

2

TANAMAN PERKEBUNAN *Penghasil* BAHAN BAKAR NABATI



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN

Inpres No. 1 Tahun 2006, Kementerian Pertanian telah memiliki program aksi dan terus mengembangkan bahan tanaman yang dapat dimanfaatkan untuk bahan baku bioenergi, meliputi jarak pagar, ubi kayu, sorgum, sagu, kelapa, kelapa sawit, dan bahan tanaman lainnya, tanpa mengganggu program pemantapan ketahanan pangan nasional. Program tersebut juga sesuai dengan visi litbang pertanian ke depan dalam meningkatkan daya saing dan nilai tambah produk pertanian guna meningkatkan kesejahteraan petani, serta sejalan pula dengan program revitalisasi pertanian, perikanan dan kehutanan yang telah dicanangkan pemerintah pada tahun 2005 yang lalu.

Sesuai dengan Inpres No.1 Tahun 2006, Badan Litbang Pertanian berkepentingan untuk memberikan informasi. Oleh karena itu, pada buku ini akan disajikan informasi mengenai tanaman perkebunan yang menghasilkan bahan baku BBN.

Penyusun,

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi	vii
Pendahuluan	1
• Aren (<i>Arenga pinnata</i> MERR.).....	3
• Kelapa (<i>Cocos nucifera</i> L.)	11
• Kemiri Minyak (<i>Aleurites trisperma</i> BLANCO)	16
• Lontar (<i>Borassus flabellifer</i> L.).....	26
• Nyamplung (<i>Calophyllum inophyllum</i> Linn)	36
• Sagu (<i>Metroxylon</i> spp.).....	47
• Tebu (<i>Saccharum officinarum</i> L.)	65
Daftar Pustaka.....	71
Indeks.....	77

PENDAHULUAN

Masalah bahan bakar minyak (BBM) sering diperdebatkan karena kelangkaannya dan harga yang berfluktuasi. Harga premium pernah mencapai Rp 6.000/liter. Mulai Desember 2008 sampai Januari 2009, harga premium telah mengalami tiga kali penurunan dan sampai saat ini naik menjadi Rp 6.500 / liter, begitu pula harga solar. Dampak penurunan harga BBM yang akan berdampak langsung terhadap penurunan harga berbagai kebutuhan pokok masyarakat. Sekarang terjadi peningkatan harga yang akan berdampak pula pada berbagai aspek kehidupan masyarakat.

Kebutuhan BBM di Indonesia mencapai 377,045 juta barrel/tahun, diekspor 234 juta barrel/tahun, sedangkan produksi dalam negeri hanya 350,4 juta barrel/tahun, sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri harus diimpor 278 juta barrel/tahun (Anonymous, 2009). Dalam rangka mengantisipasi pembengkakan impor, pemerintah menerbitkan Instruksi Presiden No 1 Tahun 2006 tanggal 25 Januari tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar lain oleh sebab itu eksplorasi dan eksploitasi terhadap sumber-sumber bahan bakar alternatif menjadi suatu kebutuhan.

Sesuai dengan prioritas yang sudah dicanangkan pemerintah, pengembangan bahan baku bioenergi difokuskan pada kelapa sawit dan jarak pagar. Berdasarkan studi literatur dan lapangan, beberapa jenis tanaman yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku BBN yaitu

bunga matahari, jarak kepyar, kelapa, kemiri sunan, kosambi, nyamplung, sagu, aren, simalakian, dan wijen. Sebagian tanaman tersebut sudah diketahui teknologi budidayanya dan sehingga yang lain belum. Namun, sebagian masyarakat mempunyai antusiasme yang tinggi untuk mengembangkan tanaman bioenergi tersebut. Sampai saat ini pengembangan kedua tanaman prioritas tersebut (kelapa sawit dan jarak pagar) banyak mengalami hambatan dan tanaman lainnya belum juga disentuh. Oleh karena itu, dalam buku ini disajikan komoditas-komoditas perkebunan yang berpotensi untuk dijadikan bahan baku BBN.

AREN

(*Arenga pinnata* MERR)

Aren (*Arenga pinnata* MERR) adalah tanaman perkebunan yang sangat potensial untuk mengatasi kekurangan pangan. Tanaman ini mudah beradaptasi pada berbagai agroklimat, mulai dari dataran rendah hingga ketinggian 1400 m di atas permukaan laut (Ditjen Perkebunan, 2004; Effendi, 2009). Tanaman aren sebagian besar diusahakan oleh petani dalam skala kecil. Pengelolaan tanaman belum



menerapkan teknik budidaya yang baik sehingga produktivitasnya rendah. Produk utama tanaman aren adalah nira. Prospek pengembangan tanaman aren mendukung kebutuhan bioetanol di Indonesia adalah gula aren maupun minuman ringan, cuka dan alkohol (Akuba, 2004; Rindengan dan Manaroinson, 2009). Selain itu tanaman aren dapat menghasilkan produk makanan seperti kolang kaling dari buah betina yang sudah masak dan tepung aren untuk bahan kue, roti dan biscuit, yang berasal dari pengolahan bagian empelur batang tanaman (Alam dan Baco, 2004. Maliangkay et al., 2004).

Menurut Rumokoi (2004) dari pengolahan data yang dikeluarkan Ditjenbun tahun 2003 dan estimasi laju perkembangan areal di beberapa provinsi yang mengusahakan tanaman aren, total areal yang telah

ditanami aren di seluruh Indonesia mencapai 60.482 ha dengan produksi gula aren 30.376 ton/tahun. Areal terdapat di Jawa Barat yaitu 13.135 ha dengan produksi gula 6.686 ton/tahun, Papua 10.000 ha dengan produksi gula 2.000 ton/tahun, Sulawesi Selatan 7.293 ha dengan produksi gula 3.174 ton/tahun, dan Sulawesi Utara 6.000 ha dengan produksi gula 3.000 ton/ha.

Tanaman aren memiliki daya adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lahan dan agroklimat, dan toleransi tinggi dalam pola tanam campuran, termasuk dengan tanaman berkayu, serta cepat tumbuh karena memiliki akar banyak dan tajuk lebar. Oleh karena tanaman ini, sangat cocok untuk dikembangkan pada lahan-lahan marginal yang kebanyakan dimiliki oleh petani miskin. Untuk mengatasi peningkatan luas dan jumlah kawasan lahan miskin di Indonesia dengan laju yang semakin tinggi diperlukan tipe tanaman seperti aren. Tanaman ini menghasilkan nira yang layak diusahakan dengan input rendah dan sangat cocok untuk tujuan konservasi air dan tanah. Di samping itu, tanaman aren menghasilkan biomassa di atas dan dalam tanah yang sangat besar sehingga berperan penting dalam siklus CO₂ (Syakir dan Effendi, 2010).

Dalam perkembangan selanjutnya, aren termasuk salah satu tanaman yang dilirik sebagai penghasil biofuel/bahan bakar nabati. Saat ini pun pemerintah tampaknya mulai menunjukkan keseriusannya dalam mendukung pertambahan bahan bakar nonfosil (biofuel). Snits (2004) dalam Rindengan dan Manaroinsong melaporkan bahwa selain sebagai penyuplai energi, tanaman aren berperan sebagai komponen pelestarian lingkungan hidup. Apabila aren dapat menjadi salah satu tanaman penghasil BBN,

penggunaannya sebagai minuman beralkohol yang sering meresahkan masyarakat dapat dikurangi.

Syarat Tumbuh

Tanaman aren dapat tumbuh di dekat pantai sampai pada dataran tinggi, tetapi tumbuh baik pada ketinggian 500–1.200 m di atas permukaan laut (dpl), karena pada kisaran ketinggian tersebut lahan tidak kekurangan air tanah dan tidak tergenang oleh banjir permukaan. Tanaman aren sangat cocok pada lahan yang landai dengan kondisi agroklimat yang beragam, terutama pada daerah pegunungan dengan curah hujan yang cukup tinggi dengan jenis tanah yang mempunyai tekstur liat berpasir.

Dalam pertumbuhannya, tanaman aren membutuhkan suhu dengan kisaran 20-25 °C. agar tanaman dapat berbuah. Kelembapan tanah dan ketersediaan air sangat perlu dengan curah hujan yang cukup tinggi, antara 1.200–3.500 mm/tahun dan berpengaruh dalam pembentukan mahkota pada tanaman aren. Dengan adanya air hujan yang cukup maka kelembapan tanah dapat dipertahankan.

Potensi Lahan

Secara umum keberhasilan pengembangan tanaman ditentukan oleh lingkungan tempat komoditas itu dikembangkan. Agroekosistem atau faktor biofisik seperti tanah dan iklim dapat menjadi peluang atau kendala dalam pengembangan suatu komoditas.

Keberhasilan pembangunan pertanian sangat bergantung pada kemampuan petani atau pelaku agribisnis

dalam menerapkan teknologi dengan memanfaatkan sumberdaya alam (Departemen Pertanian, 2006). Indonesia menurut Mulyani dan Las (2008) memiliki sumber daya lahan yang luas untuk pengembangan komoditas pertanian. Dengan luas daratan 188,20 juta ha yang terdiri atas 148 juta ha lahan kering dan 40,20 juta ha lahan basah memungkinkan untuk pengusahaan berbagai tanaman, termasuk tanaman penghasil biofuel seperti bioetanol.

Beberapa tanaman yang sebagai penghasil biofuel menurut Sumaryono (2006) adalah kelapa sawit, kelapa, jarak pagar, ubi kayu, ubi jalar, tebu, sorgum, aren, nipah, dan lontar. Sesuai dengan kebutuhan energi nasional telah dicanangkan 6,40 juta ha selama 2005-2015 tanaman penghasil biofuel. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2005), lahan untuk perkebunan yang sudah ditanami sekitar 18,50 juta ha. Perluasan area perkebunan yang pesat terjadi sejak tahun 1986 dengan luas baru mencapai 8,77 juta ha. Dari enam komoditas ekspor perkebunan, yang telah mencapai areal yang luas baru kelapa sawit dan kelapa untuk penghasil biofuel, sedangkan tanaman lainnya relatif kecil, seperti tebu, kapuk, ubi kayu, sagu dan jarak pagar.

Hasil pemutakhiran data untuk areal pertanian yang dilakukan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian tahun 2007 menunjukkan lahan yang tersedia dan belum dimanfaatkan secara optimal untuk pertanian, baik padang alang-alang, semak belukar maupun kawasan hutan mencapai 30,65 juta ha. Areal pertanian ini terbagi atas 8,27 juta ha lahan basah, 7,08 juta ha lahan kering untuk tanaman semusim, dan 15,30 juta ha lahan kering untuk tanaman tahunan. Khusus untuk pengembangan komoditas biofuel pada lahan kering, baik

tanaman semusim maupun tahunan, sehingga mencapai 22,39 juta ha (Badan Litbang Pertanian, 2007).

Produktivitas Tanaman

Untuk menjamin bahan baku etanol dari tanaman aren dalam jumlah yang cukup secara berkelanjutan diperlukan perluasan area tanaman aren ke lahan-lahan yang belum dimanfaatkan secara optimal, termasuk lahan kritis. Untuk perluasan areal tanam tersebut, sumber benih dapat diambil dari pohon induk yang berasal dari blok-blok penghasil nira tinggi.

Menurut Handayani (2010), salah satu bahan bakar yang dapat digunakan untuk mengganti bensin adalah etanol. Etanol sering disebut etil alkohol dengan rumus kimia C_2H_5OH , bersifat cair pada suhu kamar. Dari hasil penelitian BNDES dan CGEE (2008), penggunaan etanol sebagai bahan bakar mesin dapat dilakukan dalam dua cara : (1) bensin dicampur dengan anhidrous ethanol atau (2) etanol murni yang bersifat hidrasi.

Proses pembuatan etanol menurut Rindengan *et al.* (2006) dimulai dari fermentasi awal dengan pembuatan starter. Nira aren diatur kadar gulanya hingga mencapai 2%, kemudian dipanaskan dan didinginkan, setelah itu diinokulasi dengan kultur murni antara lain *Saccharomyces cerevisiae* lalu diinkubasi selama 24 jam. Kemudian nira yang telah siap untuk difermentasi menjadi alkohol dipanaskan lalu didinginkan dengan pH diatur 4,0-4,5 menggunakan asam sitrat. Selanjutnya diinokulasi starter 10% lalu difermentasi untuk mendapatkan kadar alkohol 1,88%. Alkohol atau etanol ini kadarnya dapat ditingkatkan melalui

destilasi dengan memisahkan etanol dengan air. Bila dipanaskan pada suhu 98-100°C, maka atanol akan menguap sehingga dapat dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95%. Berdasarkan data luas areal tanaman aren yang diusahakan oleh perkebunan rakyat di seluruh Indonesia, Rindengan dan Manaroinsong (2009) memperkirakan produksi nira dari areal pertanaman seluas 60.482 ha mencapai 303,76 juta liter. Selanjutnya Syakir dan Effendi (2010) dengan asumsi untuk mendapatkan 1 liter etanol diperlukan 25 liter nira, maka bila seluruh hasil nira aren dikonsumsi ke etanol akan diperoleh 12,15 juta liter dalam setahun (Tabel 1).

Tabel 1. Perkiraan produksi nira dan etanol seluruh Indonesia

No.	Provinsi	Perkiraan total area (ha)	Perkiraan Produksi Nira (000 lt/ tahun)	Perkiraan Produksi etanol (000 lt/ tahun)
1	Nangroe Aceh Darusalam	4.081	21.140	845,6
2	Sumatera Utara	4.357	26.190	1.047,6
3	Sumatera Barat	1.830	8.640	345,6
4	Bengkulu	1.748	14.420	576,8
5	Jawa Barat	13.135	66.860	2.674,4
6	Banten	1.448	17.130	685,2
7	Jawa Tengah	3.078	28.090	1.123,6
8	Kalimantan Selatan	1.442	10.330	413,2
9	Sulawesi Utara	6.000	30.000	1.200
10	Sulawesi Selatan	7.293	31.740	1.269,6
11	Sulawesi Tenggara	3.070	14.220	568,8
12	Maluku	1.000	5.000	200
13	Maluku Utara	2.000	10.000	400
14	Papua	10.000	20.000	800
	Total	60.482	303.760	12.150,4

Sumber : Syakir dan Effendi (2002)

Tantangan dan Peluang

Tanaman aren sudah dikembangkan pada 14 provinsi di Indonesia dengan area paling luas di Jawa Barat, Papua, Sulawesi Selatan dan Sulawesi Utara. Namun demikian dilihat dari potensi produksi yang dihasilkan masih rendah. Sesuai dengan data Ditjenbun (2004), areal tanaman rata-rata berkisar 2,0%/tahun dengan laju pertumbuhan produksi 1,9% /tahun. Data Ditjenbun tersebut menurut Akuba (2004) masih perlu diverifikasi mengingat aren belum dibudidayakan dan penanaman baru masih kurang. Data areal aren untuk suatu daerah berbeda-beda menurut sumber data, sehingga potensi tanaman belum ??? tepat. Di bawah ini disajikan beberapa peluang dan tantangan dalam pengembangan tanaman aren.

Tantangan

Masalah utama pengembangan aren: input teknologi yaitu sangat minim, manajemen produksi, pengolahan, dan pemasaran masih tradisional; diseminasi teknologi belum mencapai sebagian besar petani; dan adanya dampak negatif produksi aren sebagai minuman keras. Dalam penyediaan benih/bibit unggul, sampai saat ini belum ada varietas yang dilepas benih yang ada diambil dari Blok Penghasil Tinggi (BPT) yang diseleksi berdasarkan seleksi individu terbaik *dari* populasi tersebut. Penggunaan tanaman aren dalam kegiatan reboisasi hanya untuk zona penyangga dan kegiatan penghijauan oleh Dinas/Instansi untuk konservasi, tetapi belum memberdayakan petani sehingga tanaman tersebut belum mempunyai nilai tambah (Ardi, 2004). Kemampuan sumber daya manusia, petugas

dan petani terbatas karena diseminasi inovasi teknologi dari lembaga-lembaga yang kompeten tidak sampai kepada pemakai/ konsumen.

