jumlah pita DNA berkisar antara 5 (OPB-15) dan 14 (OPA-10). Jumlah pita DNA yang diperoleh dari setiap primer serupa dengan hasil Lengkong *et al.* (1998, 1999), Hayati *et al.* (2000), Hanum *et al.* (2003), Dewi (2002), Roslim *et al.* (2003), Sumarsono *et al.* (2003), dan Mawikere (2005), yaitu berkisar antara 3-15 pita per primer. Hasil ini tergolong rendah bila dibandingkan

dengan hasil yang diperoleh Viccini *et al.* (2004) pada spesies *Lippia* (Verbenaceae) yang menggunakan 18 primer Kit A dan Kit B, yang berhasil mendapatkan jumlah pita DNA berkisar antara 2 (OPA-13) hingga 49 (OPA-19) dengan rata-rata 27 pita per primer.

Pita RAPD terbentuk dari pemanjangan primer yang menempel pada DNA cetakan yang terjadi secara berulang. Setiap primer dapat menempel secara bersamaan pada beberapa situs homolog yang tersebar di dalam DNA cetakan, dan hasil pemanjangan primer tersebut memiliki ukuran yang sangat bervariasi. Oleh karena itu di dalam hasil elektroforesis menggunakan gel agaros terlihat beberapa pita dengan ukuran berbeda. Jumlah pita DNA yang terdeteksi dalam setiap primer bergantung pada urutan basa dari primer dan ada atau tidaknya variasi dalam genotipe tertentu (Upadhyay *et al.*, 2004).

Pita DNA hasil amplifikasi menggunakan 10 primer terseleksi menunjukkan bahwa primer OPA-8 menghasilkan pita paling banyak yaitu 9 pita (Gambar 1) sedangkan primer OPB-11 meskipun hanya menghasilkan 1-3 pita pada setiap individu tetapi semuanya bersifat polimorfik (Gambar 2).

Tabel 2. Nama primer dan jumlah pita hasil amplifikasi DNA 4 pohon kelapa Dalam DMT dan DTA.

Table 2. Name of primer and number of amplified DNA of four trees of DMT and DTA coconut population.

No	Primer Kit A Primer Kit A	Jumlah pita Number of band	No	Primer Kit B Primer Kit B	Jumlah pita Number of band
1	OPA-01	0-1	1	OPB-01	1
2	OPA-02	4-5	2	OPB-02	1
3	OPA-03	1	3	OPB-03	2
4	OPA-04	2	4	OPB-04	2
5	OPA-05	2	5	OPB-05	1
6	OPA-06	1-2	6	OPB-06	1
7	OPA-07	2	7	OPB-07	2
8	OPA-08	2-7	8	OPB-08	2-4
9	OPA-09	2	9	OPB-09	0-1
10	OPA-10	4-9	10	OPB-10	2
11	OPA-11	2	11	OPB-11	1-3
12	OPA-12	2	12	OPB-12	2-3
13	OPA-13	3-5	13	OPB-13	0
14	OPA-14	0-1	14	OPB-14	3
15	OPA-15	2	15	OPB-15	3
16	OPA-16	0-1	16	OPB-16	0-1
17	OPA-17	2	17	OPB-17	0
18	OPA-18	2	18	OPB-18	0
19	OPA-18	0	19	OPB-18	0-1
20	OPA-20	3-5	20	OPB-20	3-4

Tabel 3. Nama dan urutan basa primer dan jumlah pita polimorfik DNA kelapa DBI dan DSA hasil amplifikasi

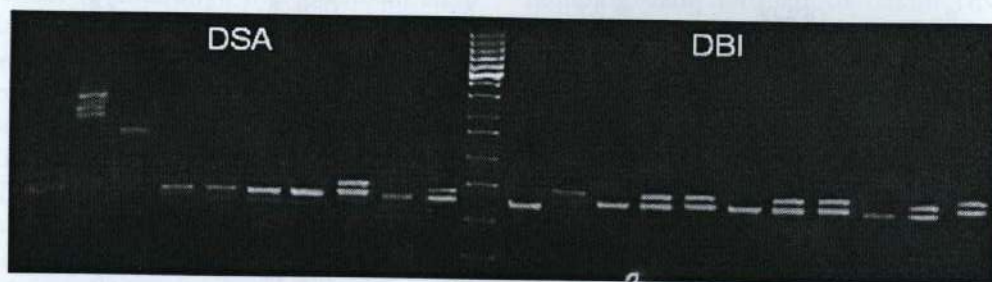
Table 3. Name and primer sequence and the number of polymorphic band of DBI and DSA amplified DNA.

Primer	Sekuen 5' - 3' Sequence	Jumlah pita polimorfik Number of polymorphic band			Total pita Total of band
		DBI	DSA	Jumlah Total	
OPA-02	TGCCGAGCTC	5	3	6	8
OPA-08	GACCGCTTGT	4	3	7	8
OPA-10	CAAACGTCGG	3	3	7	8
OPA-13	CAGCACCCAC	5	0	6	7
OPA-20	GTTGCGATCC	3	2	8	8
OPB-08	GTCCACACGG	4	4	8	9
OPB-11	CTAGA [~] CCGT	3	6	6	6
OPB-12	CCTTGACGCA	0	1	3	3
OPB-15	GGCGGGTGTT	0	2	2	3
OPB-20	GGACCCCTAC	1	3	3	6
Total		27	30	56	-
Persentase / Percentage (%)		62	52	95	-
Rata-rata pita / Average band		3	3	-	-



Gambar 1. Pola pita primer OPA-8 pada DNA Populasi DSA dan DBI.

Figure 1. Band pattern of OPA-8 primer on DNA of DSA and DBI coconut populations.



Gambar 2. Pola pita primer OPB-11 pada DNA Populasi DSA dan DBI.

Figure 2. Band pattern of OPB-11 primer on DNA of DSA and DBI coconut populations.

Dari Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa primer OPA-8 menghasilkan jumlah pita lebih banyak dibandingkan dengan OPB-11. Hasil ini menunjukkan bahwa situs pelekatan primer OPA-8 pada DNA tanaman kelapa DSA lebih banyak tersebar, dibandingkan kelapa DBI. Kemungkinan lainnya adalah situs pelekatan antara 2 lokus cukup jauh sehingga pada proses PCR, mesin yang diprogram dengan waktu pemanjangan terbatas tidak mampu mengamplifikasi DNA cetakan pada populasi kelapa DBI.

Primer OPB-11 pada populasi kelapa DBI cukup menarik karena menghasilkan tiga pola pita yaitu dua pola pita mempunyai satu pita dan satu pola pita dengan dua pita (Gambar 2). Letak pita-pita dari pola pita yang meng-

hasilkan dua pita sama dengan letak (ukuran) pita dari masing-masing pita pada pola pita yang hanya menghasilkan satu pita. Hubungan pola pita dengan satu pita dengan pola pita satu pita lainnya diduga bersifat kodominan dan individu dengan satu pita adalah individu yang bergenotipe homozigot, sedangkan yang memiliki dua pita adalah individu yang bergenotipe heterozigot untuk primer OPB-11. Dengan demikian primer OPB-11 kemungkinan dapat digunakan untuk membedakan individu homozigot dari yang heterozigot pada populasi kelapa DBI.

Untuk melihat tingkat kekerabatan antar individu dalam masing-masing populasi kelapa DBI dan DSA berdasarkan pola pita RAPD dari setiap primer digunakan program NTsys ver. 2.0

(Program Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis), sedangkan untuk analisis gerombol digunakan metode UPGMA untuk membuat dendrogram (pohon kekerabatan). Koefisien kemiripan antar individu dalam populasi kelapa DBI (Tabel 4) berkisar antara 69.3 – 97.6% dengan rata-rata 78.3%, dan untuk populasi kelapa DSA (Tabel 5) antara 77.6 – 98.5% dengan rata-rata 87.3%.

Menurut Rohlf (1993), derajat kemiripan antar genotipe menggunakan matriks genetik dapat dibagi dalam 4 kategori yaitu kemiripan sangat dekat (sangat baik) $r \geq 0.9$; baik $0.8 \leq r \leq 0.9$; kurang baik $0.7 \leq r \leq 0.8$; buruk $r \leq 0.7$.

Tabel 4. Koefisien kemiripan dan matriks kekerabatan genetik dari individu-individu populasi kelapa DBI.

Table 4. Index similarity and genetical matrix among individu of DBI coconut population.

Pohon	DBI1	DBI2	DBI3	DBI4	DBI5	DBI6	DBI7	DBI8	DBI9	DBI10
DBI1	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBI2	0.71	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
DBI3	0.83	0.69	1.00	-	-	-	-	-	-	-
DBI4	0.75	0.90	0.73	1.00	-	-	-	-	-	-
DBI5	0.73	0.77	0.72	0.80	1.00	-	-	-	-	-
DBI6	0.82	0.72	0.83	0.80	0.71	1.00	-	-	-	-
DBI7	0.81	0.80	0.78	0.83	0.73	0.77	1.00	-	-	-
DBI8	0.77	0.77	0.83	0.80	0.71	0.78	0.95	1.00	-	-
DBI9	0.80	0.74	0.77	0.78	0.72	0.76	0.95	0.90	1.00	-
DBI10	0.84	0.83	0.81	0.86	0.72	0.80	0.98	0.93	0.93	1.00

Tabel 5. Koefisien kemiripan dan matriks kekerabatan genetik dari individu-individu populasi kelapa DSA.