Peluang

Tanaman aren dapat dengan mudah beradaptasi pada berbagai tipe tanah yang diusahakan untuk komoditas pertanian, termasuk tanah marginal.

Selain itu, tanaman ini juga berfungsi untuk konservasi tanah dan air. Sebagian besar tanaman aren belum diusahakan dengan menerapkan inovasi teknologi, sehingga diseminasi teknologi akan membawa dampak bukan hanya meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani, tetapi diversifikasi hasil yang akan memberi kesempatan usaha dan lapangan kerja bagi banyak orang.

Penyediaan teknologi walaupun belum lengkap telah dilakukan melalui berbagai kegiatan penelitian untuk menunjang agribisnis aren. Teknologi yang sudah siap pakai meliputi pemilihan pohon induk tanaman, persemaian, pembibitan, budidaya, penyadapan, pengawetan nira, pengolahan gula, gula semut, gula kristal, pengolahan pati aren dan pembuatan etanol. Cadangan lahan yang tersedia di setiap provinsi, termasuk lahan kritis dan padang alang dapat ditanami aren. Gerakan nasional rehabilitasi hutan dan lahan dapat memanfaatkan tanaman aren untuk program konservasi dan reboisasi.

KELAPA

(*Cocos nucifera* L.)

Produksi tanaman kelapa selain untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, juga diekspor sebagai sumber devisa negara. Tenaga kerja yang diserap pada agribisnis kelapa tidak sedikit, mencapai 6,9 juta KK, karena selain merupakan dan lemak nabati, produk kelapa sebagai sumber bahan baku berbagai industri, seperti produk dari tempurung kelapa dan sawit, santan, kelapa segar serta berbagai jenis oleo-kimia (Manggabarani, 2006). Namun, kontribusi kelapa terhadap devisa negara masih rendah, yaitu 790 juta dollar AS (Idroes, 2011), dibandingkan devisa dari ekspor kelapa sawit yang menembus 16,4 juta dollar AS, kakao 1,6 juta AS dollar dan karet 7,3 juta dollar AS. Rendahnya nilai ekspor kelapa disebabkan oleh nilai tambah ekonomi yang rendah karena sebagian besar ekspor masih berupa kopro dan kelapa segar.



Kelapa pernah mengalami kejayaan pada periode 1960-1970, walaupun produk utamanya hanya kopro. Namun dalam perkembangannya, sejak 1980-an peran kelapa sebagai bahan baku minyak goreng makin tenggelam dan tergeser oleh kelapa sawit. Selama ini komoditas kelapa hanya dimanfaatkan produk hilirnya dan hasil samping belum dilakukan, karena kurang menguntungkan. Hal ini

membuka kesempatan memanfaatkan produk kelapa sebagai bahan baku BBN untuk mensubstitusi bioetanol dari pengolahan nira dan biodiesel dari pengolahan minyak.

Syarat Tumbuh

Kelapa dapat dikembangkan pada kondisi lahan dan iklim yang bervariasi, tetapi pada kondisi tertentu kelapa tidak dapat tumbuh dan berkembang dengan baik untuk mencapai produktivitas yang tinggi. Darwis *et al.* (1985; 1986) dalam Abner dan Pasang (2009) melakukan klasifikasi kesesuaian lahan dan iklim berdasarkan dua unsur dominan, yaitu ketinggian tempat dan curah hujan, yang menjadi pedoman umum syarat tumbuh kelapa.

Tanaman kelapa dapat tumbuh pada tanah dengan berbagai macam tekstur. Sifat tanah sangat erat kaitannya dengan aerasi tanah karena aerasi tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan akar kelapa. Tanah liat dengan drainase buruk tidak cocok untuk kelapa. Kadar liat yang optimum untuk kelapa adalah 25-50%.

Kelapa tidak tahan terhadap genangan air yang terlalu lama karena akan mengganggu perkembangan akar. Kedalaman tanah efektif adalah ketebalan tanah dari permukaan sampai lapisan tanah tempat akar dapat berkembang dan volume tanah cukup untuk memberikan air dan tanah. Tanah yang baik adalah tidak memiliki lapisan padas sampai kedalaman 1 m (Thampan, 1981).

Unsur nitrogen (N) yang cukup akan menampilkan pertumbuhan vegetatif yang optimum. Kisaran kebutuhan untuk pertumbuhan kelapa adalah 0,2-0,5%. Fosfor juga dibutuhkan dalam metabolisme energi, kisaran optimum

fosfor untuk pertumbuhan adalah 20-40 ppm. Kalium berperan sebagai katalisator dalam proses metabolisme. Tanaman yang kekurangan kalium mempunyai toleransi yang rendah terhadap kekeringan (Akuba, 2008). Kisaran bahan organik yang diperlukan untuk kelapa adalah 4,5 - 10%.

Sebaran dan Produksi

Kelapa merupakan tanaman budidaya dengan areal tanam terluas ketiga setelah padi dan kelapa sawit, tetapi penyebarannya nomor dua terbesar setelah padi. Pertanaman kelapa tersebar di seluruh Indonesia sampai di pulau-pulau terpencil pada ketinggian 0-700 m dpl. Sebanyak 34,5% pertanaman kelapa berada di Pulau Sumatera, 23,3% di Pulau Jawa, 27,6% di Bali, NTB, NTT dan Sulawesi, 7,2% di Kalimantan, serta 7,5% di Papua dan Maluku.

Produktivitas rata-rata kelapa masih rendah, yaitu 1,0 ton/ha/tahun. Sebenarnya potensi produktivitas kelapa Dalam unggul berkisar antara 2,5-3,0 ton kopra/ha/tahun dan kelapa hibrida 3,5-5,0 ton/ha/tahun. Penyebab rendahnya produktivitas kelapa sebenarnya sudah lama diketahui (Allorerung *et al.*, 2006), yaitu (1) proporsi tanaman tua makin besar, diperkirakan sekitar 30%, (2) areal pertanaman yang rusak makin meluas karena diterlantarkan atau sistem drainase yang buruk, (3) besarnya keragaman genetik kultivar kelapa yang digunakan, (4) terbatasnya input teknologi, dan (5) serangan hama penyakit di daerah tertentu, misalnya penyakit layu di Kalimantan Tengah, *Sexava* di Sumatera Selatan, dan penyakit kuning di Sulawesi Tengah.

Apabila produktivitas rata-rata 1 ton kopra/ha/tahun setara dengan 4.500 butir/ha/tahun, maka areal pertanaman kelapa seluas 3,8 juta ha menghasilkan 17,19 miliar butir/tahun. Konsumsi kelapa segar diperkirakan 30 butir/kapita/tahun atau 7,2 miliar butir, sisanya 10 miliar untuk bahan baku industri. Kalau 80% kelapa diolah menjadi kopra, maka masih sisa 20% yang dapat dikembangkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah, termasuk biodiesel.

Tantangan dan Peluang

Kelapa merupakan tanaman penghasil minyak paling produktif kedua di dunia setelah kelapa sawit. Produktivitas minyaknya sekitar 2 ton/ha/tahun, sehingga minyak kelapa merupakan salah satu bahan baku yang sangat potensial untuk pembuatan biodiesel. Proses transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel sangat mudah dilakukan, asalkan minyak lemaknya merupakan minyak lemak mulus, kadar air < 0,3% berat, angka asam ≤ 1 mg KOH/g. Biodiesel dari kelapa bersifat (1) terbarukan dan ramah lingkungan, (2) dapat dibuat pada skala kecil, (3) berdaya lumas lebih baik dari solar, (4) dapat bercampur dengan solar pada berbagai perbandingan, dan (5) tanpa dicampur solar pun dapat digunakan pada mesin diesel (Soerawidjaja, 2006).

Tantangan yang dihadapi dalam pemanfaatan minyak kelapa sebagai biodiesel adalah minyak kelapa merupakan komoditas yang cukup mahal di pasar internasional, karena sangat dibutuhkan oleh industri oleokimia dan industri pangan. Cara mengatasinya adalah produsen besar sebaiknya melakukan koproduksi dengan komoditas lain

yang juga berbasis minyak kelapa tetapi harganya relatif sangat mahal.

Tanaman kelapa secara tradisional dimanfaatkan sebagai penghasil nira yang mengandung 10-20% gula dan digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula kelapa atau minuman beralkohol. Dengan demikian, kelapa dapat didayagunakan sebagai sumber bioetanol. Menurut Banzon (1984), energi yang bisa dipanen dari nira kelapa adalah 5-7 kali lebih besar dari energi yang dikandung minyak kelapa. Gula yang dihasilkan mencapai 19 ton/ha/tahun, padahal produksi gula tebu hanya 5,5 ton/ha/tahun. Tantangan yang dihadapi adalah belum tersedianya teknologi penyadapan nira yang efektif dan aman serta teknologi pengawetan nira agar gula yang dikandungnya tidak terdegradasi.

KEMIRI SUNAN

(*Aleurites trisperma* BLANCO)

Kemiri sunan (*Aleurites trisperma* Blanco) atau kemiri China atau jarak Bandung (Sumedang) atau kaliki (Banten), merupakan salah satu jenis tanaman yang berpotensi sebagai tanaman sumber BBN (biodiesel) selain kelapa sawit dan jarak pagar. Kemiri jenis ini menghasilkan minyak yang di-sebut dengan tung-oil atau minyak kayu cina (Barley, 1950; Kataren, 1986). Tanaman kemiri sunan berasal dari Filipina, diperkirakan masuk ke Indonesia ratusan tahun yang lalu (Heyne, 1987).



Kemiri sunan kurang berkembang dibanding kemiri mulaccana yang bijinya digunakan untuk bumbu masak, karena biji kemiri sunan mengandung racun. Saat ini jumlah tanaman kemiri sunan sangat terbatas, belum dibudidayakan, umumnya ditanam sebagai penanda kuburan. Manfaat lain dari kemiri sunan adalah kayunya untuk bahan bangunan. Hal ini yang menyebabkan populasi tanaman ini makin berkurang.

Biji kemiri sunan mengandung minyak 45-50% (Ditjenbun, 2008). Minyak ini berpotensi digunakan sebagai bahan baku biodiesel pengganti solar, dengan hasil samping yang cukup besar seperti ampas, gliserol, dan pupuk organik. Selain sebagai bahan bakar alternatif, minyak kemiri

sunan dapat diproses menjadi berbagai produk lain, seperti bahan untuk membuat vernis, cat, sabun, linoleum, minyak kain, resin, kulit sintetis, pelumas, dan kampas (Ditjenbun, 2008) yang bernilai ekonomi tinggi.

Pengolahan biji kemiri sunan lebih mudah dibandingkan kemiri biasa. Bahkan pengusaha Amerika yang berada di Filipina memanfaatkan biji kemiri sunan untuk cat (Heyne, 1987). Pemilihan kemiri sunan tidaklah berlebihan karena tanaman ini sangat potensial dikembangkan pada lahan-lahan kritis yang luasnya mencapai jutaan hektar. Adanya kandungan zat racun pada hampir seluruh bagian tanaman menyebabkan kemiri sunan jarang diserang hama maupun ternak. Upaya budidaya tanaman tersebut belum mendapat perhatian yang sungguh-sungguh baik dari pemerintah maupun swasta, namun saat ini tanaman tersebut sudah banyak ditemui di sekitar Bandung, Majalengka, dan Cirebon.

Syarat Tumbuh

Tanaman kemiri minyak mampu beradaptasi dengan baik pada berbagai tipe tanah. Untuk pertumbuhan yang optimal kemiri minyak memerlukan suhu udara 18,7–26,2 °C dan pH tanah 5,4–7,1 serta dapat tumbuh baik pada dataran rendah sampai 1.000 m dpl, seperti ditemukan di Jawa Barat. Tanaman tumbuh sebagai tegakan dengan tinggi tanaman dapat mencapai 75 m dan mempunyai kanopi lebar dan rapat. Dengan kanopi yang lebar dan rapat, tanaman mampu menahan tetesan air hujan langsung jatuh ke tanah sehingga mengurangi erosi dan meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah. Tanaman memiliki sistem perakaran

yang banyak dan akar tunggang yang dalam sehingga mampu mencegah tanah longsor.

Aspek Ekonomi

Potensi produksi biji kemiri sunan umur >10 tahun mencapai 250 kg biji/pohon/tahun. Apabila populasi tanaman mencapai 100 pohon/ha, maka dapat dihasilkan 25 ton biji, setara dengan 9.805 liter minyak kasar ditambah 8.695 kg bungkil yang dapat digunakan sebagai bahan arang briket, biogas, pupuk, dan pakan ternak (Pranowo et al., 2009).

Mengingat biodiesel merupakan bahan substitusi solar, maka nilai ekonomi biodiesel dari kemiri sunan dapat dinilai dengan harga solar yang berlaku saat ini, yaitu Rp 4.500/liter. Dengan tingkat harga tersebut maka dengan tingkat produktivitas minyak kasar 9.805 liter/ha maka nilai produksi dari biodiesel saja mencapai Rp 44.122.500/ha/tahun pada saat tanaman berumur >10 tahun.

Hasil penelitian Listiyati (2009) menunjukkan bahwa biaya pokok produksi biodiesel kemiri sunan ditambah keuntungan 20% mencapai Rp 4.194,66/liter, yang berarti biodiesel kemiri sunan secara ekonomis layak sebagai substitusi solar. Nilai ekonomi kemiri sunan dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan hasil samping pada proses pengepresan (berupa bungkil) dan transesterifikasi (berupa gliserol).

Pengolahan Minyak Kasar Kemiri Sunan (MKKS)

Biji kemiri sunan terdiri atas sabut (*husk*), kulit biji (*cangkang*), dan inti biji (*kernel*). Kadar minyak pada inti biji kemiri sunan mencapai >50%. Vassen dan Umali (2001) dalam Anonim (2009) menyatakan bahwa kandungan minyak pada inti biji kemiri sunan mencapai 56%.

Untuk mendapatkan minyak kasar kemiri sunan, biji harus diperah terlebih dahulu, setelah itu baru diekstraksi. Pembuatan minyak kasar dapat dilakukan dengan dua cara yaitu (Pranowo, 2009):

- 1) Biji dikeringkan sampai kadar air 7% kemudian langsung dipres dengan alat pengepres.
- 2) Biji dikupas terlebih dahulu kemudian daging buah/kernelnya dikeringkan sampai kadar air 7% baru dilakukan pengepresan.

Berdasarkan hasil penelitian Pranowo (2009), cara pengolahan kedua menghasilkan volume minyak kasar lebih banyak dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan cara pertama. Hasil analisis karakteristik MKKS hasil pengepresan manual disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis minyak kasar kemiri sunan (MKKS) hasil pengepresan manual

Peubah	Nilai
Angka asam (mg KOH/g minyak)	6,35
Angka sabun (mg KOH/g minyak)	187,6
Angka iodium (%)	140,73
Densitas (kg/m^3)	933
Viskositas kinematik (mm^2/detik)	107,004

Keterangan : Diukur pada suhu ruangan, biji kemiri berasal dari Majalengka

Biodiesel Kemiri Sunan

Minyak kasar kemiri sunan hasil pengepresan, sebelum diproses menjadi biodiesel disaring terlebih dahulu sehingga diperoleh MKKS berwarna kuning jernih. Minyak tersebut dianalisis di laboratorium untuk mengetahui nilai asam lemak bebas (ALB). MKKS dengan nilai ALB $>3,0$ diproses dengan metode pengolahan transesterifikasi dua tahap (Metode 1) (Gambar 1), sedangkan MKKS dengan nilai ALB $<3,0$ diproses dengan metode transesterifikasi satu tahap (Metode 2) (Gambar 2). Ikhtisar pembuatan biodiesel kemiri sunan disajikan pada Tabel 4. Uraian masing-masing metode transesterifikasi sebagai berikut (Pranowo, 2009).