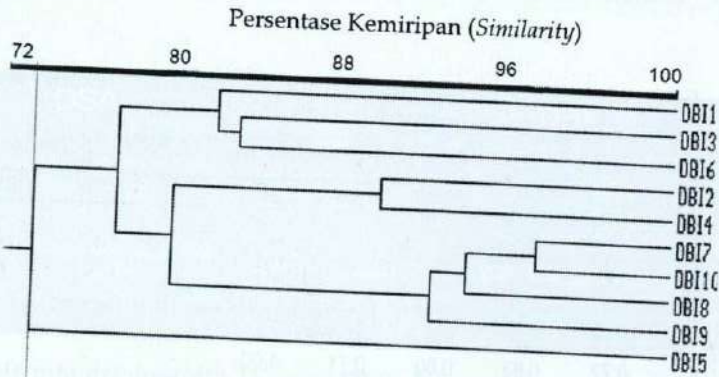
Table 5. Index similarity and genetical matrix among individu of DSA coconut population.

Pohon	DSA1	DSA2	DSA3	DSA4	DSA5	DSA6	DSA7	DSA8	DSA9	DSA10
DSA1	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DSA2	0.88	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
DSA3	0.87	0.91	1.00	-	-	-	-	-	-	-
DSA4	0.90	0.85	0.91	1.00	-	-	-	-	-	-
DSA5	0.85	0.84	0.89	0.92	1.00	-	-	-	-	-
DSA6	0.88	0.84	0.89	0.95	0.94	1.00	-	-	-	-
DSA7	0.86	0.79	0.78	0.87	0.82	0.88	1.00	-	-	-
DSA8	0.86	0.79	0.83	0.90	0.85	0.91	0.86	1.00	-	-
DSA9	0.87	0.80	0.85	0.91	0.86	0.92	0.87	0.99	1.00	-
DSA10	0.86	0.79	0.84	0.90	0.85	0.91	0.86	0.97	0.99	1.00

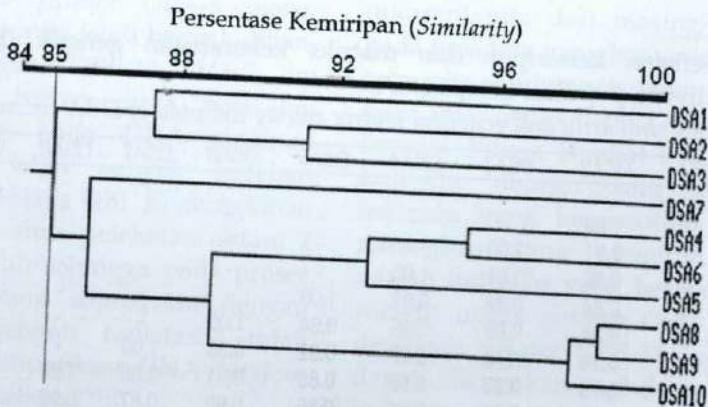
Tingkat kemiripan genetik suatu populasi dapat digambarkan oleh jarak genetik dari individu-individu anggota populasi tersebut. Semakin kecil jarak genetik antar individu dalam suatu populasi, maka semakin seragam populasi tersebut. Sebaliknya semakin besar jarak genetik individu-individu di dalam suatu populasi, maka populasi tersebut mempunyai anggota yang semakin

beragam. Koefisien kemiripan dari setiap primer acak yang digunakan, dipakai untuk analisis sidik gerombol guna melihat hubungan kekerabatan dengan menggunakan dendrogram (Gambar 3 dan Gambar 4).

Dendrogram kemiripan genetik populasi kelapa DBI menunjukkan bahwa pada kemiripan 80% populasi ini masih terbagi dalam tiga kelompok.



Gambar 3. Dendrogram kemiripan genetik populasi kelapa DBI.
Figure 3. Dendrogram of genetic similarity of DBI coconut population.



Gambar 4. Dendrogram kemiripan genetik populasi kelapa DSA.
Figure 4. Dendrogram of genetic similarity of DSA coconut population.

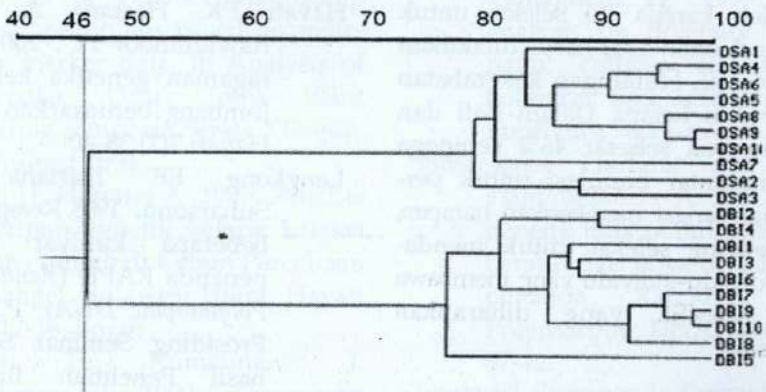
Populasi kelapa DBI baru membentuk satu kelompok pada kemiripan 73%. Berdasarkan dendogram ini dapat dilihat bahwa pada populasi kelapa DBI masih terdapat individu-individu yang memiliki jarak genetik cukup jauh sehingga seleksi untuk karakter-karakter tertentu untuk perbaikan sifat masih sangat memungkinkan.

Berdasarkan koefisien kemiripan dan matriks kekerabatan genetik, pada populasi kelapa DSA dapat dilihat bahwa rata-rata jarak genetik di dalam populasinya adalah 13%. Dendogram kemiripan genetik (Gambar 4) memperlihatkan bahwa individu-individu dalam populasi DSA membentuk satu kelompok pada tingkat kemiripan 85%. Hasil ini menunjukkan bahwa keanekaragaman genetik antar individu di dalam populasi DSA sudah sangat rendah. Rendahnya keanekaragaman genetik ini diduga karena terjadinya penyerbukan di dalam populasi kelapa DSA. Populasi ini berasal dari Perkebunan Lebak, Jawa Barat, yang telah ditanam selama tiga generasi. Hasil analisis keanekaragaman genetik pada

kelapa DSA berdasarkan RAPD ini sejalan dengan evaluasi keragaman genetik berdasarkan karakter morfologi, yaitu 15% (Tenda *et al.*, 1992). Walaupun keanekaragaman genetik sudah cukup rendah, tetapi dari dendogram ini terlihat masih ada individu-individu yang terpisah cukup jauh dari kelompoknya misalnya DSA7, sehingga perbaikan sifat melalui seleksi masih dapat dilakukan dengan sangat selektif.

Keanekaragaman genetik suatu populasi dapat terjadi karena adanya interaksi dari beberapa faktor seperti mutasi, migrasi, rekombinasi, seleksi, dan hanyutan gen (*genetic drift*). Mutasi, migrasi, dan rekombinasi gen akan memperkaya keragaman dalam populasi alami, sedangkan seleksi dan hanyutan genetik cenderung mengurangi variasi (Ford-Lloyd dan Jackson, 1986).

Dendogram kemiripan genetik antar populasi kelapa DBI dan DSA dapat dilihat pada Gambar 5. Analisis pengelompokan menunjukkan bahwa kedua populasi kelapa yang diteliti mengelompok dalam populasinya masing-masing. Fenomena ini membuktikan



Gambar 5. Dendogram kemiripan genetik populasi kelapa DBI dan DSA.
Figure 5. Dendogram of genetic similarity of DBI and DSA coconut populations.

bahwa penanda RAPD dapat digunakan untuk membedakan spesies, galur, atau hasil silang dalam (*inbreeding*) dari suatu populasi tanaman (Tingey *et al.*, 1992). Hasil penelitian ini juga memperlihatkan, kelapa DBI dan DSA adalah dua populasi kelapa Dalam yang memiliki jarak genetik yang sangat jauh yaitu 56%. Jika seleksi dilakukan pada masing-masing populasi dan kemudian dilanjutkan dengan persilangan antar individu dari kedua populasi ini maka peluang untuk perbaikan sifat sangat terbuka luas, tentunya sebagai materi perakitan kelapa Dalam Komposit.

KESIMPULAN

Jarak genetik individu-individu dalam populasi kelapa Dalam Bali (DBI) cukup jauh artinya keragaman genetik dalam populasi kelapa Dalam Bali masih tinggi, sehingga seleksi untuk maksud perbaikan sifat masih sangat memungkinkan. Pada populasi kelapa Dalam Sawarna (DSA) jarak genetik individu-individu sudah semakin sempit, artinya keanekaragaman genetik antar individu di dalam populasi DSA sudah sangat rendah oleh karena itu seleksi untuk maksud perbaikan sifat harus dilakukan dengan selektif. Hubungan kekerabatan antar populasi kelapa Dalam Bali dan Dalam Sawarna sebesar 46% sehingga persilangan antar populasi untuk perbaikan sifat sangat memberikan harapan, karena peluang seleksi untuk mendapatkan individu-individu yang membawa karakter spesifik yang diharapkan sangat besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashburner GR, Thomson WK, Halloran GM. 1997. RAPD analysis of South pacific coconut palm populations. *Crop Sci.* 37:992-997.
- Ford-Lloyd B, Jackson. 1986. Plant genetic Resources and Introduction to their Conservation and Use. Edward Arnold Pty. Ltd. Australia. hlm. 152.
- Furnier GR, Liu Z. 1993. Comparison of alloenzyme, RFLP, and RAPD markers for assessing genetic variation. *Am.J.Bot.Supl.* 80:46-47
- Grattapaglia D, Chaparro J, Wilcox P, McCord S, werner D, Amerson H, McKeand S, Bridgewater F, Whetten R, O'Malley D, Sederoff R. 1992. Mapping in the woody plants with RAPD markers: Application to breeding in forestry and horticulture. p.37-40. In. Joint Plant Breeding Simposia Series. Minneapolis. 1 November 1992.
- Hannum S, Hartana A, Suharsono. 2003. Kemiripan genetik empat populasi kelapa Genjah berdasarkan Random Amplified Polymorphic DNA. *Hayati* 10(4):125-129.
- Hayati PK, Hartana A, Suharsono, Aswidinnoor H. 2000. Keanekaragaman genetik kelapa Genjah Jombang berdasarkan RAP DNA. *Hayati* 7(2):35-40
- Lengkong EF, Hartana A, dan Suharsono. 1998. Keragaman genetik beberapa kultivar berdasarkan penanda RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). P.1-12. Dalam Prosiding Seminar Sehari Hasil-hasil Penelitian Bidang Ilmu Hayat. 3 September 1998. PAU Ilmu Hayat IPB. Bogor.