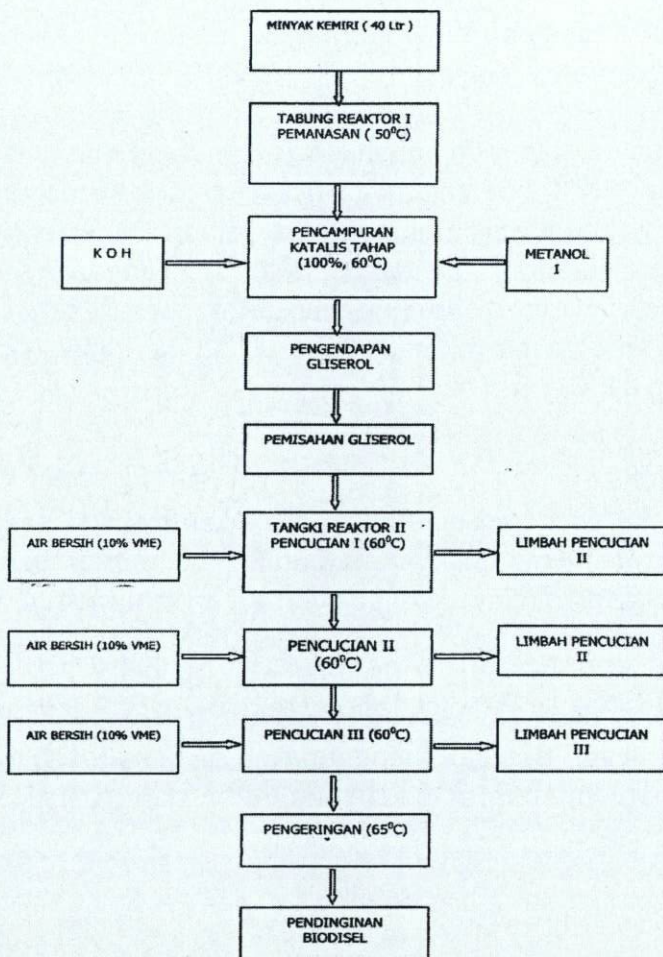
Metode 1

Proses transesterifikasi dilakukan pada tangki reaktor I dengan menggunakan metanol (metanolisis) dan katalis KOH. Minyak kemiri sunan dipanaskan sampai mencapai suhu 50°C kemudian dilakukan transesterifikasi tahap pertama dengan menggunakan metanol dan KOH sebanyak 80% sampai suhu 55°C . Selanjutnya dilakukan pemisahan

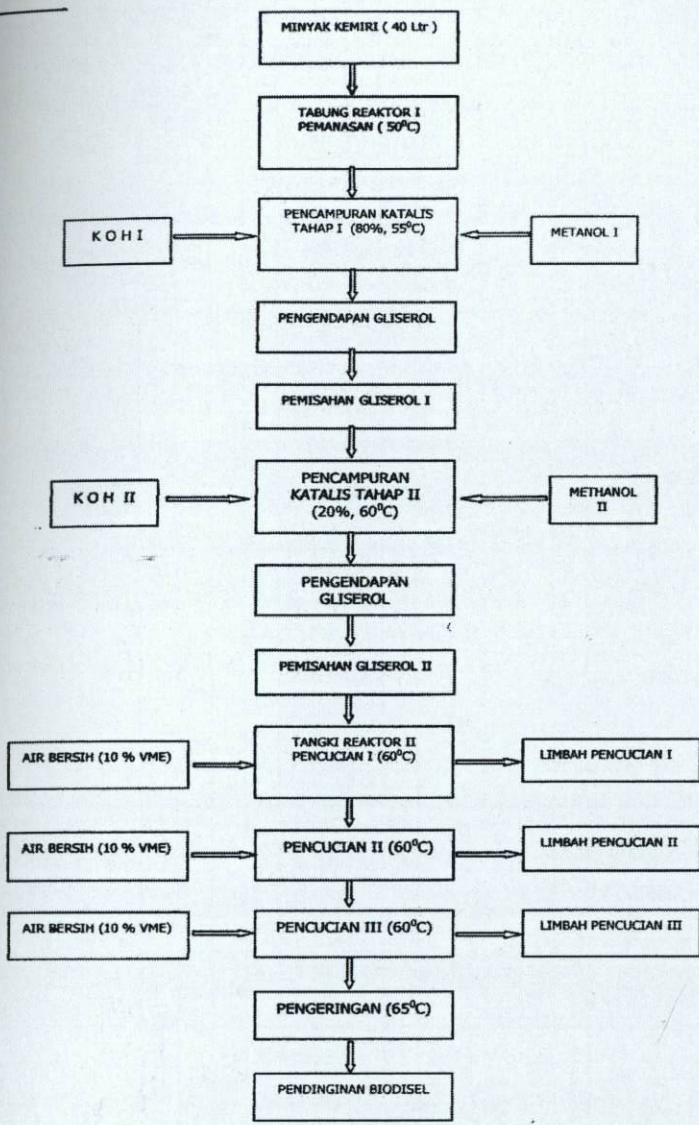
gliserol tahap pertama dari tangki reaktor I. Setelah gliserol dikeluarkan, minyak (metil ester) dipanaskan kembali sampai suhu 60°C dan dilakukan transesterifikasi tahap kedua dengan menambahkan 20% metanol dan KOH sampai suhu 65°C . Selanjutnya dilakukan pengendapan dan pemisahan gliserol tahap kedua. Minyak yang terpisah dari gliserol dipompa ke tangki reaktor II, kemudian dilakukan pencucian tiga kali menggunakan air bersih sebanyak 10% dari volume minyak pada suhu 60°C , dan dipanaskan pada suhu 65°C .

Metode 2

Proses transesterifikasi dilakukan satu kali pada tangki reaktor menggunakan metanol (metanolisis) dan katalis KOH setelah minyak kemiri dipanaskan sampai suhu $50-55^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya dengan menggunakan metanol dan KOH 100% dilakukan pemisahan gliserol. Minyak yang terpisah dari gliserol dipompa ke tangki reaktor II kemudian dilakukan pencucian, tiga kali menggunakan air bersih sebanyak 10% dari volume minyak pada suhu 60°C , dan dipanaskan pada suhu 65°C .



Gambar 1. Bagan alir transesterifikasi dua tahap minyak kasar kemiri sunan



Gambar 2. Bagan alir transesterifikasi satu tahap minyak kasar kemiri sunan

Tabel 4. Ikhtisar pembuatan biodiesel kemiri sunan

Tahapan Proses	Metode 1			Metode 2		
	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Keterangan	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Keterangan
Pemanasan minyak	50	30	40 liter	50	30	40 liter
Pencampuran katalis tahap I	55	60	80%	60	75	100%
Pengendapan gliserol	30	20	Reaktor off	30	30	Reaktor off
Pemisahan gliserol tahap I	30	10	5,47 liter	30	20	7,26 liter
Pencampuran katalis tahap II	60	45	20%	-	-	-
Pengendapan gliserol	25	20	Reaktor off	-	-	-
Pemisahan gliserol tahap II	25	10	2,23 liter	-	-	-
Pemanasan	60	25	Reaktor on	60	25	Reaktor on
Pencucian tahap I	60	15	Reaktor on	60	15	Reaktor on
Pencucian tahap II	60	15	Reaktor on	60	15	Reaktor on
Pencucian tahap III	60	15	Reaktor on	60	15	Reaktor on
Pengeringan	65	60	Vakum 15 kali	65	60	Vakum 15 kali
Pendinginan biodiesel	30	30	Reaktor off	30	30	Reaktor off

Biodiesel dan gliserol yang diperoleh dari hasil pengolahan 40 liter MMKS dengan kedua metode tersebut disajikan pada Tabel 5. Hasil analisis mutu biodiesel dari kemiri sunan yang dihasilkan (Tabel 6) menunjukkan bahwa tiga parameter kualitas tandar nasional Indonesia belum terpenuhi, yaitu viskositas, gliserol total, dan kadar ester alkil.

Tabel 5. Biodiesel dan gliserol yang dihasilkan dari pengolahan 40 liter minyak kemiri sunan

Metode	Biodiesel		Gliserol	
	liter	%	liter	%
Metode 1	34,82	87,05	7,70	19,25
Metode 2	35,16	87,90	7,26	18,15

Tabel 6. Hasil uji mutu biodiesel kemiri sunan

Parameter	Satuan	Baku mutu	Nilai uji
Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890	887
Viskositas kinematik	mm ² /detik	2,3-6,0	7,655
Angka asam	mg KOH/g	Maks 0,8	0,333
Gliserol bebas	% massa	Maks 0,02	0,008
Gliserol total	% massa	Maks 0,24	0,396
Kadar ester alkil	% massa	Min 96,5	96,179
Angka iodium	% massa	Maks 115	109,46
Angka penyabunan	mg KOH/g		198,277

LONTAR

(*Borassus flabellifer*)

Lontar merupakan salah satu tanaman yang memiliki potensi sebagai sumber bioetanol. Menurut Sasangko (2008), ada tujuh spesies lontar (spp.) yang dikenal di dunia namun yang terdapat di Indonesia yaitu *Borassus flabellifer* dan *Borassus sundaicus*, terutama tumbuh di bagian timur pulau Jawa,

Madura, Bali, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Di NTT, lontar tersebar di Pulau Timor, Flores, Sumba Sabu, Rote, dan pulau-pulau lainnya.

Manfaat lontar cukup banyak. Niranya dapat dibuat minuman segar dan makanan penyegar/pencuci mulut berkalori tinggi, cuka atau kecap, dan gula lontar/gula lempeng/gula semut. Buahnya untuk manisan atau buah kalengan, kue, selai dan obat kulit (dermatitis) dan daging buahnya untuk bahan dempul. Bunganya atau abu mayang untuk obat sakit lever, dan daunnya dapat dimanfaatkan untuk bahan kerajinan tangan. Pada zaman dahulu, nenek moyang kita telah mengenal kertas dari lontar dan digunakan untuk menulis dokumen kerajaan, buku, dan surat-menyurat. Tanaman lontar memiliki batang yang kuat



dan lurus sehingga dapat digunakan untuk bahan bangunan dan jembatan (Ainan, 2001; Amalo, 2008; Munawaroh, 1999; Patra, 1980; Sasangko, 2008). Dari berbagai manfaat tersebut, manfaat ekonomi dan sosial yang dapat diperluas adalah manfaat dari nira yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Walaupun manfaat dan nilai ekonominya cukup tinggi, tanaman lontar merupakan tanaman liar dan pemanfaatannya oleh masyarakat masih bersifat tradisional. Sampai saat ini belum ada upaya budidaya tanaman lontar sehingga populasinya cenderung menurun.

Sebaran dan Potensi Alami

Menurut beberapa pustaka, tanaman lontar atau siwalan berasal dari India dan kemudian menyebar ke Papua Nugini, Afrika, Australia, Asia Tenggara, dan Asia tropis. Lontar terutama tumbuh di daerah kering. Di Indonesia, lontar terutama tumbuh di bagian timur Pulau Jawa, Madura, Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. NTT merupakan daerah sebaran alami lontar, yaitu di Pulau Timor, Flores, Sumba, Sabu, Rote dan pulau-pulau lainnya.

Luas areal pertanaman lontar mencapai 15.000 ha di Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Madura dengan populasi 500.000 tanaman. Selain itu, perkebunan lontar terdapat di Nusa Tenggara Timur (Pulau Rote dan Sabu), Sulawesi, kepulauan Sunda Kecil, Maluku dan Papua, karena jumlahnya tidak diketahui.

Dari hasil inventarisasi yang dilakukan oleh Dinas Kehutanan Kabupaten Rembang (Jawa Tengah) diketahui

total areal lontar mencapai 565 ha yang tersebar di Kecamatan Sulang, Kaliiori, Rembang, dan Sumber. Potensi pengembangan tanaman lontar di Kabupaten Rembang mencapai 1.100 ha. Estimasi produksi nira pada tahun 2005 mencapai 13,67 juta liter, glondong buah 1,3 juta, daun lontar 16,8 ribu, dan gula cetak 996,3 ton.

Tanaman lontar di Pulau Sumbawa paling banyak terdapat di Kabupaten Bima. Di Kabupaten lainnya, tanaman lontar juga ditemukan, tetapi jumlahnya sedikit dan menyebar. Di Kabupaten Bima, tanaman lontar banyak terdapat di Kecamatan Lambu, Kecamatan Wera, dan Kecamatan Sape. Di kecamatan tersebut, tanaman lontar ditemukan. Di Kecamatan Lambu, desa yang banyak ditemukan tanaman lontar adalah Desa Lanta, Lanta Barat, Simpasai, Kaleo dan Sumi di Kecamatan Wera terdapat di Desa Tadewa, Ntoke, dan Ntundu, sedangkan di Kecamatan Sape, terdapat di Desa Sangia, Kowo, Buneu, Rai Oi, di Kabupaten Bima hanya terdapat di Dusun Oimbo, Kelurahan Kumba, Kecamatan Rasanae Timur. Lontar tumbuh secara alami baik di lahan milik (pekarangan, kebun atau sawah) maupun di kawasan hutan.

Pohon lontar terlihat sepanjang perjalanan dari Pelabuhan Pototano menuju ke daerah Dompu, khususnya di daerah Empang dan Plumpung yang termasuk wilayah Kabupaten Sumbawa Besar. Tanaman Lontar di daerah Dompu terdapat di Kecamatan Hu'uu dan Kilo, tetapi letaknya sporadis. Secara umum tanaman lontar tumbuh di lahan milik. Lontar yang tumbuh di kawasan hutan terdapat di kawasan hutan kilo (Desa Mbujuu) dengan jumlah pohon kurang lebih 40-50 pohon. Uraian tentang potensi lontar di kota dan kabupaten tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Potensi lontar di Kota dan Kabupaten Bima

Wilayah sebaran	Jumlah pohon *)	Tinggi tan. (m)	Diameter batang (cm)	Ketinggian tempat (m dpl)	Tipe iklim
Kota Bima: - Kec. Rasanae Timur - Kel. Kumbe: - Dusun Olimbo	1.000	13	45	10-100	D
Kab. Bima: - Kec. Sape :	800	12	40	10-700	E
- Desa Sangiang	2.000	12	45		
- Desa Kowo	500	12	40		
- Desa Buncu	700	-	-		
- Desa Lamere					
Kabupaten Bima : - Kecamatan Lambu - Desa Lata	1.000	12	40	10 - 700	E

Keterangan: *) Data jumlah pohon lontar diperoleh dari perkiraan masyarakat setempat.

Sumber : Rahayu, 2010 = LHP

Di Bali pohon lontar banyak ditemukan di Kecamatan Kubu, Kabupaten Karangasem, dengan persentase dapat mencapai 32,23% yang tersebar di sembilan desa seperti tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Potensi lontar di Kecamatan Kubu, Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali

Desa	Areal (ha)	Produksi (ton)	Produktivitas (kg/ha/tahun)
Kubu	112	23,66	266
Tulamben	24	25,25	250
Baturringgit	84	18,18	267
Sukandana	130	27,14	269
Dutih	130	26,70	262
Tianyar Timur	219	44,27	253
Tianyar Tengah	249	50,47	254
Tianyar Barat	224,00	46,13	264
Ban	352,00	72,54	262

Sumber : Statistik Tanaman Perkebunan Rakyat UPP-PPITP Kecamatan Kubu (2009).

Potensi lontar di NTT ditemukan di empat kabupaten, yaitu Rote Ndao, Sumba Barat Daya, Sabu Raijua, dan Kupang seperti diuraikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Luas areal tanaman lontar dan produksi gula di NTT

Kabupaten	Luas areal (ha)				Produksi gula	
	Belum produksi	Sudah produksi	Tua/ rusak	Jumlah	(ton)	(kg/ha)
Rote Ndao	4.164	10.409	2.057	16.630	8.705	856
Sumba Barat Daya	138	345	569	1052	197	-
Sabu Raijua	353	578	-	931	204	353
Kupang	568	98	-	666	25	255

Sumber : Dinas Pertanian dan Perkebunan Prov. NTT (2009)

Persyaratan Tumbuh

Tanaman lontar bersifat soliter dan tumbuh berkelompok, tumbuh baik pada daerah yang beriklim kering, terbuka dan pada lahan marginal. Penyebaran pohon lontar mulai dari 10 LS (garislintang Pulau Rote - NTT) sampai 30 LU (garis lintang di India) pada ketinggian 1-1.500 m dpl (Van Steenis, 1981). Di Sri Lanka, pohon lontar tidak tumbuh pada tanah yang bereaksi asam (Kovoor, 1983; Massiri dan Yusran, 2007).

Lontar dapat beradaptasi di daerah kering dengan curah hujan 500-900 mm/tahun, namun dapat tumbuh juga di daerah dengan curah hujan sampai 5.000 mm/tahun. Di Asia dan Afrika, lontar tumbuh baik pada tanah berpasir dan tanah yang kaya bahan organik yaitu pada tanah alluvial subur di tepi sungai. Di Madura pohon ini ditemukan pada perbukitan kapur (Lahiya, 1983).

Kondisi lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan lontar adalah pada ketinggian 100-500 m dpl, curah hujan 1.000-2.000 mm/tahun dengan jumlah bulan kering 4-8 bulan dan kelembapan udara 60-80%. Jenis tanah yang cocok untuk budidaya lontar adalah tanah alluvial hidromorf, alluvial kelabu tua, kelabu kuning, latosol merah, dan latosol coklat kemerahan.

Pemanfaatan Nira

Di beberapa tempat di Madura, produksi gula tidak menguntungkan karena harus bersaing dengan perkebunan gula yang intensif di Jawa. Satu hal yang tidak dijelaskan oleh Gebuis dan Kadir adalah berapa pohon harus dipotong daunnya untuk melampaui keuntungan dari penjualan gula lontar. Namun dapat diperkirakan bahwa untuk membuat 18 buah tikar diperlukan 180 daun dan dikerjakan selama satu bulan, dengan keuntungan sama dengan penyadapan lontar selama setahun. Yang jelas mereka melaporkan bahwa keuntungan dari penjualan daun lebih besar daripada penjualan gula lontar. Perekonomian lontar di desa-desa di Madura pada tahun 1920-an sudah mengarah pada pemasaran di luar yang luas.

Di Bali, tanaman lontar yang kualitas niranya baik biasanya daunnya tidak dipanen, sebaliknya jika kualitas niranya tidak baik maka daunnya yang dipanen. Pohon lontar dapat disadap niranya sejak umur 10 tahun. Teknik dan waktu pemanenan lontar bergantung pada tujuan pemilikan pohon; apabila daun menjadi tujuan akhir produk maka akan sedikit sekali buah atau nira yang diperoleh.

Berdasarkan pengalaman petani di Kupang, tanaman lontar mulai tumbuh daunnya yang lebar pada umur sekitar 3 tahun. Apabila pelepah daun segar dipanen satu pelepah/bulan sejak tanaman berumur 3 tahun sampai 15 tahun, tanaman masih dapat berbunga dan dapat disadap niranya sampai umur 40 tahun.

Penyadapan

Penyadapan lontar dilakukan sesuai dengan musim, namun sesuai pula dengan waktu ketika mayang-mayang lontar berbunga. Terdapat dua masa penyadapan selama musim kemarau, yaitu musim *timu* dan musim *fanduk*. Musim *timu* adalah penyadapan pada awal musim angin timur, dan musim *fanduk* adalah penyadapan setelah angin timur mulai reda. Keduanya berkaitan dengan dua masa dalam setiap tahun ketika mayangmayang lontar berbunga. Menurut Fox (1996), di Indonesia dikenal dua masa lontar berbunga. Selama musim angin timur mayang-mayang pohon lontar tumbuh sepenuhnya, hasil sadapan selama musim *fanduk* jauh lebih besar daripada hasil sadapan pada musim *timu*.

Pada pertengahan Maret sampai April para penyadap mulai mempersiapkan penyadapan pohon lontarnya. Akhir April biasanya mulai musim *timu*, dan penyadapan berlangsung terus sampai bulan Mei dan Juni. Hampir semua pekerjaan pada masa penyadapan ini dilakukan oleh laki-laki. Mei dan Juni adalah bulan-bulan panen tanaman semusim sehingga para wanita sibuk di ladang dan tidak ada waktu untuk memasak gula air.

Hampir semua nira yang dikumpulkan segera diminum, hanya sedikit sekali yang dibuat gula air, karena hampir seluruhnya dijadikan gula lempeng untuk dijual.

Pada bulan Juli sampai awal Agustus penyadapan mulai berkurang karena angin dari timur makin kencang. Menurut petani lontar, jika haik-haik di atas pohon tergoyang-goyang oleh tiupan angin maka nira akan cepat menjadi masam. Tiupan angin juga menyulitkan pemanjatan. Selain itu, karena sedang panen tanaman semusim maka persediaan makanan cukup banyak. Penangkapan ikan juga banyak membawa hasil, dan kawanan ternak dilepas di ladang-ladang se usai panen. Dalam kehidupan petani lontar, masa tersebut merupakan masa pembangunan seperti membangun rumah, pagar, dan lain-lain sehingga para penyadap mengurangi atau menghentikan aktivitas penyadapan. Penyadapan dimulai lagi pada akhir Agustus atau awal September. Musim fanduk meliputi bulan September dan Oktober serta dapat diperpanjang sampai bulan November atau Desember.

Dengan demikian ada dua masa puncak penyadapan lontar, pertama pada awal musim kemarau antara April dan Mei, serta kedua menjelang akhir musim yaitu antara September dan Oktober. Masa penyadapan kedua merupakan masa kegiatan yang hampir tidak ada hentinya: pemasakan nira berlangsung sepanjang hari, bahkan sampai larut malam. Sirup hasil penyadapan pertama dijual ke ibukota kabupaten atau dibuat tuak, hasil penyadapan kedua digunakan oleh setiap rumah tangga sebagai persediaan sampai panen berikutnya.

Pohon lontar tidak pernah gagal berproduksi, dan hanya dua bulan dalam setahun yang merupakan bulan-

bulan sepi bagi penduduk sabana lontar sehingga mereka dapat melakukan kegiatan ekonomi lain. Salah satu keuntungan dari waktu luang di musim kemarau adalah kesempatan bagi pria dan wanita untuk pergi menangkap ikan di lepas pantai atau mengumpulkan rumput laut sebagai tambahan bahan makanan pengganti sayuran. Dengan adanya ribuan pohon lontar yang meneteskan nira, maka di sekelilingnya hidup pula ribuan lebah penghasil madu. Meskipun penduduk setempat tidak menganggap madu sebagai makanan lezat, sejak masa Persekutuan Dagang Hindia Belanda madu merupakan komoditas ekspor yang sangat berharga.

Pengolahan Bioetanol Lontar

Bioetanol dapat diperoleh dari bahan baku tanaman yang mengandung (1) pati (karbohidrat), contohnya: sagu, ubi kayu, jagung, tebu, (2) selulosa, contohnya: kayu, sagu dan (3) gula, contohnya: lontar, nipah, dan aren. Untuk mengonversi selulosa atau pati menjadi glukosa pada prinsipnya dapat dilakukan dengan cara hidrolisis baik hidrolisis asam maupun dengan menggunakan enzim. Hidrolisis asam digunakan untuk bahan baku biomass seperti kayu yang mengandung selulosa dan lignin, sedangkan hidrolisis enzim digunakan untuk bahan yang mengandung pati. Glukosa yang dihasilkan selanjutnya difermentasi menggunakan ragi untuk menghasilkan etanol.

Nira lontar mengandung gula 10,96%, sukrosa 13-18%, dan protein 0,28%, sehingga pengolahan nira lontar menjadi etanol dapat dilakukan langsung pada tahap fermentasi, namun diperlukan hidrolisis untuk menguraikan sukrosa dan

pati. Produksi bioetanol dari nira lontar dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu (1) hidrolisis, (2) fermentasi, (3) distilasi, dan (4) dehidrasi.

Hidrolisis

Proses hidrolisis bertujuan untuk mengonversi bahan baku nira dari gula kompleks menjadi gula sederhana (glukosa) melalui pemanasan. Nira direbus sampai kental dan bila perlu ditambah enzim glukamilase. Tingkat keasaman (pH) larutan diatur sedemikian rupa sehingga sesuai dengan kerja enzim. Pemanasan dilakukan pada suhu 80-95° C sampai terjadi proses pengentalan seiring dengan kenaikan suhu, tujuannya adalah agar enzim dapat bekerja memecahkan struktur secara kimiawi menjadi gula kompleks selanjutnya didinginkan.

Faktor yang harus diperhatikan dalam proses hidrolisis ini adalah suhu pemasakan tidak terlalu rendah juga tidak terlalu tinggi karena selain untuk memecah gula nira agar lebih mudah terjadi kontak dengan air enzim. Fungsi pemanasan juga berfungsi untuk sterilisasi bahan sehingga tidak mudah terkontaminasi.

Fermentasi

Proses fermentasi bertujuan untuk mengubah glukosa menjadi bioetanol dengan menggunakan ragi. Sebelum proses fermentasi dilakukan; larutan kental nira terlebih dahulu ditambah air dan ragi (secara tradisional masyarakat menggunakan batang bagian bawah dan akar sengan laut). Alkohol yang dihasilkan dari proses fermentasi berkisar antara 8-10%. Pada tahap ini, gula nira dikonversi menjadi gula sederhana (glukosa dan sebagian fruktosa) dengan bantuan ragi menjadi etanol dan CO. Proses

fermentasi dilakukan pada suhu optimum antara 27 -32°C. Pada proses fermentasi ini, etanol yang dihasilkan biasanya masih mengandung gas CO yang dapat mencapai 35% volume dan senyawa aldehida yang harus dihilangkan.

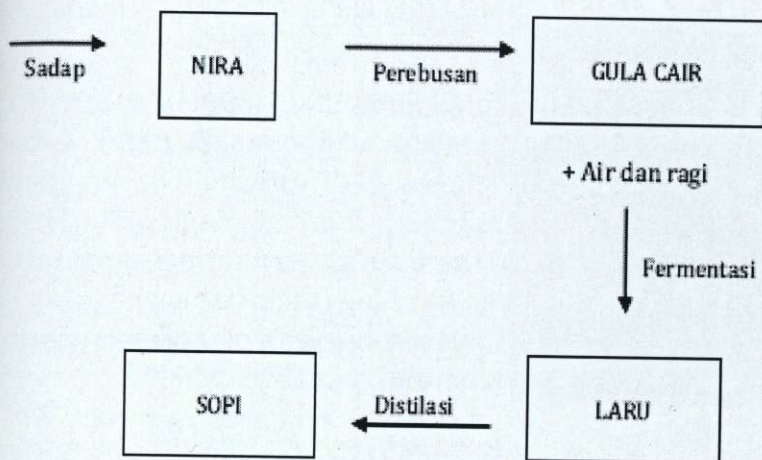
Distilasi

Distilasi bertujuan untuk meningkatkan kadar etanol sehingga diperoleh etanol berkadar 95%. Distilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari air. Titik didih etanol murni adalah 78°C, sedangkan air 100°C. Dengan memanaskan larutan pada suhu 78-100°C maka sebagian besar etanol akan menguap, dan melalui unit kondensasi akan dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume. Bioetanol dengan kemurnian 95% sudah layak dimanfaatkan sebagai bahan bakar motor dengan penambahan zat antikorosif.

Dehidrasi

Dehidrasi bertujuan untuk memurnikan kandungan etanol menjadi lebih dari 95%. Peningkatan kemurnian bioetanol dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara kimia dan fisika. Dengan cara kimia, tepung batu gamping dicampur dengan bioetanol dengan perbandingan 1 kg gamping untuk 3 liter bioetanol. Campuran didiamkan 24 jam sambil sesekali diaduk. Selanjutnya campuran didistilasi ulang untuk menghasilkan etanol berkadar 99% atau lebih. Bioetanol inilah yang bisa dicampur dengan premium atau digunakan murni. Cara lainnya adalah dengan cara fisika menggunakan zeolit sintetis. Untuk pemurnian bioetanol, sebaiknya digunakan zeolit sintetis 3A. Etanol 95% dilewatkan pada sebuah tabung berisi zeolit; kadar etanol meningkat karena kandungan air diikat oleh zeolit. Teknik lain yang sedang dikembangkan adalah dengan

menggunakan sistem membran. Secara skematis, proses pembuatan bioetanol dari nira lontar secara tradisional oleh masyarakat disajikan pada Gambar 3 :



Gambar 3. Proses pembuatan bioetanol dari nira lontar secara tradisional.

Dari hasil pengujian ternyata kadar etanol yang dibuat masyarakat hanya mencapai 1%, namun setelah diolah lebih lanjut menjadi sopi, kadar etanolnya meningkat menjadi 36%. Hasil percobaan pendahuluan pada lar sopi hasil distilasi masyarakat yang didistilasi ulang kadar etanolnya meningkat menjadi 43%. Puslit Biologi-LIPI menggunakan biakan *Saccha vomyces* sp. dan *Candida* sp. sebagai starter alkohol dalam proses fermentasi. Proses destilasi selanjutnya dilakukan pada distilator alkohol yang

dilengkapi pemanas, motor pemompa, dan tabung pendingin uap alkohol.

Hasil analisis terhadap hasil fermentasi dan distilasi menunjukkan kadar alkohol 66,18% (tanpa disaring). Setelah disaring dengan karbon aktif, kadar alkoholnya meningkat menjadi 76,33% (Sulistyo, 2005).

Konsentrasi alkohol yang diterima oleh pasar dapat dikategorikan sebagai berikut: alkohol medik (70%), alkohol industri (95%) dan etanol (FGE)/alkohol bahan bakar (>99,5%), merujuk hasil dari Puslit Biologi LIPI. Proses produksi ethanol dari nira sudah dapat mencapai kadar alkohol 66,18%. Untuk itu hal yang masih harus diteliti adalah proses dehidrasi agar kadar etanol yang dihasilkan mencapai lebih dari 95% bahkan lebih dari 99,5%.

Tantangan dan Peluang

Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan lontar untuk bioetanol adalah (1) masa pohon produktif nira yang sangat lama, sehingga kurang menarik untuk membudidayakan lontar, (2) secara turun-menurun, masyarakat telah memanfaatkan nira sebagai bahan baku minuman, dan (3) teknik budidaya lontar belum dikenal masyarakat. Peluang untuk pengembangannya cukup besar, karena lontar tersebar luas dan tumbuh baik secara alami di daerah kering dan manfaatnya sebagai bioetanol bernilai ekonomi tinggi.

NYAMPLUNG

(*Calophyllum inophyllum* Linn.)

Tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn.) mempunyai nama yang berbeda pada setiap daerah seperti eyobe (Enggano), nyamplung (Jawa, Sunda, Makassar), samplong atau camplong (Madura), punaga (Minangkabau), kanaga (Dayak atau Panaga), punaga (Bali), mantau (Bima), pantar (Alor), fitako (Ternate) dan masih banyak nama lain di berbagai daerah. Nyamplung merupakan tanaman industri yang cukup baik untuk dikembangkan. Daun nyamplung yang direndam satu malam mempunyai khasiat menyejukkan sehingga dapat digunakan untuk mencuci mata yang meradang.