- Lengkong EF, Hartana A, Suharsono. 1999. Penggunaan penanda molekuler pada analisis keragaman genetik kelapa. Di dalam Prosiding Simposium Hasil Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain. Manado, 10 Maret 1999. Balitbang Kehutanan dan Perkebunan, Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain. hlm:1-10.
- Matondang I. 2000. Keragaman genetik populasi kelapa yang berasal dari Maluku berdasarkan penanda RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Tesis Magister Sains PPs-IPB. Bogor.
- Mawikere NL. 2005. Plasma nutfah kelapa Papua dan hubungan kekerabatannya dengan populasi kelapa Indonesia lainnya dan Papua New Guinea berdasarkan penanda RAPD. Disertasi Doktor Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Nei M, Li WM. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonuclease. *Proc. Natl. Acad. Science*. 76:5269-5273.
- Nienhuis J, Tivang J, and Skroch P. 1994. Analysis of genetic relationship among genotypes based on molecular marker data. In *Analysis of molecular Data. Joint Plant Breeding Simposia Series*. Oregon, 5-6 August 1994.
- Novariantio H, Hartana A. 1995. Analisis kemiripan genetik kelapa koleksi plasma nutfah di Kebun Percobaan Mapanget, Sulawesi Utara. *Hayati* 2(1):12-16. Bogor
- Novariantio, H, Kumaunang J, Maskromo I. 1999. Keragaman morfologi plasma nutfah kelapa. *Buletin Palma* 25: 31-38.
- Powell W, Morgante M, Andre C, Hanavey M, Vogel J, Tingey S, Rafalski A. 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular Breeding* 2:225-238.
- Rohde W, Kullaya A, Rodriguez J, Ritter E. 1995. Genome analysis of *Cocos nucifera* L by PCR Amplification of spacer sequence separating a subset of copia-like EcoRI repetitive elements. *J.Genet. and Breed.* 49:170-186.
- Rohlf JR. 1993. NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 1.80. Exetyer Software, New York.
- Roslim DL, Hartana A, Suharsono. 2003. Kemiripan genetik tiga populasi kelapa tipe Dalam berdasarkan tiga metode analisis data RAPD. *Hayati* 10(1):12-18.
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1989. *Molecular cloning: A laboratory Manual*. 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory. Cold Spring Harbor, NY.
- Sugimura Y, Itano M, Salud CD, Otsuji K, Yamaguchi H. 1997. Biometric analysis on diversity of coconut palm: cultivar classification by botanical and agronomical traits. *Euphytica* 98:29-35.
- Sumarsono, Hartana A, Suharsono, Tjahyoleksono A. 2003. Keragaman genetik lima populasi kelapa yang berasal dari Jawa berdasarkan atas penanda Random Amplified Polymorphic DNA. *Biosfera* 20(2): 37-42.
- Tenda ET, Rompas T, Tampake H. 1992. Keragaan kelapa Dalam Sawarna di PTP XI Jawa Barat. *Buletin Balitka* 18:28-31.

- Tingey SV, Ravalski JA, Williams JGK. 1992. Genetic analysis with RAPD markers. Di dalam Application of RAPD Technology to Plant Breeding. Joint Plant Breeding Simposia Series. Minneapolis, 1 Nov 1992. hlm 3-8.
- Upadhyay A, Jayadev K, Manimekalai R, Parthasarathy VA. 2004. Genetic relationship and diversity in Indian coconut accession based on RAPD markers. *Scientia Horticulturae* 99:353-362.
- Viccini LF, da Costa DCS, Machado MA, Campos AL. 2004. Genetic diversity among nine species of *Lippia* (Verbenaceae) based on RAPD markers. *Plant Syst. Evol.* 246:1-8.

Penggunaan Ragi Komersial pada Pengolahan Etanol dari Nira Aren

A. LAY

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado 95001

Diterima 15 Juli 2009 / Direvisi 17 September 2009 / Disetujui 25 November 2009

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mendapatkan ragi komersial yang efektif untuk fermentasi nira aren menjadi etanol, teknik pengolahan yang efisien dan praktis dioperasikan petani/kelompok tani. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni 2009, di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado. Penelitian dilakukan dalam bentuk percobaan faktorial $5 \times 4 \times 2$, menggunakan rancangan acak lengkap. Faktor A adalah ragi komersial yang terdiri atas A1= Fermipan, A2= Mauri-pan, A3 = Gold-Pamaya, A4 = BrewMax dan A5 = tanpa menggunakan ragi. Faktor B adalah lama fermentasi yang terdiri atas B1= 0 hari, B2 = 1 hari, B3= 2 hari dan B4 = 3 hari). Pengolahan etanol dilakukan melalui proses fermentasi dan destilasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ragi yang sesuai untuk fermentasi nira aren yang optimal menjadi etanol adalah Gold-Pakmaya dan Fermipan. Penggunaan destilator tunggal skala laboratorium dalam proses destilasi pertama menghasilkan etanol kadar 28-43% dan destilasi kedua menghasilkan etanol kadar 72-77%. Secara ekonomi pengolahan etanol kadar 30-32% dan 72-77% adalah layak dan menguntungkan.

Kata kunci: Nira aren, ragi komersial, fermentasi, destilasi, etanol.

ABSTRACT

Use of Commercial Yeasts on Etanol Processing from Palm Neera

The objective of this research was to find out commercial yeasts which effective for fermentation sugar palm neera become etanol, efficient processing technique and it can be operated by the farmers/the farmer groups. The research was done from March to June 2009, in the Laboratory of Indonesia Coconut and Other Palmae Research Intitute. The research was conducted in factorial experiment $5 \times 4 \times 2$, using completed randomized design. Factor A is commercial yeast, which consists of A1 = Fermipan, A2 = Mauri-pan, A3 = Gold-Pakmaya, A4 = BrewMax, and A5 = Without yeast. (Fermipan, Mauri-pan, Gold-Pakmaya, BrewMax and without yeast. Factor B is fermentation period which consists of B1 = 0 day, B2 = 2 days and B3 = 3 days. Ethanol processing was conducted by using fermentation and distillation process. The result showed that the suitable yeast for fermentation were Gold-Pakmaya and Fermipan yeast. Using a single destillator, laboratory scale, the first and second processes, produced etanol 28-43% and 72-77%, respectively. Processing etanol 30-32% and 72-77% is economically feasible.

Keywords: Sugar palm neera, commercial yeasts, fermentation, distillation, ethanol.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, aren tumbuh di daerah-daerah perbukitan dengan curah hujan yang relatif tinggi dan merata sepanjang tahun. Sentra pertanaman aren meliputi Provinsi Nangroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, Gorontalo, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Maluku Utara, dan Papua (Anonim, 2006).

Proses pengolahan nira aren menjadi etanol lebih sederhana dibandingkan pati sagu dan ubi kayu, karena nira dalam bentuk cair dan bersifat mobil dalam proses fermentasi (Dalibard, 1999). Fermentasi etanol dipengaruhi oleh faktor mikroorganisme, kondisi proses fermentasi dan teknologi proses. Umumnya mikroorganisme yang sangat berperan pada fermentasi etanol adalah *Saccharomyces* sp. Faktor-faktor lingkungan seperti pH larutan, suhu dan nutrisi mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam mensintesa gula menjadi etanol. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan efisiensi fermentasi adalah mendapatkan strain-strain baru yang unggul, dan penguasaan teknologi proses fermentasi (Santoso dan Murdyatmo, 1994).

Dilaporkan Santoso dan Murdyatmo, (1994), bahwa penggunaan *Saccharomyces* sp strain PS-01 yang diproduksi P3GI, pada pengolahan etanol dengan bahan baku tetes tebu dan proses fermentasi berlangsung selama 48 jam, pada pH 4,5-5,0 dan suhu ruang 32-34°C, menghasilkan etanol dengan rendemen tertinggi, yakni 20%. Salah satu indikasi diperolehnya strain unggulan adalah dihasilkan berbagai ragi komersial dengan

nama dagang dan negara produsen antara lain Fermipan (Perancis), Mauripan (China), Gold-Pakmaya (Turki) dan BrewMax (Canada). Ragi komersial ini, telah digunakan pada pengolahan roti, sehingga lebih dikenal dengan sebutan ragi roti. Ragi roti sudah diujicobakan pada pengolahan minuman anggur (*palm wine*) dari nira aren dengan kadar etanol sekitar 5%, aroma khas dan disukai panelis (Rindengan, 2005), dan pengolahan etanol dari bahan baku air kelapa menghasilkan etanol 6-8% (Karouw, 2004).

Nira aren merupakan bahan baku potensial untuk diolah menjadi etanol. Proses pengolahan yang umum dilakukan petani aren adalah fermentasi alami (tanpa menggunakan ragi). Di Sulawesi Utara, pengolahan etanol dari nira aren dilakukan dengan cara fermentasi, yaitu dengan cara penyimpanan nira dalam wadah penampung selama 2-4 hari tanpa penggunaan ragi. Proses pengolahan etanol ditingkat petani dilakukan dengan cara penyulingan hasil fermentasi nira menggunakan alat sederhana, wadah pemasakan menggunakan drum, proses destilasi menggunakan bambu yang saling bersambungan dengan panjang 21-24 m. Penentuan kadar etanol pada tingkat petani dilakukan berdasarkan kebiasaan dengan pengamatan pada hasil penyulingan, yaitu tetesan cairan etanol pada botol pertama dan kedua diperkirakan kadar etanol 40-45%, tetesan cairan pada botol ketiga sampai kelima kadar etanol 30-35% dan tetesan selanjutnya diperkirakan kadar etanol 20-25%. Untuk keseragaman, kadar etanol 30-35%, dengan mencampurkan etanol hasil penyulingan. Pengolahan etanol dari nira aren dengan cara demikian membutuhkan tujuh liter nira

aren untuk menghasilkan satu liter etanol berkadar 30-35% (Lay *et al.*, 2004).

Permasalahan utama yang dihadapi oleh pengolah etanol atau *captikus* pada tingkat petani, adalah kadar etanol yang dihasilkan tidak seragam dan tidak diketahui dengan pasti. Untuk mengatasi permasalahan ini, perlu dilakukan: (a) Pemasangan termo-kopel pada wadah pemasakan nira hasil fermentasi, untuk kontrol suhu pemasakan dan penyulingan, (b) Letak tungku harus di atas permukaan tanah agar memudahkan kontrol kayu bakar dan pembakaran lebih efektif, (c) Pengukuran kadar etanol dengan alkohol meter. Apabila kadar etanol kurang dari 30% dapat dilakukan penyulingan ulang, jika lebih dari 30% dilakukan pengenceran, agar diperoleh produk etanol yang seragam (Karouw dan Lay, 2006).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan ragi komersial yang efektif untuk memfermentasi nira aren menjadi etanol, teknik pengolahan yang praktis dioperasikan petani/kelompok tani, serta secara ekonomi akan menguntungkan petani.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan terdiri atas nira aren yang berasal dari petani di Kecamatan Mapanget, Minahasa Utara, dan ragi komersial terdiri atas Fermipan, Mauri-pan, Gold-Pakmaya dan BrewMax.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni 2009, di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado. Penelitian dilakukan dalam bentuk percobaan faktorial $5 \times 4 \times 2$, menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Faktor A Ragi komersial, yakni: A1 = Fermipan, A2 = Mauri-pan, A3 = Gold-Pakmaya, A4 = BrewMax, dan

A5 = Tanpa menggunakan ragi. Faktor B Lama Fermentasi, yakni B1 = 0 hari, B2 = 1 hari, B3 = 2 hari, B4 = 3 hari.

Pada penelitian ini, dilakukan proses fermentasi nira aren dengan menggunakan ragi komersial, takaran ragi 3 g/liter nira untuk ragi Fermipan, Mauri-pan dan Gold-Pakmaya, sedangkan untuk ragi BrewMax menggunakan takaran 1 g/liter nira, dengan lama fermentasi 0-3 hari. Hasil fermentasi dilanjutkan dengan proses destilasi bertingkat. Selama proses fermentasi dilakukan pengamatan kadar etanol (%), jika kadar etanol tidak terdeteksi, menggunakan perhitungan konversi gula menjadi etanol, yakni 1 g gula menghasilkan 0,52 g etanol, kadar gula (%) dan kemasaman (pH).

Proses destilasi menggunakan destilator sistem tunggal skala laboratorium dengan proses destilasi bertingkat. Ditetapkan volume hasil destilasi masing-masing 150 ml dan 200 ml untuk setiap perlakuan. Pengamatan terhadap hasil destilasi terdiri atas: rendemen etanol (%), kadar etanol (%), kadar gula (%), neraca bahan baku dan produk hasil olah, serta analisis ekonomi pengolahan etanol. Analisis data proses fermentasi menggunakan ANOVA dengan uji BNT, kecuali pH. Pengukuran produk etanol hasil destilasi, neraca massa bahan olah dan analisis ekonomi pengolahan nira menjadi etanol menggunakan hasil rata-rata pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fermentasi

Hasil analisis statistik, menunjukkan bahwa interaksi antara ragi dan waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar gula dan kadar etanol,

tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pH nira aren selama fermentasi. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 1.

etanol 5,0-5,1% dan ragi Fermipan menghasilkan etanol 4,8-5,0%. Proses fermentasi nira aren selama dua hari

Tabel 1. Hasil fermentasi nira aren dengan ragi komersial.

Table 1. Fermentation product of sugar palm neera using commercial yeasts.

No.	Jenis Ragi Yeasts	Lama Fermentasi (hari) Time fermenting (days)	Kadar Gula Sugar content (%)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	pH nira pH sugar palm neera
1.	Ragi Fermipan	0	13,50a	0,00a	6,10
		1	5,30b	4,30b	4,40
		2	4,30b	4,80b	4,39
		3	3,80b	5,00b	4,38
2.	Ragi Mauri-pan	0	13,50a	0,00a	6,06
		1	8,00b	2,90b	4,44
		2	4,50c	4,70b	4,43
		3	4,30c	4,80b	4,39
3.	Ragi Gold-Pakmaya	0	13,50a	0,00a	6,06
		1	8,00b	2,90b	4,44
		2	3,80c	5,00b	4,43
		3	3,70c	5,10b	4,39
4.	Ragi BrewMax	0	13,50a	0,00a	6,05
		1	10,00b	1,80a	4,54
		2	5,00c	4,40b	4,46
		3	5,00c	4,40b	4,42
5.	Tanpa Ragi	0	13,50a	0,00a	6,12
		1	7,80b	3,00b	4,48
		2	5,10b	4,40b	4,47
		3	4,80bc	4,50b	4,44

Keterangan: Angka dalam kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang tidak sama, berbeda pada taraf uji BNT 5 %.

Note : Numbers followed by the different letters are significantly different at 5% HSD.

Interaksi antara ragi dan lama fermentasi pada proses konversi gula nira aren menjadi etanol tertinggi pada hari pertama, kemudian proses konversi gula menjadi etanol berlangsung lambat pada hari ke dua sampai ke tiga. Konversi gula nira aren menjadi etanol efektif pada penggunaan ragi Gold-Pakmaya dan Fermipan dengan lama fermentasi dua hari, dibanding dengan ragi lain dan tanpa penggunaan ragi. Fermentasi selama 2-3 hari menggunakan ragi Gold-Pakmaya menghasilkan

cukup efektif. Menurut Santoso dan Murdyatmo (1994) penggunaan ragi hanya efektif selama satu hari, disebabkan kebutuhan nutrisi untuk perkembangan ragi. Untuk mengatasi kekurangan nutrisi dan memungkinkan efektifitas ragi dapat dilakukan dengan cara pemberian ulang ragi dengan takaran tertentu pada hari pertama agar proses fermentasi akan lebih efektif.

Pada proses fermentasi, dijumpai gula yang tidak terkonversi menjadi etanol. Gula yang tidak terkonversi

menjadi alkohol ini adalah gula senyawa rantai panjang yang memerlukan perombakan menjadi gula tunggal dengan bantuan enzim, seperti enzim *α amilase* sebelum difermentasi. Alternatif lain untuk mengoptimalkan proses fermentasi gula menjadi etanol adalah mencari strain ragi atau jenis ragi komersial yang mempunyai kemampuan mengkonversi gula rantai panjang dari nira aren menjadi gula tunggal yang selanjutnya dikonversi menjadi etanol.

Nira yang diberi perlakuan ragi maupun tanpa ragi dan difermentasi selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari memiliki pH masam, yaitu 4,38 - 4,54. Nira yang diberi perlakuan ragi tetapi tidak mengalami fermentasi memiliki pH netral, yaitu 6,05-6,12. Kemasaman 4-6 sesuai untuk pertumbuhan ragi dan efektif dalam merombak gula menjadi etanol. Pada pH kurang dari 4, proses fermentasi tidak efektif karena pertumbuhan ragi terhambat (Santoso dan Murdyatmo, 1994).

Pada proses fermentasi nira aren selama tiga hari, suhu ruang pada pagi hari sampai malam hari berkisar 28,5-31,5°C. Proses fermentasi adalah pemecahan gula-gula sederhana menjadi etanol dengan melibatkan enzim dan ragi, pada kisaran suhu 27,0-32,0°C (Hambali *et al.*, 2008). Menurut Santoso dan Murdyatmo (1994) suhu optimal untuk proses fermentasi gula menjadi etanol adalah 31-34°C. Dengan demikian, proses fermentasi nira menjadi etanol pada penelitian ini, berlangsung pada suhu yang dapat dikategorikan optimal.

Destilasi

Hasil destilasi dengan destilator tunggal skala laboratorium menunjukkan bahwa penggunaan ragi komersial yang beragam akan menghasilkan kadar etanol, kadar gula dan pH yang beragam (Tabel 2). Pada rendeman etanol yang sama (150 ml dan 200 ml), ternyata kadar etanol yang tinggi dijumpai pada hasil

Tabel 2. Hasil destilasi produk fermentasi nira aren pada penggunaan ragi komersial.

Table 2. Product of ethanol distillation on some treatments of commercial yeasts.

No.	Jenis ragi Yeasts	Hasil Destilasi Destillated products			pH nira pH sugar palm neera
		Volume Etanol Ethanol volume (ml)	Kadar Etanol Ethanol content (%)	Kadar Gula Sugar content (%)	
1.	Fermipan	150	41	12,0	4,32
		200	31	9,30	4,34
2.	Mauri-pan	150	40	11,50	4,07
		200	31	9,40	4,05
3.	Gold-Pakmaya	150	43	13,00	4,23
		200	32	9,60	4,24
4.	BrewMax	150	33	10,00	3,99
		200	26	8,00	3,97
5.	Tanpa ragi	150	38	10,50	4,22
		200	30	8,60	4,17

destilasi dari fermentasi nira menggunakan ragi Gold-Pakmaya, yaitu 43% dan 31%, dan ragi Fermipan, yaitu 41% dan 31%.