Kayu nyamplung agak ringan hingga sedang dan lembut, tetapi padat, agak halus, berurat kusut, hingga tidak dapat dibelah. Kayu nyamplung mempunyai dua warna, yakni kelabu atau semu kuning dan merah bata dengan urat yang lebih halus dan seratnya lebih lurus. Kayu nyamplung sering digunakan sebagai papan, peti dan daun meja, pembuatan kapal, bejana, perabot rumah, bantalan kereta api dan sebagainya.

Di Jawa, tanaman ini tumbuh liar, tinggi tanaman dapat mencapai 20 m dan diameter batang 1,50 m, batang

sangat pendek, bercabang rendah dekat permukaan tanah, dan tumbuh berkelompok (Bustomi dan Lisnawati, 2009).

Buahnya berbentuk bulat seperti peluru dengan bagian ujung meruncing, berwarna hijau terusi, pada saat tua warnanya menjadi kekuningan. Kulit biji yang tipis lambat laun akan menjadi keriput dan mudah mengelupas. Biji yang tersisa berupa daging buah berbentuk bulat dengan ujung meruncing, mengandung minyak berwarna kuning, terutama jika dijemur. Biji yang dijemur kering mengandung air 3,3% dan minyak 71,4%. Minyak ini dapat digunakan sebagai bahan biodiesel, dengan rendemen 50% (1 liter = 2 kg biji) (Balitbang Kehutanan, 2008).

Kelebihan biji nyamplung sebagai bahan baku biofuel adalah biji mempunyai rendemen yang tinggi, antara 40-73%, dan rendemen biodiesel 13-45%. Nyamplung mempunyai keunggulan ditinjau dari prospek pengembangan dan pemanfaatannya, antara lain: (1) pemanfaatannya tidak berkompetensi dengan kepentingan pangan, (2) tanaman tumbuh merata secara alami dan berbuah sepanjang tahun, (3) tanaman relatif mudah dibudidayakan sebagai tanaman monokultur maupun pola tanam campuran, (4) mudah diperbanyak, (5) hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan dan bernilai ekonomi, (6) tegakan hutan dapat bermanfaat sebagai pemecah angin dan konservasi sepadan pantai, dan (7) pemanfaatan biodiesel dapat menekan laju penebangan pohon sebagai kayu bakar.

Syarat Tumbuh

Tanaman nyamplung dapat tumbuh pada wilayah pantai berpasir yang marginal, tetapi akan lebih baik apabila

pantai berpasir mengandung tanah mineral (pasir berliat), berdrainase baik (pH 4 - 7,4), ketinggian tempat 0-200 m dpl, bertipe curah hujan A dan B dengan curah hujan 1.000-4.100 mm/tahun, bulan basah (>200mm) 3-10 bulan dan bulan kering (<100 mm) 0-6 bulan dengan suhu rata-rata 18-33 °C (Rostiwati, 2009).

Di Indonesia, nyamplung banyak dijumpai di daerah sepanjang pantai yang beriklim tropik. Namun, tanaman dapat beradaptasi dengan baik pada ketinggian 100 - 350 m dpl.

Nyamplung termasuk dalam kelas Dicotyledone, famili Gutiferae, berakar tunggang dengan perakaran yang kompak. Oleh karena itu, tanaman ini dapat digunakan sebagai pengendali abrasi pantai. Tanaman ini baru mulai berbuah pada umur 5-20 tahun. Tanaman nyamplung mempunyai bentuk daun tunggal, berseling berhadapan. Bentuk helai daun bulat memanjang bulat telur (*oblongous*), bentuk pangkal daun membulat dengan panjang 10,0-21,0 cm, lebar 6 - 11 cm dan tepi daun rata, bertangkai 1,5-2,5 cm, berwarna hijau dengan pertulangan menyirip, (<http://www.kphbanyumasbarat.perumperhutani.com>.2009)

Nyamplung menghasilkan bunga dan buah yang tumbuh langsung dari kuncup dorman pada ketiak daun teratas. Bunga nyamplung berbentuk tandan (*racemes*), bunga majemuk, mahkota bentuk periuk (*hypanthodium*), warna kuning keputihan, berkelamin dua dengan diameter 2-3 cm. Berkelopak empat tidak beraturan, benang sari banyak, dan kepala putik berbentuk perisai.

Penyebaran

Tanaman nyamplung tersebar di berbagai daerah di tepian pantai, dataran rendah yang menjorok ke pantai. Nyamplung merupakan salah satu jenis tanaman kehutanan yang mulai dikembangkan penanamannya di Indonesia pada tahun 1950, sbagai pelindung pantai dari abrasi, penahan angin dari laut ke darat, penahan gelombang pasang, penahan tebing sungai dan pantai dari longsor, dan penjaga kualitas air payau. Saat ini habitatnya tersebar dari hutan di pantai, tepi sungai, rawa-rawa hingga hutan di pegunungan (Mahfudz, 2008).

Tanaman nyamplung mempunyai sebaran yang cukup luas di dunia meliputi Madagaskar, Afrika Timur, Asia Selatan dan Tenggara, Kepulauan Pasifik, Hindia Barat, dan Amerika Selatan. Di Indonesia tanaman tersebar di Pulau Sumatera, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Alor, Sulawesi, Kalimantan, Timor dan Ternate (Balitbang Kehutanan, 2008). Namun, tanaman ini belum dibudidayakan secara luas dan masih terbatas sebagai tanaman hutan di bawah tegakan dan tepian pantai.

Potensi dan Produktivitas

Potensi alami nyamplung di Indonesia belum diketahui secara pasti. Namun dari hasil penafsiran awal potensinya sesuai tegakan mencapai 480.000 ha, seluas 255 300 di antaranya ha bertegakan hutan nyamplung. Potensi produksi buah dari tegakan alam berbeda-beda sesuai lokasi seperti Ciamis 60-110 kg/pohon/th, Banyuwangi 220 kg/pohon/thn, Purworejo 70-150 kg/pohon/thn, dan Papua

130 kg/pohon/thn, sedang hasil penelitian Leksono et al. (2009) terhadap beberapa ras, produksi buahnya rata-rata 50 kg/pohon. Apabila 10% dari luas hutan alam bertegakan nyamplung, maka dengan hasil buah 10 ton/ha hasil yang diuji oleh 50.000 x 10 ton biji = 500.000 ton biji.

Karakteristik Minyak Nyamplung

Minyak nyamplung diperoleh melalui beberapa tahapan proses, yaitu (1) pengupasan biji dari kulit yang keras; (2) perajangan hingga menjadi irisan tipis; (3) pengeringan dengan panas matahari selama 2 hari; (4) penumbukan; (5) pengukusan; (6) pengepresan atau ekstraksi dengan pelarut organik; (7) *deguming* atau pemisahan getah dengan asam fosfat 1% (Pusat Informasi Kehutanan, 2008). Karakteristik minyak nyamplung sebelum dan sesudah *deguming* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Sifat fisiko kimia minyak nyamplung

Karakteristik	Sebelum deguming (<i>crude oil</i>)	Sesudah deguming (<i>refined oil</i>)
Kadar air (%)	0,25	0,41
Densitas pada suhu 20°C (g/ml)	0,944	0,940
Viskositas suhu 40°C (cP)	56,7	53,4
Bilangan asam (mg KOH/g)	59,94	54,18
Kadar asam lemak bebas (%)	29,53	27,21
Bilangan penyabunan (mg KOH/g)	198,1	194,7
Bilangan iod (mg/g)	86,42	85,04
Indeks refraksi	1,447	1,478
Penampakan	Hijau gelap dan kental dengan bau menyengat	Kuning kemerahan dan kental

Sumber : Balitbang Kehutanan (2008)

Minyak nyamplung hasil *deguming* dengan proses sederhana berupa netralisasi dengan NaOH dapat menjadi bio-keosen, sebagai alternatif pengganti minyak tanah yang sangat bermanfaat untuk masyarakat pedesaan. Minyak nyamplung memiliki daya bakar dua kali lebih lama dibandingkan minyak tanah, karena 1 ml minyak nyamplung memiliki lama pembakaran 11,8 menit, sedangkan 1 ml minyak tanah memiliki lama pembakaran 5,6 menit (www.esdm.go.id (2009)).

Minyak nyamplung tergolong minyak dengan asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh yang berantai karbon panjang, dengan kandungan utama berupa asam oleat 37,57%, asam linoleat 26,33%, dan asam stearat 19,96%. Selebihnya berupa asam miristat, asam palmitat, asam linolenat, asam arachidat, dan asam erukat (Balitbang Kehutanan, 2008).

Tabel 11. Komposisi asam lemak minyak nyamplung dibanding minyak jarak pagar dan minyak sawit

Komponen	Minyak nyamplung	Minyak jarak pagar	Minyak sawit
	(%)		
Asam miristat (C14)	0,09	-	0,70
Asam palmitat (C16)	14,60	11,90	39,20
Asam stearat (C18)	19,96	5,20	4,60
Asam oleat (C18:1)	37,57	29,90	41,40
Asam linoleat (C18:2)	26,33	46,10	10,50
Asam linolenat (C18:3)	0,27	4,70	0,30
Asam arachidat (C20)	0,94	-	-
Asam erukat (C20:1)	0,72	-	-
Jumlah	98,46	93,10	95,70

Sumber : Balitbang Kehutanan (2008)

Data Tabel 11 menunjukkan bahwa minyak nyamplung memiliki komposisi asam lemak yang mirip dengan minyak jarak pagar maupun minyak sawit yang sudah dicoba dan digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Tahapan pengolahan minyak nyamplung *deguming* menjadi biodiesel meliputi proses esterifikasi dengan metanol 20 : 1 (perbandingan molar metanol dengan asam lemak bebas), dilanjutkan dengan transesterifikasi (perbandingan metanol dengan minyak 6:1). Adapun karakteristik fisiko kimia biodiesel nyamplung dibandingkan dengan standar SNI 04-7182-2006 dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Sifat fisiko kimia biodiesel nyamplung dibandingkan dengan standard SNI 04-7182-2006

Karakteristik	Biodiesel nyamplung	Standar SNI
Massa jenis pada 40°C (kg/m ³)	888,6	850-890
Viskositas kinematik pada 40°C (mm ² /s(cSt)	7,724	2,3-6,0
Bilangan setana	51,9	Min. 51
Titik nyala (mangkok tertutup) (°C)	151	Min. 100
Titik kabut (°C)	38	Maks. 18
Korosi kepingan tembaga	1b	Maks. No.3
Residu karbon dalam (% massa)		
- Contoh asli	0,434	Maks. 0,05
- 10% ampas distilasi		Maks. 0,30
Air dan sedimen (% volume)	0	Maks. 0,05
Suhu distilasi 90% (°C)	340	Maks. 360
Abu tersulfatkan% massa	0,026	Maks. 0,02
Belerangppm (mg/kg)	16	Maks. 100
Fosforppm (mg/kg)	0,223	Maks. 10
Bilangan asamMg KOH/g	0,76	Maks. 0,8
Gliserol total (% massa)	0,232	Maks. 0,24
Kadar ester alkil (% massa)	97,80	Min. 96,5
Bilangan iodium (% massa)	85	Maks. 115

Sumber : Balitbang Kehutanan (2008)

Balitbang Kehutanan (2008) menyatakan dari hasil pengujian sifat fisiko-kimia biodiesel nyamplung yang dilakukan oleh Pusatlitbang Minyak dan Gas Bumi, hampir seluruhnya telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 04-7182-2006 untuk biodiesel dengan rendemen konversi asam lemak menjadi metil ester 97,8% dan metil ester yang dominan adalah metil palmitat, metil stearat, metil oleat, dan metil linoleat. Biodiesel nyamplung 100% tanpa campuran solar (B 100) telah diuji coba di jalan raya (*road rally test*) tiga kali dengan menggunakan kendaraan produksi tahun 1993 jarak total yang ditempuh 370 km dan kecepatan hingga 120 km/jam dengan nilai oktan hanya 1 angka di bawah solar. Hasilnya memuaskan, tanpa masalah teknis pada mesin dan dari segi lingkungan biodiesel nyamplung bebas dari polutan. Pengujian kinerja mesin dengan bahan bakar biodiesel nyamplung saat ini masih dilaksanakan oleh Puspitek LIPI di Serpong (<http://www.dephut.go.id>, 2009)



Gambar 4. Bunga, buah, biji, dan pohon nyamplung

SAGU

(*Metroxylon* spp.)

Sagu merupakan sumber karbohidrat penting sehingga dapat dijadikan bahan pembuatan etanol untuk substitusi bahan bakar minyak. Sebagai negara dengan luas areal sagu terbesar di dunia, maka sudah dapat dipastikan bahwa Indonesia memiliki potensi pati sagu paling tinggi.



Teknologi pembuatan etanol sagu yang sederhana, efisien, dan ramah lingkungan merupakan salah satu alternatif yang dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak. Pengolahan etanol sagu daripada menggunakan teknik proses yang sederhana dan efisien sehingga dapat diterapkan pada daerah-daerah penghasil sagu utama di Indonesia seperti Papua dan Maluku. Apabila pengolahan etanol sagu ditangani dengan baik, maka beberapa daerah penghasil sagu di Papua dan Maluku dapat menjadi Desa Mandiri Energi; tempat tumbuhnya sagu sebagai salah satu sumber energi di samping sumber lainnya.

Penganekaragaman pemanfaatan pati sagu untuk bahan makanan maupun bioetanol akan mendorong pertumbuhan sektor pertanian secara eksponensial, karena pasti pohon-pohon sagu yang terbiar akan diolah dan nilai jualnya akan meningkat. Lahan-lahan sagu yang selama ini

terbiar akan digarap dengan menerapkan teknologi budidaya sagu sesuai anjuran sehingga produktivitas meningkat dan akhirnya ketersediaan bahan baku akan terjamin dan berkesinambungan. Apabila pati sagu dimanfaatkan bukan hanya untuk bahan pangan, tetapi juga untuk bahan baku pembuatan etanol, maka ketergantungan pada bahan bakar minyak sampai di pedesaan akan berkurang. Dengan demikian petani akan bergairah mengolah dan membudidayakan tanaman sagu karena harganya akan lebih kompetitif, yang akan berdampak positif bagi kesejahteraan petani.

Syarat Tumbuh

Lahan

Sagu tumbuh pada tanah berlumpur, air tanah berwarna coklat dan bereaksi agak asam, dan sangat toleran terhadap pH 3,5-6,5. Menurut Flach *et al.* (1986), tanaman sagu tahan terhadap salinitas hingga 10 ms/cm. Pada fase muda (semaian sampai saphan) tanaman sagu sangat toleran terhadap genangan dan keragaman. Lahan yang baik bagi sagu adalah lahan dengan lama genangan kurang dari 6 bulan dan jeluk air tanah lebih dari 100 cm pada musim kemarau.

Louhenapessy (1996) menyatakan kedalaman pokok batang sagu dalam tanah sekitar 40-80 cm. Pada lahan yang tergenang, anakan terpusat pada lapisan permukaan tanah, bahkan pada ketinggian 1 meter batang di permukaan dipenuhi dan sering muncul anakan. Pada tanah yang agak kering perakaran ke pusat sampai kedalaman 50-80 cm. Tanaman sagu dapat tumbuh pada tanah organik yang

terendam tidak terlalu dalam. Flach (1997) dan Salverda (1947) menyatakan bahwa bila akar nafas dari tanaman sagu terendam terus-menerus, maka pertumbuhan dan pembentukan karbohidrat akan terhambat.