Rendemen dan kadar etanol hasil destilasi ternyata sama dengan kadar etanol yang dihasilkan pada proses fermentasi, yakni kadar etanol tertinggi pada ragi Gold Pakmaya dan Fermipan. Kedua jenis ragi ini lebih efektif dalam mengkonversi gula nira aren menjadi etanol dibanding dengan ragi Mauri-pan, BrewMax dan tanpa menggunakan ragi.

Dibandingkan dengan rendemen hasil olahan etanol pada tingkat petani, yaitu 7 liter nira aren untuk menghasilkan 1 liter etanol, dengan kadar rata-rata 30% (Lay *et al.*, 2004). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi tanpa menggunakan ragi, rendemennya lebih baik pada kadar etanol yang sama, yakni 30%.

Rendahnya rendemen hasil dan kadar etanol pada pengolahan tingkat petani, antara lain disebabkan tidak menggunakan ragi untuk memacu proses konversi gula nira aren menjadi etanol, terjadi kehilangan hasil berupa peng-uapan etanol dalam proses penyulingan, karena adanya kebocoran pada penyambungan antar bambu dan sambungan bambu dengan tangki masak, serta penyerapan etanol oleh bambu yang berfungsi sebagai destilator.

Hasil etanol yang diperoleh pada proses destilasi pertama dengan kadar 28-43% digabungkan dan, dilanjutkan proses destilasi kedua, menggunakan alat destilator tunggal skala laboratorium. Suhu pemanasan sekitar 100°C. Pada destilasi kedua diperoleh hasil sebagai berikut: (1) bahan olah etanol 37% sebanyak 750 ml, didestilasi menghasilkan etanol sebanyak 300 ml kadar 77% dan bahan sisa proses sebanyak 450 ml

kadar etanol 5,0%, dan (2) bahan olah 1.000 ml etanol kadar 30%, didestilasi menghasilkan 350 ml etanol kadar 72% dan bahan sisa proses sebanyak 650 ml dengan kadar etanol 5,0%.

Pada proses destilasi bertingkat dengan destilator sistem tunggal suhu pemanasan sekitar 100°C, ternyata tidak semua etanol menguap, sebagian tertinggal pada labu pemanasan dari destilator, yang dikenal sebagai bahan sisa proses dengan kadar etanol sebesar 5% dari 1000 ml larutan etanol-air atau setara 50 ml etanol murni. Bahan sisa proses yang tertinggal merupakan produk yang hilang (*product losses*). Bahan sisa proses yang mengandung etanol 5%, dapat diproses ulang, namun membutuhkan bahan bakar cukup banyak dan waktu pengolahan cukup lama. Menurut Bernasconi *et al.* (1995) proses destilasi berulang akan meningkatkan kadar etanol dan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kadar etanol, namun proses destilasi berulang membutuhkan tambahan energi panas yang cukup besar untuk memisahkan etanol dari larutan campuran air-etanol.

Neraca Massa

Berdasarkan hasil fermentasi nira aren dengan menggunakan ragi Gold-Pakmaya dan Fermipan, proses destilasi pertama dan destilasi kedua, maka neraca massa bahan olah dan produk sebagai berikut:

- a. Dua ratus liter nira aren yang difermentasi dan destilasi pertama pada destilator tunggal skala laboratorium menghasilkan 40 liter etanol kadar 31-32% atau 30 liter etanol kadar 41- 43%.
- b. Empat puluh liter etanol kadar 31-32%, jika didestilasi ulang

- (destilasi kedua) dengan destilator tunggal skala laboratorium akan menghasilkan sekitar 11,6 liter etanol kadar 72 %.
- c. Tiga puluh liter etanol kadar 41-43 %, jika didestilasi kedua, akan menghasilkan 12,0 liter etanol kadar 77 %.

harga berlaku pada bulan Juni 2009, disajikan pada Tabel 3.

Pengolahan nira aren sebanyak 3.000 liter tahun akan menghasilkan alkohol 70% sebanyak 2.160 liter/tahun dan pendapatan bersih sebesar Rp. 5.700.000/tahun. Pendapatan bersih

Tabel 3. Analisa biaya pengolahan etanol di Sulawesi Utara.
Table 3. Cost analysis of the ethanol processing in North Sulawesi.

No.	Uraian / Items	Nilai / Value (Rp)
a.	Investasi / Investment	
	- Drum dan perlengkapan destilasi tunggal 1 unit	500.000,-
	- Drum and single destillator 1 unit	
	- Alat pembantu (Yerken, botol, tangki penampung nira aren) 1 unit	300.000,-
	- Additional tools (Yerken, bottle, tank for collection palm juice) 1 unit	
	- Bangunan pengolahan / Processing building	700.000,-
	Jumlah / Total (a)	1.500.000,-
b.	Biaya tetap 100% investasi/tahun	1.500.000,-
	Annual fixed cost of 100% investment	
c.	Biaya operasi (bulan) / Monthly operational cost	
	- Nira aren 3000 liter @ Rp. 1.000,- / Palm juice 3000 litres @ Rp. 1.000,-	3.000.000,-
	- Ragi 9 kg @ Rp. 20.000,- / Yeast 9 kgs @ Rp. 20.000,-	180.000,-
	- Upah kerja (termasuk upah pengawasan proses dan pengadaan kayu bakar) 30 OH @ Rp. 50.000 / Salary (salary for processing control and the availability of burned wood)	1.500.000,-
	- Angkutan lokal / Local transportation	120.000,-
	- Cicilan kredit / Credit to be paid monthly	125.000,-
	Jumlah / Total (c)	4.925.000,-
d.	Total biaya setahun / Total annual cost	59.100.000,-
e.	Pendapatan setahun etanol 70% sebanyak 2.160 liter @ Rp. 30.000,-	64.800.000,-
	Annual income of 2.160 litres ethanol 70% @ Rp. 30.000,-	
f.	Pendapatan bersih setahun (e - d) / Annual net income	5.700.000,-

Berdasarkan neraca massa, dapat dipertimbangkan secara teknis jumlah bahan baku atau bahan olah nira aren yang dibutuhkan untuk menghasilkan etanol dengan kadar tertentu. Diketahui secara kuantitas bahan olah nira aren dan produk etanol yang dihasilkan akan membantu untuk menghitung biaya dan keuntungan yang akan diperoleh pada pengolahan nira aren menjadi etanol.

Analisis ekonomi pengolahan nira aren

Analisis ekonomi pengolahan nira aren menjadi etanol, yang didasarkan

yang diperoleh dikategorikan kecil, namun apabila penanganannya dilakukan oleh petani bersama keluarga, pendapatan seluruhnya akan jauh lebih besar. Dengan pertimbangan bahwa kemampuan untuk menyadap aren oleh satu keluarga petani selama 1 tahun (300 hari kerja) dengan produktivitas rata-rata 60 liter/hari, dalam setahun akan dihasilkan nira aren sebanyak 18.000 liter.

Dengan demikian, penyadap nira aren sekaligus sebagai pengolah etanol, akan memperoleh pendapatan = pendapatan bersih + upah kerja selama 12 bulan + 50% nira aren = Rp. 5.700.000 +

Rp. Rp. 18.000.000 + Rp. 18.000.000 = Rp. 41.700.000/tahun. Pendapatan sebesar Rp. 41.700.000/tahun yang diperoleh petani/keluarga merupakan jumlah yang cukup besar untuk memenuhi kebutuhan keluarga. Tingkat pendapatan yang demikian, akan menunjang pengembangan usaha penyadapan nira aren dan pengolahan etanol.

KESIMPULAN

1. Fermentasi nira aren selama dua hari menggunakan ragi Gold-Pakmaya dan Fermipan cukup efektif, dengan menghasilkan etanol 5,0% dan 4,8%.
2. Penggunaan destilator tunggal skala laboratorium untuk proses destilasi pertama, menghasilkan etanol kadar 28-43%, dan proses destilasi kedua dengan bahan olahan hasil destilasi pertama, menghasilkan etanol kadar 72-77%.
3. Pengolahan etanol dari nira aren untuk menghasilkan etanol kadar 30-37% dan 72-77% adalah layak dan menguntungkan.
4. Dalam upaya menunjang pengembangan usaha pengolahan etanol secara massal di tingkat petani/kelompok tani, patut dipertimbangkan ketersediaan ragi unggul seperti Gold-Pakmaya dan Fermipan secara lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. Data statistik tanaman aren. Departemen Pertanian.
- Bernasconi, Gaster GA, Hauser H, H. Stanbe H, Schneiter E. 1995. Chemical technologie, Teil 2. Diterjemahkan oleh Lienda Handojo. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Dalibard C. 1999. Overall view on the traditional of tapping palm trees and prospects for animal production. *Livestock research rural development*, 11(1):1-53.
- Hambali E, Mujdalipah S, Tambunan AH, A.W. Pattiwiri AW, Hendroko R. 2008. Teknologi bioenergi. AgroMedia. Jakarta.
- Karouw S. 2004. Pengolahan air kelapa menjadi alkohol dengan menggunakan ragi roti. Laporan Tahunan 2004. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado.
- Karouw S, Lay A. 2006. Nira aren dan teknik pengendalian produk olahan. *Buletin Palma*; (31):116-125.
- Lay A, Hutapea RTP, Tuyuwale J, Sondakh JO, Polakitan AL. 2004. Pengembangan komoditas aren di Daerah Minahasa Sulawesi Utara. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Tanaman Aren. Tondano, Juni 2004.
- Rindengan B. 2005. Pengolahan anggur palma (*palm wine*) dari nira aren. Laporan Tahunan 2005. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado.
- Santoso H, Murdyatmo U. 1994. Fermentasi etanol dari tetes tebu oleh *Saccharomyces* sp. Ps Y-01. MPG P3GI Pasuruan; 30(4):30-39.

Adopsi Teknologi Budidaya Kelapa pada Populasi Terserang Hama *Sexava* di Kabupaten Kepulauan Talaud

DANIEL J. TORAR

Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado
Jalan Raya Mapanget, Kotak Pos 1004 Manado-95001

Diterima 28 Mei 2009 / Direvisi 13 Agustus 2009 / Disetujui 19 November 2009

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan metode penelitian survei yang bersifat deskriptif korelasional. Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Kabaruan dan Kecamatan Beo Kabupaten Kepulauan Talaud. Dari setiap kecamatan dipilih secara random masing-masing dua desa. Setiap desa diambil 30 petani secara sampel random sampling sehingga jumlah seluruh petani contoh adalah 120 petani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adopsi teknologi budidaya kelapa di Kabupaten Kepulauan Talaud tergolong dalam tiga klasifikasi, yaitu tingkat adopsi rendah (35,83%) tingkat adopsi sedang (50,83%) dan tingkat adopsi tinggi (13,33%).

Kata kunci : Adopsi, teknologi, budidaya, pendapatan.

ABSTRACT

Adoption of Coconut Cultivation Technology on Attacked Sexava Population in Talaud Island Regency

This research was conducted by survey method with descriptive-correlational approach. The research was conducted in Kabaruan and Beo Sub District in Talaud Island Regency. Total of two villages were chosen randomly in each Sub District. In each village, 30 farmers were chosen randomly as respondents, making total of 120 farmers. The result showed that the adoption level of technology of coconut cultivated in Talaud Island Regency could be divided in to three categories, low level (35.83%), moderate (50.83%), and high level of adoption (13.33%).

Keywords: Adoption, technology, cultivation, income.

PENDAHULUAN

Hama *Sexava* merupakan salah satu hama yang sangat berbahaya pada tanaman kelapa di Indonesia Timur terutama di Kepulauan Sangihe dan Talaud Sulawesi Utara, Maluku dan Papua. Tiga spesies yang sudah diketa-

hui merusak tanaman kelapa, yaitu *Sexava nubila*, *Sexava coriacea* dan *Sexava karnyi*. Kenyataan di lapang, hanya dua spesies (*Sexava nubila* dan *Sexava coriacea*) yang lebih banyak menyebabkan kerusakan tanaman kelapa. Hama ini selain menyerang daun dapat juga merusak bunga dan buah sehingga secara lang-

sung dapat menurunkan produksi kelapa, bahkan serangan berat dapat menyebabkan kematian tanaman (Hosang dan Sabbatoellah, 2005).

Tingkat kerusakan tanaman dapat mempengaruhi produksi kelapa, makin tinggi kerusakan tanaman, makin rendah produksi kelapa (Hosang dan Sabbatoellah, 2005). Pada tingkat kerusakan berat (62.5%) perkiraan produksi per pohon per tahun hanya 5.68 butir, hal ini tentunya sangat merugikan petani atau pengusaha kelapa (Hosang dan Sabbatoellah, 2005). Pada tahun 2004, kerusakan tanaman kelapa akibat serangan kelapa ini di Kepulauan Talaud cukup tinggi sekitar 44.1% dengan rata-rata produksi < 2 butir/pohon (Hosang *et al.*, 2004). Data ini membuktikan bahwa sampai sekarang hama *Sexava* masih merupakan ancaman bagi tanaman kelapa di Kepulauan Talaud, karena dapat menyebabkan kehilangan produksi cukup besar. Tanaman kelapa dengan tingkat serangan berat kondisinya sangat memprihatinkan karena produksinya sangat rendah bahkan sebagian besar tidak berproduksi.

Akhmad dan Tatang (2005) menyatakan salah satu faktor yang mempengaruhi percepatan adopsi adalah sifat dari inovasi itu sendiri. Inovasi yang akan diintroduksi, harus banyak kesesuaian (daya adaptif) terhadap kondisi biofisik, sosial, ekonomi, dan budaya yang ada di petani. Untuk itu inovasi yang ditawarkan ke petani harus inovasi yang tepat guna. Menurut Mundy (2000), kecepatan adopsi suatu inovasi tergantung pada beberapa hal, yaitu sifat inovasi, sifat adopter, dan perilaku pengantar perubahan (peneliti atau penyuluh).

Dalam rangka mempercepat transfer teknologi, Balitka (2002), telah

menghasilkan paket teknologi yang dapat dimanfaatkan sebagai petunjuk dalam melaksanakan budidaya kelapa dengan baik sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani.

Dengan gambaran situasi tersebut pertanyaan yang muncul adalah : "apakah kebijakan pemerintah dengan mengintroduksi inovasi teknologi budidaya kelapa yang terserang hama *Sexava* di Kabupaten Kepulauan Talaud dapat diadopsi oleh para petani?". Diduga bahwa tingkat adopsi petani untuk inovasi teknologi budidaya kelapa yang terserang hama *Sexava* di Kabupaten Kepulauan Talaud masih rendah. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk mempelajari adopsi teknologi budidaya kelapa yang terserang hama *Sexava* di Kabupaten Kepulauan Talaud.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan rancangan penelitian survei yang bersifat deskriptif-korelasional, yaitu suatu metode penelitian yang memusatkan perhatian pada suatu permasalahan masa sekarang dengan jalan mengumpulkan data dan menganalisisnya. Hasil akhirnya merupakan suatu gambaran permasalahan yang ditampilkan melalui tabel data dan variabel yang dianalisis dengan analisa statistik Analisa statistik adalah uji Z (Walpole, 1992). Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Kabaruan dan Beo, Kabupaten Talaud Provinsi Sulawesi Utara pada setiap kecamatan ditentukan secara sengaja masing-masing dua desa. Penentuan lokasi penelitian dilakukan secara sengaja (*purposive*) dengan pertimbangan lokasi tersebut

pernah diintroduksi teknologi budidaya kelapa yang terserang hama *Sexava*.

Pengumpulan data dilaksanakan selama 3 bulan, mulai bulan Agustus sampai bulan Oktober 2005. Populasi penelitian ini adalah petani kelapa yang pernah mengikuti bimbingan teknologi budidaya kelapa yang terserang hama *Sexava*. Jenis data yang dikumpulkan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan lapangan, wawancara terstruktur dan mendalam dengan menggunakan kuesioner. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui telaah berbagai kepustakaan, laporan dan dokumen yang relevan dengan tujuan penelitian.

Untuk mengetahui tingkat adopsi teknologi usahatani kelapa yang terserang hama *Sexava*, menggunakan model teknik tertimbang (Kasdono, 1990), yaitu :

$$\frac{NF \times NB}{NM}$$

NF = Nilai faktor yaitu nilai yang diperoleh dilapang

NB = Nilai bobot yaitu nilai dari variabel yang diukur

NM = Nilai maximum yaitu nilai dari setiap kegiatan

Nilai maksimum dari setiap teknologi budidaya kelapa yang dianjurkan pada petani di Kabupaten Kepulauan Talaud dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam menentukan nilai maksimum tiap kegiatan didasarkan atas faktor kritis (*critical factor*) yang selama ini diterapkan oleh Bimas dan Dirjen Perkebunan (Kasdono, 1990). Tingkat adopsi teknologi secara keseluruhan diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Adopsi rendah, apabila 0 - 44,99% dari skor maksimum.
2. Adopsi sedang, apabila 45-64,99 % dari skor maksimum.
3. Adopsi tinggi, apabila 65-100% dari skor maksimum.

Untuk menguji hipotesa bahwa tingkat adopsi petani terhadap teknologi usahatani kelapa yang terserang hama *Sexava* adalah rendah, digunakan statistik uji Z dengan formula sebagai berikut (Walpole, 1992) :

$$Z = \frac{P - P_o}{\sqrt{\frac{P_o(1 - P_o)}{n}}}$$

dimana :

P = persentase parameter adopsi hasil pengamatan

Po = persentase parameter adopsi yang ditetapkan

n = jumlah sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Umur Petani

Umur petani disamping berkaitan dengan kecepatan adopsi suatu inovasi juga berkaitan dengan kemampuan fisiknya dalam bekerja untuk memenuhi kebutuhan keluarganya. Sampai tingkat umur tertentu akan semakin meningkat kekuatan fisik seseorang sehingga produktivitasnya naik, tetapi semakin tua umur maka kekuatan fisik menurun dan produktivitasnya juga menurun.

Menurut Soeharjo dan Patong (1978), umur seseorang petani akan mempengaruhi fisik kerja dan cara berpikir. Kemampuan fisik yang dimaksud adalah mencakup produktivitas tenaga kerja dibidang pertanian.

Tabel 1. Nilai maksimum kegiatan teknologi budidaya kelapa yang dianjurkan pada petani di Kabupaten Kepulauan Talaud.