Sagu dapat tumbuh juga pada tanah bergambut. Berdasarkan penelitian Hamzah dan Tampubolon (1987), *top soil* tempat tumbuh sagu merupakan lapisan gambut yang berwarna coklat sampai coklat kehitam-hitaman dengan kedalaman 80-110 cm pH 3,5 dan selama musim hujan tidak tergenang tetapi air tanah sangat dangkal.

Hidrologi

Hasil penelitian Louhenapessy (1994) menunjukkan bahwa produktivitas tanaman sagu berbeda pada keadaan hidrologi yang berbeda, yaitu:

- a. Lama genangan kurang dari 3 bulan sampai 6 bulan. Tinggi genangan pada musim hujan antara 10-40cm dan tidak ada genangan dengan jeluk air tanah lebih dari 100 cm (rata-rata produktivitas 343 kg/pohon).
- b. Lama genangan 6-9 bulan. Tinggi genangan pada musim hujan antara 10-80 cm dan tidak ada genangan pada musim kemarau dengan jeluk air tanah antara 0-40 cm (rata-rata produktivitas 259kg/pohon).
- c. Lama genangan 9-12 bulan. Tinggi genangan pada musim hujan <80 cm, pada musim kering 0-40 cm (rata-rata produktivitas 125-200kg/pohon).
- d. Genangan tetap. Tinggi genangan musim hujan >80 cm (rata-rata produktivitas <125 kg/pohon).

Menurut Louhenapessy (1996) terdapat delapan kelas kesesuaian lahan:

- 1) Kelas sangat sesuai: lahan baik dengan genangan kurang dari 6 bulan, tekstur halus, kemasaman normal (pH 3,5-6,5), kadar sulfat tinggi;
- 2) Kelas sesuai; dengan faktor pembatas utama genangan 6-9 bulan, kadar sulfat rendah (kurang dari 0,13 %);
- 3) Kelas agak sesuai; dengan faktor pembatas utama genangan 6-9 bulan, kemasaman rendah (pH > 6,5), kadar sulfat rendah;
- 4) Kelas sesuai bersyarat; dengan faktor pembatas utama genangan 6-9 bulan dan syarat khusus pengendalian kemasaman pada saat perbaikan kondisi genangan, lahan potensial tanah gambut, kemasaman normal, kadar sulfat tinggi;
- 5) Kelas agak sesuai bersyarat: dengan faktor pembatas utama genangan 6-9 bulan, kemasaman <3,5;
- 6) Kelas tidak sesuai bersyarat; dengan faktor pembatas utama genangan 9-12 bulan dan pengendalian kemasaman;
- 7) Kelas tidak sesuai sekarang: genangan tetap, tekstur halus, kemasaman normal, kadar sulfat rendah; dan
- 8) Kelas tidak sesuai tetap; genangan tetap, tekstur kasar, kemasaman rendah, kadar sulfat rendah.

Suhu dan Kelembapan Udara

Sagu merupakan tanaman tropis yang memerlukan suhu udara tropis di dataran yang agak basah. Berdasarkan agihan tanaman sagu, maka suhu optimal untuk pertumbuhannya diperkirakan sekitar 24°-29° C (Flach, 1980) dengan rata-rata 20°C dan minimum 15°C (Flach, 1984) dengan kelembapan relatif udara sekitar 90% (Flach, 1993). Menurut Flach *et al.* (1986), pada suhu di bawah 20°C pembentukan daun berlangsung lambat dan pada suhu 17°C pertumbuhan daun dapat berbeda 50 hari dibanding tanaman yang tumbuh pada suhu 25°C.

Kelembapan udara dalam tegakan sagu lebih besar daripada kelembapan di luar tegakan. Karena tanaman sagu umumnya berada pada daerah berair, maka kelembapan relatif udara dalam tegakan akan tetap tinggi. Penelitian Flach (1993) mendapatkan RH sekitar 90%

Sebaran terluas hutan alam sagu di Indonesia berada di Provinsi Papua dan Maluku, yang merupakan pusat keragaman sagu tertinggi di dunia, serta di beberapa daerah lain yang sudah mulai dimanfaatkan potensinya (semi budidaya). Sampai saat ini informasi tentang luas hutan alam sagu di Indonesia masih menggunakan data yang diuraikan oleh Flach (1997), yaitu 1.25 juta ha, yang tersebar di Papua (1.2 juta ha) dan Maluku (50.000 ha), serta 148.000 ha hutan sagu semi budidaya yang tersebar di Papua, Maluku, Sulawesi, Kalimantan, Sumatera, Kepulauan Riau, dan Kepulauan Mentawai (Tabel 13).

Tabel 13. Perkiraan areal (ha) yang ditumbuhi sagu di Indonesia

Lokasi	Hutan alam	Semi budidaya
Papua (total)	1.200.000	14.000
- Bintuni	300.000	2.000
- Lake Plain	400.000	-
- Papua bagian selatan	350.000	2.000
- Daerah Lain	150.000	10.000
Maluku	50.000	10.000
Sulawesi	-	30.000
Kalimantan	-	20.000
Sumatera	-	30.000
Kepulauan Riau	-	20.000
Kepulauan Mentawai	-	10.000
TOTAL		

Sumber: Flach (1977)

Sampai saat ini sebaran dan potensi alami sagu di Indonesia belum diketahui secara pasti. Namun dari hasil penafsiran tutupan lahan dari citra satelit Landsat 7 ETM⁺ di lahan-lahan yang terindikasi sebagai tempat tumbuh sagu (belukar rawa, hutan mangrove sekunder, hutan rawa primer, hutan rawa sekunder, dan rawa) diperoleh rincian luasan di masing-masing wilayah.

Potensi Pati Sagu

Produktivitas pati dari pohon sagu dipengaruhi oleh jenis dan tipe sagu, budidaya, pascapanen dan teknik pengolahan hasil, serta lingkungan tempat tumbuh tegakan sagu (Lina dan Hartoyo, 1982 dalam Wiyono dan Silitonga, 1988). Berdasarkan hasil analisis 60 sampel pati sagu yang

diperoleh dari lima jenis sagu di hutan sagu seram timur, dilaporkan bahwa persentase berat kering terhadap berat basah berkisar antara 58,5-74,2% atau rata-rata 68%. Berdasarkan rata-rata tersebut, maka peringkat jenis sagu mulai dari yang terendah sampai tertinggi berturut-turut adalah makanaru, (*M. rumphii* var *longispinum*, ihur (*M. rumphii* var *sylvestre*), duri rotan (*M. Rumphii* var *microchantum*), tuni (*M. rumphii*), dan molat (*M. sagu*).

Efisiensi produksi akan lebih tinggi pada lahan-lahan yang tidak tergenang. Hal ini sesuai dengan berat kering pati pada satu contoh yang berasal dari lahan tidak tergenang (13,89 g), lahan tergenang sementara (9,59 g) dan lahan tergenang tetap (10,93 g), namun kadar pati pada lahan tergenang lebih rendah (79,17%) dari kedua lahan lainnya (Sitaniapessy, 1996).

Balai penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain berhasil mengidentifikasi \pm 20 tipe sagu di Desa Kahiran, Sentani, Papua yang diberi nama berdasarkan nama setempat. Dari tipe-tipe sagu tersebut, terdapat enam tipe sagu yang potensial untuk dikembangkan sebagai sumber karbohidrat di masa datang, yaitu: Osonghulu (sagu tidak berduri) dengan produksi pati 207,5 kg/pohon, Ebesung (sagu berduri) 207,0 kg/pohon; Yebha (tidak berduri) 191,55 kg/pohon; Polo (tidak berduri) 176 kg/pohon; Wannu (tidak berduri) 160,5 kg/pohon; dan Yaghalobe (berduri) 155,5 kg/pohon; serta satu tipe yang memiliki karakter spesifik yang empulurnya dapat langsung dimakan tanpa harus diolah patinya yaitu Rondo (berduri) dengan produksi pati 127,0 kg/pohon.

Dari luas hutan sagu 1,2 juta ha, 40% merupakan sagu penghasil pati produktif dengan produktivitas pati 7

ton/ha/tahun atau setara dengan etanol 3,5 KL/ha/tahun (Rostiwati et al., 2008)

Morfologi sagu

Sagu tumbuh dalam bentuk rumpun. Setiap rumpun terdiri atas 1-8 batang sagu, dan pada setiap pangkal tumbuh 5-7 batang anakan. Pada kondisi liar, rumpun sagu akan melebar dengan jumlah anakan yang banyak dalam berbagai tingkat pertumbuhan (Harsanto, 1986). Lebih lanjut Flach (1983) menyatakan bahwa sagu tumbuh berkelompok membentuk rumpun mulai dari anakan sampai tingkat pohon. Tajuk pohon terbentuk dari pelepah yang berdaun sirip dengan tinggi pohon dewasa berkisar antara 8-17 m, tergantung pada jenis dan tempat tumbuhnya.

Batang

Batang merupakan bagian terpenting dari tanaman karena merupakan gudang penyimpanan pati atau karbohidrat yang lingkup penggunaannya dalam industri sangat luas, seperti industri pangan, pakan, alkohol, dan berbagai industri lainnya (Haryanto dan Pangloli, 1992). Batang sagu berbentuk silinder yang tingginya dari permukaan tanah sampai pangkal bunga berkisar 10-15 m, dengan diameter batang pada bagian bawah mencapai 35-50 cm (Harsanto, 1986), bahkan dapat mencapai 80-90 cm (Haryanto dan Pangloli, 1992). Umumnya diameter batang bagian bawah lebih besar daripada bagian atas, dan batang bagian bawah umumnya mengandung pati lebih tinggi daripada bagian atas (Manuputty, 1954 dalam Haryanto dan Pangloli, 1992).

Pada waktu panen, berat batang sagu dapat mencapai lebih dari 1 ton, kandungan patinya berkisar antara

15-30% (berat basah), sehingga satu pohon sagu mampu menghasilkan 150-300 kg pati basah (Harsanto, 1986; Haryanto dan Pangloli, 1992).

Daun

Daun sagu berbentuk memanjang (*lanceolatus*), agak lebar dan berinduk tulang daun di tengah, bertangkai daun. Antara tangkai daun dengan lebar daun terdapat ruas yang mudah dipatahkan (Harsanto, 1986).

Daun sagu mirip dengan daun kelapa, mempunyai pelepah yang menyerupai daun pinang. Pada waktu muda, pelepah tersusun secara berlapis, tetapi setelah dewasa terlepas dan melekat sendiri-sendiri pada ruas batang (Harsanto, 1986; Haryanto dan Pangloli, 1992). Menurut Flach (1983), sagu yang tumbuh pada tanah liat dengan penyinaran yang baik, pada saat dewasa memiliki 18 tangkai daun yang panjangnya 5-7 m. Dalam setiap tangkai sekitar 50 pasang daun yang panjangnya bervariasi antara 60-180 cm dan lebarnya sekitar 5 cm.

Pada waktu muda daun sagu berwarna hijau muda yang berangsur-angsur berubah menjadi hijau tua, kemudian menjadi coklat kemerahan apabila sudah tua dan matang. Tangkai daun yang sudah tua akan lepas dari batang (Harsanto, 1986).

Bunga dan Buah

Tanaman sagu berbunga dan berbuah pada umur 10-15 tahun, bergantung pada jenis dan kondisi pertumbuhannya. Sesudah itu pohon akan mati (Brautlecht, 1953 dalam Haryanto dan Pangloli, 1992). Awal fase berbunga ditandai

dengan keluarnya daun bendera yang ukurannya lebih pendek daripada daun-daun sebelumnya.

Bunga sagu merupakan bunga majemuk yang keluar dari ujung atau pucuk batang, berwarna merah kecoklatan seperti karat (Haryanto dan Pangloli, 1992). Sedangkan menurut Harsanto (1986), bunga sagu tersusun dalam manggar secara rapat, berukuran kecil-kecil, warnanya putih berbentuk seperti bunga kelapa jantan, dan tidak berbau.

Bunga sagu bercabang banyak yang terdiri atas cabang primer, sekunder dan tersier (Flach, 1983). Pada cabang tertier terdapat sepasang bunga jantan dan betina, namun bunga jantan mengeluarkan tepung sari sebelum bunga betina terbuka atau mekar. Oleh karena itu diduga bahwa tanaman sagu adalah tanaman yang menyerbuk silang, sehingga bilamana tanaman ini tumbuh soliter jarang sekali membentuk buah.

Bila sagu tidak segera ditebang pada saat berbunga maka bunga akan membentuk buah. Buah berbentuk bulat kecil, bersisik dan berwarna coklat kekuningan, tersusun pada tandan mirip buah kelapa (Harsanto, 1986). Waktu antara bunga mulai muncul sampai fase pembentukan buah berlangsung sekitar dua tahun (Haryanto dan Pangloli, 1992).

Pengolahan Biofuel

Teknik produksi etanol dari sagu hampir sama dengan tanaman lain. Pati harus diubah terlebih dahulu menjadi gula sebelum difermentasi untuk menghasilkan etanol (Lyons, 1999). Perubahan pati menjadi gula pada umumnya dilakukan dengan menggunakan kombinasi pemanasan dan

enzim. Enzim tahan panas *alfa-amilase* dari *Bacillus stearothermophilus* dan *glukoamilase* dari kapang *Aspergillus* adalah kombinasi enzim yang banyak digunakan (Kelsall dan Lyons, 1999). Konversi pati sagu menjadi glukosa telah diteliti oleh Pontoh dan Low (1995). Hasilnya menunjukkan bahwa enzim *alfa-amilase* dan *glukoamilase* mampu mengubah pati menjadi glukosa (gula sederhana) dengan sedikit oligosakarida. Glukosa biasanya diubah menjadi etanol oleh ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Ishizaki (2007) melaporkan pembuatan bioetanol dari pati sagu dengan menggunakan *Zymomonas mobilis*.

Secara umum pengolahan bioetanol sagu sama dengan pembuatan bioetanol dari bahan tanaman lain, yaitu secara fermentasi. Teknik pembuatan bioetanol yang dapat diterapkan di pedesaan adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram alir pembuatan etanol sagu

Penghancuran Empulur Sagu

Proses pengolahan etanol sagu diawali dengan melakukan pemilihan pohon sagu yang layak panen. Selanjutnya empulur sagu dihancurkan dengan menggunakan mesin penghancur empulur. Serat dan bahan selulosa dikeluarkan sehingga yang tinggal adalah patinya.

Pemanasan/Liquifikasi

Semua jenis pati dari alam berbentuk granula yang tidak larut dalam air. Granula pati ini tidak dapat atau sukar dihancurkan oleh enzim. Itulah sebabnya pati harus dihancurkan dahulu dengan cara pemanasan melalui proses yang dinamakan gelatinisasi. Gel yang terbentuk dari hasil pemanasan pati bersifat padat. Kemudian gel ini dihancurkan lebih lanjut dengan menggunakan enzim tahan panas *alfa amilase* dari *Bacillus stearothermophilus*. Enzim ini dapat tahan sampai suhu di atas titik didih (107°C).

Pati sagu dicampur dengan air dengan perbandingan 1 : 5, kemudian dipanaskan dengan suhu $60 - 80^{\circ}\text{C}$ hingga terjadi gelatinisasi diikuti dengan hidrolisis. Selama pemasakan/liquifikasi, pati akan dikonversi menjadi dekstrin oleh enzim *endogenous alfa-amilase*.

Sakarifikasi

Pada tahap ini, dekstrin hasil liquifikasi akan dilanjutkan dengan sakarifikasi, yaitu dirubah menjadi gula sederhana atau glukosa melalui proses hidrolisis oleh eksoenzim *glukoamilase*. Enzim ini biasanya berasal dari kapang seperti *Aspergillus* sp. Untuk mengkonversi seluruh

dekstrin menjadi glukosa dibutuhkan waktu sekitar tiga hari pada suhu 30 – 50 °C

Fermentasi

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi etanol. Setelah proses sakarifikasi, dilakukan pendinginan sampai suhu 28-30°C, kemudian dimasukkan ke fermentor. Fermentasi menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentasi dapat dilakukan bersamaan dengan sakarifikasi yang biasanya berlangsung selama 56 – 72 jam.