Table 1. *Maximum value of coconut recommended technologists on farmer in Talaud Island Regency.*

No.	Kegiatan (Activity)	Nilai Maksimum (Maximum value)
1.	Penentuan Lokasi	10
	a. Evaluasi iklim wilayah	-
	b. Evaluasi keadaan lahan dan tanah	-
2.	Penyiapan Lahan	8
	a. Pengajiran	-
	b. Cara pengajiran	-
	c. Pembuatan lobang tanam	-
3.	Bahan tanaman	7
	a. Jenis-jenis kelapa Dalam unggul	-
	b. Persyaratan bahan tanaman	-
4.	Persemaian	10
	a. Pemilihan lokasi	-
	b. Persiapan lokasi persemaian	-
	c. Penyiapan benih	-
	d. Penyayatan benih	-
	e. Pemeliharaan persemaian	-
	f. Seleksi kecambah	-
5.	Panen : tiap 2 bulan, tiap 3 bulan, tiap > 3 bulan	8
6.	Pasca panen : minyak kelapa, kopra, air kelapa muda	7
7.	Pengendalian gulma	10
	a. Pengendalian gulma secara fisik	-
	b. Pengendalian gulma secara mekanis	-
	c. Pengendalian gulma secara kimiawi	-
8.	Pemupukan	8
	a. Takaran dan cara memupuk-1	-
	b. Takaran dan cara memupuk-2	-
9.	Pengendalian hama dan penyakit	7
	a. Hama	-
	b. Penyakit	-
10.	Panen dan pengolahan kelapa	10
11.	Peremajaan kelapa	8
	a. Kriteria peremajaan	-
	b. Metode peremajaan	-
12.	Tanaman sela diantara kelapa	7
	Jumlah nilai maksimum	100

Sumber/Source : Balitka, 2002, dan Kasdono, 1990.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap umur petani kelapa, ternyata sebagian besar petani berada pada usia produktif. Klasifikasi umur petani kelapa disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2, menunjukkan bahwa petani yang berumur 50 tahun keatas jumlahnya 63 orang (52,50%), petani yang berumur 40-49 tahun sebanyak

34 orang (28,33%), petani yang berumur 30-39 tahun junlahnya 20 orang (16,66%), sedangkan petani yang umur 20 - 29 tahun sebanyak 3 orang (2,50). Secara keseluruhan umur petani kelapa yang pada usia produktif (umur 20-49 tahun) sebanyak 47.49%.

2. Pendidikan Petani

Tingkat pendidikan formal merupakan faktor penting untuk melihat mutu sumber daya manusia, makin tinggi pendidikan formal petani, maka akan semakin rasional karena pola pikirnya semakin baik, sehingga dapat merubah sikap dan perilaku dalam berusahatani.

Menurut Mardikanto (1993), pendidikan adalah proses pengembangan pengetahuan, keterampilan maupun sikap seseorang yang dilakukan secara terencana sehingga diperoleh perubahan-perubahan dalam meningkatkan taraf hidup. Tingkat pendidikan formal petani kelapa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 tampak bahwa sebanyak 30 orang (37,50%) petani tidak pernah mengalami pendidikan formal dan 25 orang (31,25%) memiliki tingkat pen-

didikan Sekolah Dasar (SD), tingkat SLTP 17 orang (21,25%), tingkat SLTA 8 orang (10%) dan Perguruan Tinggi 3 orang (3,50%) sehingga dapat dilihat bahwa tingkat pendidikan petani kelapa di Kabupaten Kepulauan Talaud masih rendah. Tingkat pendidikan petani sangat mempengaruhi petani dalam kecepatan dan tingkat adopsi dalam mengambil keputusan untuk menerima atau menolak suatu inovasi teknologi.

3. Jumlah Tanggungan Keluarga

Banyaknya tanggungan dalam keluarga merupakan beban dalam rangka penyediaan kebutuhan hidup, tetapi jumlah tanggungan keluarga dapat merupakan sumber tenaga kerja untuk melaksanakan kegiatan usahatannya. Jumlah tanggungan keluarga petani kelapa disajikan pada Tabel 4.

Tabel 2. Klasifikasi umur petani kelapa di Kabupaten Kepulauan Talaud.
Table 2. Age classification of coconut farmer in Talaud Island Regency.

No	Klasifikasi umur (tahun) Age classification (year)	Jumlah petani (orang) Number of farmer (person)	Persentase Percentage
1.	20 – 29	3	2,50
2.	30 – 39	20	16,66
3.	40 – 49	34	28,33
4.	≥ 50	63	52,50
Jumlah		120	100,00

Sumber : Analisa data primer, 2005.

Source: Primer data analysis, 2005.

Tabel 3. Tingkat pendidikan formal petani kelapa Kabupaten Kepulauan Talaud.
Table 3. Level of formal education of coconut farmer in Talaud Island Regency.

No	Tingkat Pendidikan Level of education	Jumlah Petani (orang) Number of farmer (person)	Persentase Percentage
1	Tidak sekolah	30	37,50
2	SD	25	31,25
3	SMP	17	21,25
4	SMA	8	10,00
5	PT	3	3,50
Jumlah		120	100,00

Sumber : Analisa data primer, 2005.

Source: Primer data analisis, 2005.

Tabel 4. Jumlah tanggungan keluarga petani kelapa di Kabupaten Kepulauan Talaud.
Table 4. Number of family of coconut farmer in Talaud Island Agency.

No	Jumlah tanggungan (orang) Number of responsibility (person)	Jumlah petani (orang) Number of farmer (person)	Persentase Percentage
1	1-2	52	43,33%
2	3	35	29,16%
3	4	33	27,50
	Jumlah	120	100,00

Sumber : Analisis data primer, 2005

Source : Primer data analisis, 2005

Tabel 4 tampak bahwa sebagian besar keluarga petani kelapa 52 orang (43,33%) mempunyai tanggungan keluarga 1 sampai dengan 2 orang, hal ini dapat dijelaskan berkaitan dengan faktor umur petani yang sebagian besar berusia tua, sehingga anggota keluarganya sudah banyak yang kawin. Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa paling sedikit setiap keluarga menanggung sebanya 1 orang dan paling banyak 4 orang.

4. Luas pemilikan lahan kelapa

Lahan merupakan salah satu faktor produksi yang sangat penting. Pemilikan lahan kelapa di Kabupaten Talaud oleh petani pada umumnya berasal dari harta warisan, dengan status hak milik. Pada umumnya petani memiliki lahan usahatani kelapa maupun tanaman lainnya, seperti pala, cengkeh, talas. Luas lahan kelapa disajikan pada Tabel 5.

Hasil pengamatan seperti pada Tabel 5 menunjukkan bahwa 38 orang (31,66%) petani memiliki lahan kelapa seluas 0,01 -0,50 ha dan 42 orang (35%) memiliki lahan kelapa 0,50-1,00 ha, 31 orang (25,83%) memiliki luas lahan 1,01-2,00 ha dan 9 orang (7,50%) memiliki luas lahan $\geq 2,00$ ha.

5. Tingkat adopsi teknologi petani kelapa

Untuk mengetahui tingkat adopsi teknologi petani digunakan metode tabulasi skor dengan teknik tertimbang.

Teknologi yang digunakan sebagai variabel pengukur adalah teknologi penentuan lokasi, penyiapan lahan, bahan tanaman, persemaian, pembibitan, penanaman, pengendalian gulma, pemupukan, pemberantasan hama dan penyakit, panen dan pengolahan, pematangan dan tanaman sela diantara kelapa. Dari setiap variabel tersebut ditentukan nilai maksimum dan nilai faktor dan nilai bobot, sehingga diperoleh nilai tertimbang, dan tingkat adopsi teknologi budidaya kelapa petani (Tabel 6).

Tingkat adopsi teknologi budidaya kelapa petani Talaud disajikan pada Tabel 7.

Tabel 5. Luas lahan kelapa petani tahun 2005 di Kabupaten Kepulauan Talaud.
Table 5. Area of coconut plantation in 2005 in Talaud Island Argency.

No	Luas lahan (ha) Area of land (ha)	Jumlah petani (orang) Number of farmer (person)	Persentase Percentage
1	0,01 – 0,50	38	31,66
2	0,50 – 1,00	42	35,00
3	1,01 – 2,00	31	25,83
4	≥ 2.00	9	7,50
		120	100,00

Sumber : Analisis data primer, 2005
Source : Primer data analisis, 2005.

Tabel 6. Nilai tertimbang teknologi budidaya kelapa pada petani di Kabupaten Kepulauan Talaud.
Tabel 6. Balance value of technology of coconut plantation on farmer in Talaud Island Regency.

No.	Kegiatan teknologi Activitytechnology	Nilai faktor Factor value	Nilai bobot Weight value	Nilai maksimum Maximum value	Nilai tertimbang Balance value	Jumlah petani Number of farmer
1	Penentuan lokasi	-	-	10	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	0,90	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,40	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,10	43(35,83)
2	Penyiapan Lahan	-	-	8	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,125	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,50	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,125	43(35,83)
3	Bahan Tanaman	-	-	7	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,285	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,571	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,142	43(35,83)
4	Persemaian	-	-	10	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	0,90	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,40	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,10	43(35,83)
5	Pembibitan	-	-	8	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,125	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,50	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,125	43(35,83)
6	Penanaman	-	-	7	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,285	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,571	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,142	43(35,83)
7.	Pengendalian Gulma	-	-	10	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,285	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,571	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,142	43(35,83)

Sambungan Tabel 6.

No.	Kegiatan teknologi <i>Activity technology</i>	Nilai factor <i>Factor value</i>	Nilai bobot <i>Weight value</i>	Nilai maksimum <i>Maximum value</i>	Nilai tertimbang <i>Balance value</i>	Jumlah petani <i>Number of farmer</i>
8.	Pemupukan	-	-	8	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,125	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,50	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,125	43(35,83)
9.	Pemberantasan Hama dan Penyakit	-	-	7	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,285	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,571	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,142	43(35,83)
10.	Panen dan Pengolahan	-	-	10	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	0,90	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,40	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,10	43(35,83)
11.	Peremajaan Kelapa	-	-	8	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,125	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,50	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,10	43(35,83)
12.	Tanaman Sela Diantara Kelapa	-	-	7	-	-
	a. Sesuai	3	3	-	1,285	16(13,33)
	b. Cukup sesuai	2	2	-	0,571	61(50,83)
	c. Tidak sesuai	1	1	-	0,125	43(35,88)
	Adopsi teknologi budidaya kelapa	-	-	100	-	16(13,33) 61(50,83) 43(35,88)

Sumber : Analisis data primer, 2005.

Source : Primer data analysis, 2005.

Tabel 7. Tingkat adopsi teknologi budidaya kelapa yang terserang hama *Sexava* di Kabupaten Kepulauan Talaud.Table 7. Rate adoption of technology of coconut cultivated with attacked by *Sexava* in Talaud Island Regency.

Tingkat Adopsi <i>Level of adoption</i>	Klasifikasi <i>Classification</i>	Jumlah petani <i>Number of farmer</i>	Persentase (%) <i>Percentage (%)</i>
0 – 44,99%	Adopsi rendah	43	35,83
45 – 64,99%	Adopsi sedang	61	50,83
65 – 100,00%	Adopsi tinggi	16	13,33
		120	100,00

Sumber : Analisis data primer, 2005

Source : Primer data analysis, 2005.

Tabel 7 menunjukkan bahwa sebagian besar petani, yaitu 43 orang (35,83%) termasuk dalam klasifikasi tingkat adopsi rendah (0-44,99%), dan yang termasuk dalam klasifikasi adopsi sedang 45-64,99% adalah 61 orang (50,83%), dan adopsi tinggi (65-100,00%) hanya 16 orang ((13,33%). Hal ini berarti teknologi budidaya kelapa yang diperkenalkan pada masyarakat Talaud tidak seluruhnya dilaksanakan oleh petani. Hasil penelitian memberi gambaran bahwa, walaupun petani mendapat perlakuan yang sama dalam memperoleh inovasi berupa teknologi budidaya kelapa tetapi tingkat adopsi teknologi petani sampel berbeda, hal ini disebabkan perbedaan karakteristik petani responden.

Untuk menguji hipotesa bahwa tingkat adopsi petani terhadap teknologi usahatani kelapa yang terserang hama *Sexava* adalah rendah, digunakan statistik uji Z dengan formula sebagai berikut (Walpole,1992):

Statistik uji Z-nya diperoleh dengan rumus:

$$Z = \frac{p - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}}$$

Hipotesis:

$$H_0 : p = 0.1625$$

$$H_i : p_0 = 0.65$$

$$\text{Pada } \alpha = 0,01 \text{ dan } p = 0,1625$$

Sehingga diperoleh persamaan:

$$Z_{\text{hit}} = \frac{p - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}} = \frac{0.1625 - 0.65}{\sqrt{\frac{0.65(1-0.65)}{120}}}$$

$$= \frac{-0.4875}{0.0435407} = -11.1964$$

Maka, $Z_{\text{hit}} = -11.1964$

Daerah kritis dengan taraf nyata $\alpha = 0,01$ dalam pengujian daerah dengan uji pihak kiri, terima H_0 jika $Z > -Z_{0,5-\alpha}$. Hasil perhitungan $Z < -Z_{0,49}$ atau $Z < -2,32$ karena $Z_{\text{hitung}} < Z_{\text{tabel}}$ atau $-11.1964 < -2,32$ maka tolak H_0 , dengan demikian hipotesis yang menyatakan bahwa tingkat adopsi teknologi budidaya kelapa yang terserang hama *Sexava* di Talaud sebagian besar masih rendah tidak diterima. Sebab hasil analisa tingkat adopsi ternyata tingkat adopsi petani kelapa di Kabupaten Talaud adalah pada tingkat sedang. Hal ini dapat dijelaskan bahwa petani Talaud telah mengerti dan memahami paket teknologi budidaya kelapa yang terserang hama *Sexava*, yaitu apabila teknologi tersebut diterapkan dengan baik dan benar maka produksi tanaman kelapa dapat meningkat dan menambah pendapatan petani.

Petani kelapa di Kabupaten Kepulauan Talaud ternyata sebagian besar tingkat adopsinya sedang, hal ini berarti, sudah sebagian besar adopsi teknologi budidaya kelapa yang dilaksanakan.

KESIMPULAN

Adopsi teknologi budidaya kelapa di Kabupaten Kepulauan Talaud tergolong dalam klasifikasi tingkat adopsi sedang, berarti sudah sebagian besar budidaya kelapa dilaksanakan dengan benar oleh petani. Dalam rangka menanggulangi permasalahan *Sexava* di Kabupaten Kepulauan Talaud disarankan menerapkan teknologi pengendalian *Sexava* secara terpadu (PHT), perbaikan populasi tanaman kelapa (penjarangan), pemupukan, penanaman tanaman sela di bawah pohon kelapa yang cocok dan menguntungkan, serta penyuluhan yang maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof.Dr.Ir. Novarianto Hengky, MS dan Dr.Ir. Meldy L.A. Hosang, M.Si yang telah memberikan kesempatan untuk terlibat dalam kegiatan penelitian penyempurnaan pengendalian hama *Sexava* secara terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad M, Tatang MI. 2005. Strategi percepatan adopsi dan difusi inovasi pertanian mendukung primatani. Analisis kebijakan pertanian. Badan Litbang Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor. Hal 20-37.
- Badan Litbang Pertanian. 2004. Rancangan dasar : Program rintisan dan akselerasi pemasyarakatan inovasi teknologi pertanian (Primatani). Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Chalita. 2002. Petunjuk teknis budidaya tanaman kelapa Dalam (*Cocos nucifera*). Badan Litbang Pertanian. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain Manado.
- Gunich R. 2001. Dua tongkol jagung. Pedoman pengembangan Pertanian berpangkal pada rakyat. Edisi kedua. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Hosang MLA, Mawikere J, Lolong AA, Tumewan F, Sabbatoellah S, Alouw JC. 2004. Interaksi tritrofik antara musuh alami. Hama (*Sexava*, *Oryctes*) dan tanaman kelapa. Laporan Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain. Manado.
- Hosang MLA, Sabbatoellah S. 2005. Dampak kerusakan tanaman akibat serangan *Sexava* spp. Terhadap penurunan produksi kelapa.
- Monograf Hama dan Penyakit Kelapa. Badan Litbang Pertanian, Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado. Hal. 11-19.
- Kasdono. 1990. Beberapa Faktor Yang Mempengaruhi Adopsi Teknologi Petani Peserta PIRBUN X Kelapa Hibrida di PTP XI, Kabupaten Lebak Jawa Barat. Tesis Pasca-sarjana UGM Yogyakarta (Tidak diterbitkan).
- Mardikanto T. 1993. Penyuluhan pembangunan pertanian. Sebelas Maret University Press. Surakarta.
- Mundy P. 2000. Adopsi dan adaptasi teknologi baru. PAATP3. Bogor.
- Suryana A. 2005. Kebijakan penelitian dan pengembangan kelapa di Indonesia. Pengendalian Hama Terpadu pada Tanaman Kelapa. Prosiding Seminar Nasional PHT Kelapa, Badan Litbang Pertanian, Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, Manado, 30 Nopember 2005. Hal 1-12.
- Simamora B. 2003. Membongkar kotak hitam konsumen. PT. Gramedia. Jakarta.
- Umar I. 2004. Pengaruh motivasi terhadap kinerja karyawan. Makalah disampaikan pada Seminar Hasil Penelitian Hibah tahun 2004, tanggal 9 Desember 2004. Jurusan Administrasi Bisnis. Politeknik Negeri Pontianak. Pontianak.
- Wahyuni S. 2000. Pemberdayaan kelembagaan masyarakat tani mendukung percepatan adopsi dan keberlanjutan adopsi teknologi usahatani lahan rawa. Makalah disampaikan pada Workshop Sistem Usahatani Lahan Pasang Surut-ISDP. Badan Litbang Pertanian, 26-29 Juni 2000. Cipanas-Bogor.
- Walpole RE. 1992. Pengantar Statistika. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. hal. 238-280.

Buletin Palma No. 37, Desember 2009

DAFTAR ISI

1. Rekayasa Teknologi Alat Pengolahan Bioetanol dari Nira Aren 100-113
A. Lay
2. Eksplorasi Aren (*Arenga pinnata* Merr) di Tomohon, Sulawesi Utara 114-118
Elsje T. Tenda
3. Sidik Lintas Karakter Produksi dengan Karakter Vegetatif pada Aksesori Pinang Bolaang Mongondow 119-126
Miftahorrahman
4. Depresi Silangdalam Kelapa Dalam Mapanget Berdasarkan Penanda Mikrosatelit (SSR) 127-137
Donata S. Pandin
5. Pertumbuhan Embrio Kelapa Dalam Mapanget pada Media Y3 yang Disubstitusi dengan Air Kelapa 138-144
Nurhaini Mashud
6. Pengaruh Lama Pendiaman Santan, Cara Penyaringan dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Virgin Coconut Oil (VCO) 145-151
Rindengan Barlina
7. Keragaman Genetik Kelapa Dalam Bali (DBI) dan Dalam Sawarna (DSA) Berdasarkan Penanda Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) 152-165
Donata S. Pandin
8. Penggunaan Ragi Komersial pada Pengolahan Etanol dari Nira Aren 166-173
A. Lay
9. Adopsi Teknologi Budidaya Kelapa pada Populasi Terserang Hama Sexava di Kabupaten Kepulauan Talaud 174-183
Daniel J. Torar

Buletin Palma	No. 37	Hal. 100-183	Bogor, Desember 2009	ISSN : 1979 – 679X
---------------	--------	--------------	----------------------	--------------------



ISSN 1979-679X



9 771979 679078