Destilasi

Etanol yang dihasilkan dari fermentasi masih tercampur dengan berbagai bahan lain dari bahan baku. Selain itu hasil fermentasi tersebut masih mengandung ragi yang masih terus bertambah selama masa awal fermentasi. Demikian juga dengan berbagai produk sampingan dari ragi seperti gliserol masih turut tercampur. Oleh karena itu, bahan-bahan tersebut perlu dipisahkan. Pemisahan dapat dilakukan secara fisik dengan menguapkan etanol melalui proses pemanasan. Proses ini disebut destilasi. Destilasi bertujuan untuk meningkatkan kadar etanol. Destilasi dilakukan dengan sistem kontinu, pertama akan menghasilkan etanol dengan kadar 50-60%, kedua menghasilkan etanol dengan kadar 90-95%

Dehidrasi

Dehidrasi dimaksudkan untuk menghilangkan air dari etanol 95% sehingga dapat dihasilkan etanol 99,9% yang dapat langsung ditambahkan pada bahan bakar premium. Untuk mendapatkan etanol absolut dilakukan dengan menggunakan cara kimia dan cara fisik. Cara kimia yaitu dengan menggunakan batu gamping. Cara ini cocok digunakan untuk skala rumah tangga. Batu gamping dihancurkan kemudian direndam dengan etanol selama 24 jam dengan sesekali diaduk (Bustaman, 2008).

Cara fisik yaitu dengan menggunakan saringan molekul yang dapat menyerap molekul air (2,8 Å), tetapi tidak menyerap molekul etanol (4,4 Å). Uap etanol 95 % dilewatkan pada tabung yang berisi saringan molekul yang mengikat air. Dengan demikian uap yang keluar adalah etanol 99,9 % (Pontoh, 2007). Proses pembuatan bioetanol ini sangat mudah dilaksanakan, murah serta ramah lingkungan, sehingga dapat dilakukan oleh kelompok tani di pedesaan.

Pemanfaatan Hasil Lainnya

Hampir semua bagian tanaman sagu dapat dimanfaatkan seperti daun untuk atap. Setelah diambil patinya, batang sagu dapat digunakan juga sebagai kayu bakar bahkan jembatan terutama di daerah pedesaan. Pati sagu telah lama digunakan sebagai bahan makanan pokok terutama di kawasan timur Indonesia seperti Papua, Maluku, dan Sulawesi Tenggara. Saat ini pati sagu telah digunakan sebagai bahan baku pembuatan makanan ringan, kosmetik, pakan ternak, biogas, dan selulosa dari ampas

sagu dapat diolah lebih lanjut menjadi produk-produk ramah lingkungan seperti plastik organik, serta HFS (*high fructose syrup*).

Aspek Ekonomi dan Prospek Pengembangan

Pengembangan bioetanol sangat prospektif bagi tersedianya energi pada daerah penghasil sagu. Keuntungan finansial dari perusahaan bioetanol sagu dapat digambarkan sebagai berikut. Harga pati Rp 4.000/kg apabila diolah menjadi bioetanol absolut dengan harga 10.000/l dengan biaya total sebesar Rp 8.000/l maka akan diperoleh laba bersih Rp 2.000/l. Apabila satu batang sagu dapat menghasilkan 300 kg pati maka harga jual pati Rp 1.200.000 dan akan dihasilkan 150 l bioetanol. Dengan perhitungan seperti di atas maka akan diperoleh laba bersih untuk setiap pengolahan satu pohon sagu Rp 300.000. Secara ekonomi kelihatannya masih kurang menggairahkan, akan tetapi upaya efisiensi masih dapat dilakukan apabila diusahakan dalam skala yang lebih luas. Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan bioetanol sebagai bahan substitusi BBM, penyerapan tenaga kerja, peningkatan pendapatan dan pemanfaatan sumberdaya sagu sehingga memiliki nilai tambah ekonomi.

Indonesia memiliki areal sagu terluas di dunia. Menurut Flach (1983) luasan hutan sagu di Indonesia mencapai 1.114.000 ha, sebagian besar yaitu 95,9% tersebar di kawasan timur Indonesia dan hanya 4,1% di kawasan Barat Indonesia. Menurut Bintoro *et al.* (2007), luas areal sagu di Indonesia perlu didata dan dipetakan lebih akurat dengan teknologi yang tersedia, karena kisaran luas lahan sagu yang ada

sangat lebar, antara 600.000 – 5.000.000 ha, dan sebagian besar merupakan data perkiraan.

Berdasarkan luas areal, maka potensi sagu terbesar terdapat di kawasan Timur Indonesia terutama Papua. Walaupun demikian, kawasan barat Indonesia terutama Riau, saat ini memiliki areal pengembangan sagu yang cukup luas.

Tanaman sagu memiliki sekitar 1000 stomata per mm² daun, sehingga sangat efisien dalam melakukan fotosintesa. Tanaman sagu mengikat CO₂ sepanjang tahun, kemudian dikonversi sebagai karbohidrat yang tersimpan pada batang dalam jumlah yang besar (Jong, 2007).

Indonesia memiliki keanekaragaman jenis sagu yang sangat besar, yang secara garis besar dikelompokkan atas sagu berduri, sagu tidak berduri, dan sagu baruk. Produktivitas pati sagu per pohon di beberapa daerah di Indonesia cukup beragam, bergantung pada jenis sagu. Menurut Tenda dan Maskromo (2007), kandungan karbohidrat pada 10 aksesori sagu asal Sentani Papua berkisar antara 55,78-86,68%, kandungan pati pada karbohidrat tersebut berkisar 81,42-84,35%, dan kandungan tepung sagu pada satu batang sagu unggul berkisar 200-400 kg. Pati terakumulasi pada bagian empulur batang selama masa pertumbuhan vegetatif dan mencapai maksimum, mencapai 700 kg per batang sebelum tangkai bunga muncul (Tabel 16).

Tabel 16. Produktivitas pati sagu di beberapa daerah di Indonesia.

L o k a s i	Perkiraan umur panen (tahun)	Produksi tepung basah (kg/batang)
Jayapura	8 – 10	400
Kaimana	7 – 10	400 – 700
Sorong	7 – 10	300 – 375
Paniai	7 – 10	360 – 500
Yapen Waropen	10 – 12	400 – 500
Merauke	7 – 10	300 – 400
Salawati	-	90 – 325
Sungai Sepik	-	137,7
Kampar	-	150 – 200
Indragiri Hilir	-	138 – 367
Bengkalis	-	200 – 300
Kepulauan Riau	-	300
Sulawesi Tenggara	-	200 – 450
Kalimantan barat	-	175 – 210
Kepulauan mentawai	-	300 – 400

Sumber : Allorerung,1993.

Menurut Yamamoto *et al.*(2007), potensi produksi pati sagu pada kebun semi budidaya di Pulau Tebing Tinggi Riau mencapai 13,7 ton/ha. Rata-rata produksi pati sagu dengan menggunakan cara tradisional sekitar 10 ton/ha.

Potensi pati sagu sangat tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi etanol. Menurut Nadirman *dalam* Antara News (2007), setiap satu gram pati sagu dapat menghasilkan setengah gram bioetanol. Jadi enam juta ton sagu kering dapat menghasilkan tiga juta ton bioetanol. Apabila satu pohon sagu menghasilkan 200 kg sagu kering maka setiap satu pohon dapat diperoleh 100 l bioetanol. Rata-rata produksi sagu 15 ton/ha/tahun yang apabila difermentasi akan menghasilkan 7,5 kl bioetanol. Selain itu berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh sebuah lembaga penelitian ekstraksi pati sagu menghasilkan selulosa (serat) dalam

jumlah besar, yang dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan etanol. Kombinasi pemanfaatan pati sagu, gula, dan selulosa dapat menghasilkan etanol lebih dari 10 kl/ha/tahun, lebih tinggi dari ubi kayu (3-5 kl/ha) dan tebu (6-7 kl/ha) (Jong, 2007). Hal ini sejalan dengan hasil observasi Ishizaki (2007) (Tabel 17). Bioetanol dapat dicampur dengan bensin 20-40%. Sehingga pada daerah-daerah penghasil sagu dapat diterapkan substitusi etanol sagu terhadap bahan bakar minyak, sehingga diharapkan untuk membantu pemerintah dalam menanggulangi krisis bahan bakar.

Pati sagu relatif kurang dikenal di pasar internasional dibandingkan dengan pati jagung dan ubi kayu. Apabila pati sagu digunakan sebagai bahan baku produksi etanol, maka biaya yang dibutuhkan relatif lebih rendah dibandingkan dengan pati yang lain.

Tabel 17. Produksi karbohidrat dan etanol beberapa tanaman

Jenis tanaman	Produksi (t/ha/)	Ketersediaan karbohidrat	Produksi karbohidrat (t/ha)	Produksi bioetanol (kl/ha)
Tebu	70	Gula (bx) 15 %	10,5	6,4
Ubi kayu	25	Pati 25 %	6,25	3,8
Jagung	5	5 ton	5	3
Sagu	20	250 kg/batang	20	12,2

Sumber : Ishizaki (2007)

TEBU

(*Saccharum officinarum* L).

Pada awal abad ke-20 Indonesia dikenal sebagai negara pengekspor gula nomor dua terbesar di dunia setelah Kuba, namun pada awal abad ke-21 berubah menjadi negara pengimpor nomor dua terbesar di dunia setelah Rusia. Pertambahan penduduk yang sangat cepat merupakan salah satu penyebab tingginya konsumsi langsung gula dalam negeri, yang pada tahun 2011 mencapai 2,7 juta ton jumlah penduduk pada waktu itu lebih dari 240 juta orang (Syakir et al., 2011).



Penurunan luas areal, produktivitas, dan rendemen tebu yang berlangsung pada kurun waktu antara 1994-2003 juga menjadi penyebab rendahnya produksi gula nasional. Rata-rata produktivitas tebu yang ditanam di lahan sawah sekitar 95 ton/ha dan di lahan tegalan 75 ton/ha dengan rendemen gula 7,3-7,5%. Produktivitas tebu dan rendemen ini masih di bawah potensi yang ada.

Masalah lain yang menyebabkan rendahnya efisiensi industri gula nasional adalah tidak seimbang komposisi varietas tebu yang ditanam, yaitu antara varietas masak awal, masak tengah, dan masak akhir. Di lapangan, pada umumnya komposisi varietas masak akhir jauh lebih banyak daripada varietas lainnya. Hal ini berakibat pada kurang

sesuai tingkat kematangan tebu pada saat panen, masa giling yang berkepanjangan, dan banyaknya tebu masak lambat yang ditebang sehingga rendemen menjadi rendah. Selain itu tanaman tebu banyak yang diratoon lebih dari tiga kali (Soetopo *et al.*, 2012).

Sampai saat ini seluruh batang tebu masih dimanfaatkan untuk pangan, yaitu gula dan vetsin, karena Indonesia masih mengimpor gula dengan nilai yang sangat tinggi sekitar US\$ 1 miliar. Namun demikian biomassa hasil pemanenan dan pengolahan tebu menghasilkan limbah nilai kalori yang cukup tinggi. Proses pembuatan gulanya menghasilkan gula dan tetes sebanyak 10%, sekitar 90%. Dalam konversi energi pabrik gula, daun tebu dan ampas batang tebu digunakan untuk bahan bakar boiler, uapnya digunakan untuk proses produksi dan pembangkit listrik.

Syarat Tumbuh

Tanaman tebu tumbuh di daerah tropika dan subtropika sampai batas garis isoterm 20°C, yaitu antara 19°LU dan 35° LS. Kondisi tanah yang baik bagi tanaman tebu adalah yang tidak terlalu kering maupun yang tidak terlalu basah. Akar tanaman tebu sangat sensitif terhadap kekurangan udara, sehingga pengairan dan drainase harus mendapat perhatian. Drainase yang baik memiliki kedalaman sekitar 1 m.

Tebu dapat tumbuh pada beberapa jenis tanah yaitu alluvial, glumosol, latosol dan regosol. Ketinggian lahan yang paling sesuai kurang dari 500 m dpl, cukup sesuai antara 500 m - 1.200 m dpl, dan tidak sesuai pada ketinggian \geq 1.200 m dpl. Kemiringan lahan sebaiknya kurang dari 8%.

Apabila tanahnya ringan, kemiringannya diusahakan 2%, tetapi bila tanahnya berat kemiringannya bisa mencapai 5%. pH yang dikehendaki antara 6-7,5, tetapi masih toleran pada pH 4,5-8,5. Bila pH kurang dari 5, maka keracunan Fe dan Al kandungan Cl 0,06-0,10% telah bersifat racun bagi tanaman.

Curah hujan yang optimum berkisar antara 1.000-1.300 mm/tahun dengan sekurang-kurangnya 3 bulan kering. Distribusi curah hujan yang ideal untuk pertanaman tebu adalah curah hujan yang tinggi (200 mm/bulan) selama 5-6 bulan pada periode pertumbuhan vegetatif, curah hujan sedang (125 mm/bulan) pada 2 bulan selanjutnya dan curah hujan kurang (75 mm/bulan) pada 4-5 bulan terakhir.

Suhu sangat berpengaruh terhadap pembentukan sukrosa. Suhu ideal bagi tanaman tebu berkisar antara 24-34°C dengan perbedaan antara siang dan malam tidak lebih dari 10°C. Pembentukan sukrosa optimal terjadi pada suhu 30°C. Sukrosa yang terbentuk ditimbun pada batang, dimulai dari bawah pada malam hari. Proses penyimpanan sukrosa paling efektif pada suhu 15°C. Tanaman tebu membutuhkan penyinaran penuh selama 12-14 jam, agar proses asimilasi berlangsung secara optimal. Kecepatan angin sangat berperan dalam mengatur keseimbangan kelembapan udara dan kadar CO₂ di sekitar tajuk sehingga mempengaruhi proses fotosintesis. Angin dengan kecepatan kurang dari 10 km/jam pada siang hari berdampak positif bagi pertumbuhan tebu.

Sebaran dan Produktivitas

Usaha untuk mengatasi defisit gula nasional telah dilakukan melalui peningkatan produksi gula nasional.

Hasilnya dapat dirasakan dengan meningkatnya produksi gula dari 2,05 juta ton pada tahun 2004 menjadi 2,8 juta ton pada tahun 2008. Produksi gula tahun 2012 diperkirakan 3,1 juta ton, namun ternyata yang dicapai hanya 2,5 juta ton (www.deptan.go.id, 2012). Masih banyak permasalahan yang ditemui di lapang baik secara teknis maupun manajemen seperti yang dijelaskan pada subbab terdahulu.

Pertanaman tebu di Indonesia menyebar di sepuluh provinsi sesuai dengan keberadaan pabrik gula dan kesesuaian lahan di provinsi tersebut yang keseluruhannya mencapai 461.082 ha (data tahun 2012). Provinsi yang memiliki lahan pertanaman tebu terluas adalah Jawa Timur (195.450 ha), Lampung (117.744 ha), dan Jawa Tengah (67.018 ha), yang masing-masing memiliki 25 PG (Jatim), 3 PG (Lampung), dan 11 PG (Jateng).

Seperti yang disampaikan sebelumnya, produktivitas tebu di Indonesia masih rendah, pencapaian rendemen pun tidak pernah lebih dari 9%. Selain lahan dan lingkungan, keberhasilan usahatani tebu juga ditentukan oleh manajemen yang baik. Produktivitas tebu di Indonesia pernah mencapai 137 t/ha dan rendemen 12,79% melalui pengembangan sistem pengairan (tahun 1940). Sistem ini masih diteruskan di negara-negara penghasil tebu lainnya seperti Brasilia, Afrika Selatan, dan India. Saat ini Indonesia sedang berusaha untuk mengembangkan teknologi dalam rangka mendukung program swasembada gula melalui penggunaan varietas unggul, bongkar ratoon, pengendalian hama penyakit ramah lingkungan, dan kultur jaringan. Beberapa varietas unggul tebu yang telah dilepas serta potensi produktivitas dan rendemennya disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Beberapa varietas unggul tebu

Varietas	Sifat masak	Produksi					
		Lahan sawah		Lahan tegalan			
		Tebu (Ku/ha)	Rendemen (%)	Tebu (Ku/ha)	Rendemen (%)		
PS 881	Awal			949 ± 241	10,22 ± 1,64		
PS 865	Awal-tengah			804 ± 112	9,38 ± 1,41		
PSBM 901	Awal-tengah			704 ± 162	9,93 ± 1,02		
PS 921	Tengah	1391 ± 101	8,53 ± 1,19				
Kdg Kncana	Tengah-lambat	1125 ± 325	10,99 ± 1,65	992 ± 238	9,51 ± 0,88		
PS 864	Tengah-lambat	1221 ± 228	8,34 ± 0,60	888 ± 230	9,19 ± 0,64		
PS 891	Tengah-lambat	1106 ± 271	9,33 ± 1,19	844 ± 329	10,19 ± 1,35		
PS 951	lambat	1461 ± 304	9,87 ± 0,86				

Analisis Usahatani

Hasil panen tebu yang diterima petani berasal dari gula dan tetes. Hasil gula dihitung berdasarkan rendemen sementara dikalikan berat tebu petani dikali rasio bagi hasil. Rasio bagi hasil bersifat progresif. Makin tinggi rendemen, makin besar rasio bagi petani. Selain dan bagi hasil, petani mendapat bagian dari tetes tebu. Dari setiap 100 kg tebu yang digiling, petani mendapat 3 kg tetes.

Analisis finansial usahatani tebu rakyat per hektar disajikan pada Tabel 19. Hasil analisis menunjukkan bahwa apapun dan berapapun asumsinya, R/C selalu mendekati 2 atau > 2 , artinya walaupun hasil gula dan tetes hanya diberikan sebagian, petani selalu untung. Apabila tetes diolah lebih lanjut untuk biofuel/bioetanol, bagitu pula limbah biomassa dari batang dan daun (pengolahan generasi kedua), maka keuntungan yang diterima petani akan lebih besar lagi.

Tabel 19. Analisis usahatani tebu per hektar

Uraian	Tanam baru	Ratoon I	Ratoon II	Ratoon III
Biaya				
Saprodi (Rp)	2.406.788	1.651.215	1.651.215	1.651.215
Tenaga kerja (Rp)	6.331.000	3.903.778	3.903.778	3.903.778
Lainnya (Rp)	2.600.000	1.071.827	1.071.827	1.071.827
Total biaya (Rp)	11.337.788	6.626.819	6.626.819	6.626.819
Pendapatan				
Prod. tebu (kg)	80	64	51,2	41
Rendemen (%)	7	7	7	7
Produksi gula (kg)	5.600	4.480	3.584	2.867
Bagi Hasil				
- Gula (kg)	3.808	3.046	2.437	1.950
- Tetes (Rp/kg)	2.400	1.920	1.536	1.229
Harga				
- Gula (kg)	7.000	7.000	7.000	7.000
- Tetes (Rp/kg)	1.500	1.500	1.500	1.500
Pendapatan				
- Gula (kg)	26.656.000	21.324.800	17.059.840	13.647.872
- Tetes (Rp/kg)	3.600.000	2.800.000	2.304.000	1.843.200
Pendapatan tebu (Rp)	30.256.000	24.204.800	19.363.840	15.491.072
R/C ratio	2,67	3,65	2,92	2,34

DAFTAR PUSTAKA

- Ainan, U. 2001. Potensi Nira Siwalan (*Borassus flabellifer*. L) sebagai Sumber Bahan Baku Industri untuk Peningkatan Pendapatan di Daerah. Prosiding Seminar Nasional Lustran III Universitas Wangsa Manggala Yogyakarta hlm. 183-189.
- Akuba, R.H. 2004. Profil Aren/Pengembangan Tanaman Aren. Prosiding Seminar Nasional Aren Tondano. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, 9 Juni 2004 hlm. 1-9
- Alam, S. Dan D. Baso. 2004. Peluang Pengembangan dan Pemanfaatan Tanaman Aren di Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Nasional Aren. Tondano. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, 9 Juni 2004, hlm. 15-21.
- Ardi, H. 2004. Tantangan dan Peluang Pengembangan Aren di Propinsi Kalimantan Tengah; Prosiding Seminar Nasional Aren, Tondano. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain, 9 Juni 2004. hlm. 44-57.
- Allorerung, D., E. Mahmud dan B. Prastowo. 2006. Peluang Kelapa untuk Pengembangan Produk Kesehatan dan Biodiesel. Prosiding Konperensi Nasional Kelapa VI. Puslitbang Perkebunan. Badan Litbang Pertanian. hlm. 12-31.
- Antara News, 2007. Indonesia Sia-siakan 3 juta ton biofuel. J:\copy of antara news 10/9/2007.
- Amalo, P. 2008. Multiguna, dari akar hingga nira. Media Indonesia, 21 November 2008. hlm 5.
- Akuba, R.H. 2008. Merakit Tree of Life. Badan Lingkungan Hidup, Riset dan Teknologi Informasi provinsi Gorontalo.
- Anonymous. 2009. Berapapun harga BBM dunia, Indonesia tetap untung.[http://forum.detik.com/showthread.php / t = 39.700](http://forum.detik.com/showthread.php/t=39.700). diunduh Agustus 2009.
- Abner, Lay dan P.M. Pasang. 2009. Kelapa (*Cocos nucifera* L). dalam Tanaman Perkebunan Penghasil BBN. Puslitbangbun hlm. 83-96.
- Bonzon, J.A. 1984. Harvestable Energy From The Coconut Palm. Energy in Agricultura 3; 337-344.

- BNDS and CGEE. 2008. Sugaecane-based bio ethanol : energy for sustainable development. 300p
- Badan Litbang Pertanian. 2007. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis : Tinjauan Aspek Kesesuaian Lahan. Badan Litbang Pertanian, Jakarta. 30 hlm.
- Balitbang Kehutanan. 2008. Nyamplung *Clophyllum inophyllum* L. Sumber energi Biofuel yang potensial Pusat Litbang Hutan Tanaman. Badan Litbang Kehutanan. Departemen Kehutanan. Bogor hlm. 33-38.
- Bustomi, S dan Y. Lisnawati. 2009. Deskripsi umum. Dalam. Bustomi S., T. Rostiwati, R. Sudradjat, A.S. Kosasih, I Anggraini, B. Laksono, S. Irawati, R. Kurniaty, D. Syamsuwida, R. Effendi, Mahfuds dan D. Hendra. Nyamplung : Sumber Energi Biofuel yang Potensial hlm. 3-12.
- Bustomi, S. 2008. Stratgei Pengembangan Bioetanol berbasis sagu di Maluku. Perspektif Vol. 7 (2).
- Darwis, S.N. 1985. Tanaman Kelapa dan Lingkungan Pertumbuhannya. Terbitan Khusus No.5/VII/1985. Balai Penelitian Kelapa. Manado.
- Darwis, S.N. 1986. Peta Kesesuaian Iklim serta Kemungkinan Pengembangan Tanaman Kelapa di Sumatera. Terbitan Khusus No.8/VII/1986. Balai Penelitian kelapa, Manado.
- Departemen Pertanian. 2006. Kebijakan Penyediaan Bahan Baku Biofuel dan Pengembangan Desa Mandiri. Makalah disampaikan pada Seminar Bioenergi. Prospek Bisnis dan Peluang Investasi. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta. 6 Desember 2006
- Ditjen Perkebunan. 2004. Perkembangan Aren di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Aren, Tondano. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain. hlm. 138-144.
- Ditjenbun. 2008. Budidaya kemiri. <http://Ditjenbun/deptan.go.id.tahunan.bun> (diunduh Desember 2008).
- Effendi, D.S. 2009. Aren, Sumber Energi Alternatif. Warta penelitian dan Pengembangga Pertanian Vol. 31(2) : 1-3.

- Flasch, M. 1977. Yield Potensial of The Sago Plam And Its Realization. Papers of the sirst Internasional Sago Symposium, Kuching 5-7 July 1976. Malaysia. hlm 157-177.
- Sago Palm. Metroxylon sagu Rottb. Internasional Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) Promoting the Covention and Use of Underutilized and Neglected Crops, 13. IPGRI Italy and IPK, Germany. 71 pp.
- 1980. Sago Palm from Equatirial Swamps : a Competitive Source of Tropical Starch : In Staton, W.R. and M. Flach (eds) : Sago, the equqtorial swamp as a natural resources. Martinus Nyhott. The Haque hlm 110-127.
- 1983. Sago Palm Dosestication . Ex Plantation and Productiona. FAG Plant Production and Protection Paper. 85 pp.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia Yayasan Sarana Wana Jaya, Jakarta.
- Handayani, S.R. 2010. Pemanfaatan Bioetanol sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensim. hlm. 99-102. [http://blog.its.ac.id/arifin bits/files/2008/12/pemanfaatan - bioethanol. Pdf.](http://blog.its.ac.id/arifin_bits/files/2008/12/pemanfaatan_bioethanol.Pdf) (diunduh 15 Maret 2010).
- Hamzah, Z. Dan A.P. Tampubolon. 1988. Kondisi Tanaman Sagu dan sistem silvi kulturnya di areal tanah gambut. Pulau Rangsang, Riau. Buletin Penelitian Hutan. hlm 9-20.
- Ishizaki, A. 2007. Nefcers's New Technology for Bioetanol from sago Log. Prodising Lokakarya Pengembangan Sagu ndonesia, Batam 25-26 Juli 2007. Puslitbang Perkebunan hlm. 63-75.
- Kelsell, D.R. dan T.P. Lyons. 1999. Grain dry milling and cooking for alcohol production : designing for 23% ethanol and maximum yield. In : The Alcohol Texbook. Third Edition. Jackques, P., T.P. Dyons, D.R. Kelsall. Nottingham University Press. Notting, UK. Pp :7-24.
- Louhenapessy, J.E. 1992. Sistem Pengusahaan Hutan Sagu Secara Lestari. Prosiding Seminar Pengusahaan Hutan Sagu dan Nipah, Jakarta 14 Mei 1992. Departemen Hutbun, Jakarta.

- Louhenapessy, J.E. 1994. Evaluasi dan Klasifikasi Keseuaian Lahan bagi Sagu (*Metroxylon* spp). Disertasi UGM.
- Laksono, B. Y. Lisnawati, E. Parchman dan K.P. Putri. 2009. Peningkatan Produktivitas Hutan Tanaman Nyamplung sebagai Bahan Baku Biofuel. Laporan Hasil Penelitian Program Insentif Diknas (tidak dipublikasikan).
- Listyati, D. 2009. Proses dan Biaya Produksi Biodiesel dan Kemiri Sunan (*Aleuritas trisperma* Blanco). Kemiri Sunan Penghasil Biofuel : Solusi Masalah Energi Masa Depan. Puslitbangbun. Badan Litbang Pertanian. hlm 166-180.
- Munawaroh, E. 1999. Upaya Konservasi dan Budidaya Lontar (*Borassus flabellifer* L.) oleh masyarakat Melolo di Kabupaten Sumba Timur NTT. UPT Balai Pengembangan Kebun Raya, LIPI.
- Malingkay, R.B., Y. Mantana, N. Lumentut, dan E. Manaroinson. 2004. Budidaya Tanaman Aren. Prosiding Seminar Nasional Aren Tondano. Balai penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain hl. 131-137.
- Manggabarani, A. 2006. Kebijakan Pembangunan Agribisnis kelapa. Prosiding Konperensi Nasional kelapa VI. Puslitbang Perkebunan. Badan Litbang Pertanian. hlm. 1-11.
- Mulyani, A dan I. Las. 2008. Potensi Sumber Daya Lahan dan Optimalisasi Pengembangan Komoditas Penghasil Bioenergi di Indonesia. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Perkebunan 27 (1) 31-41.
- Mahfudz. 2008. Potensi dan Peluang Nyamplung sebagai Bahan Baku Biodiesel di Indonesia. Balai Besar Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Departemen Kehutanan, Yogyakarta.
- Patra, I.M.. 1980. Cendana yang harum, lontar yang anggun, Trubus, Agustus 1980.
- Pontoh, J. dan N.H. Low. 1995. Glucose Syrup Production from Indonesian Palm and Cassava Starch. Food Research International 28: 379-385.

- Pontah, J. 2007. Teknologi Produksi Bioetanol Berbasis Tanaman Palma, Makalah disampaikan pada seminar “Pengolahan dan Energi Alternatif kelapa” Departemen Perindustrian RI. Badan Litbang Industri, Manadop, 7 November 2007.
- Rostiwati, T., A.S. Kosasih, S. Bustomi, E. Rachman dan Y. Lisnawati. 2009. Teknik Penanaman Nyamplung dalam Bustomi, S., T. Rostiwati R. Sudradjat, A.S. Kosasih, I Anggraini, B. Laksono, S. Irawati, R. Kurniaty, D. Syamsuwida, R. Effendi, Mahfuds dan D. Hendra. Nyamplung : Sumber Energi Biofuel yang Potensial hlm. 3-12.
- Rindengan, E dan E. Manaroinsong. 2009. Aren Tanaman Perkebunan Penghasil BBN. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. hlm 1-22.
- Rumokoi, B., S. Karonev dan P. Pasang. 2006. Pengaruh sabut kelapa terhadap kulaitas nira aren dan palm wine. Jurnal Littri. 12 (4): 166-171.
- Sumaryono, W. 2006. Kajian Kumpehensif dan Teknologi Pengembangan Bioetanol sebagai BBN. Seminar Bioenergi Prospek Bisnis dan Peluang Investasi. Jakarta, 6 Desember 2006. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Soerawidjaja, T.H. 2006. Energi Alternatif dari Kelapa. Prosiding Konperensi Nasional Kelapa VI. Puslitbang perkebunan. Badan Litbang Pertanian. hlm 52-60.
- Sasongko. D.A. 2008. Sekilas Lontar, Kabe. Edisi 04 : 29-30.
- Syakir dan D.E. Effendi. 2010. Prospek Pengembangan Tanaman Aren (*Arenga pinnata* MERR). Untuk buoetanol peluang dan tantangan. Makalah disajikan dalam Workshop Peluang, Tantangan dan Prospek Pengembangan Aren untuk Bioetanol Skala Industri dan UMKM, Bogor 21 Januari 2010. hlm. 17.
- Syakir, M., E. Karmawati, N. Bermawie, B. PRastowo, D. Soetopo, D.S. effendi, E. Hadipoentyanti, Siswanto, Rr. Sri Hartati dan M. Yusron. 2011. Inovasi Teknologi Perkebunan Indonesia. hlm 43-47.

- Soetopo, D., Purwono, Siswanto, M. Syakir, S.Joni Munarso, Joko Pitono dan Widi Rumini. 2012. Budidaya dan pasca Panen Tebu. Puslitbang perkebunan. 38 hlm.
- Van Steenis, C.G.G.J, D Den Hoed, S. embegen dan P.J. Eyma, 1981.
- Vossen, HAM Umali dan B.E. Umali. 2012. Plant Resoursec of South East Asia No.14 Prosea Foundation. Bogor – Indonesia.

INDEX

A.	Hlm.
Aci	38
Agribisnis	4, 9, 79, 83
Agroklimat	
Alkohol	1, 3, 5, 6, 38, 62, 64, 65
<i>Aleulritas trisperma</i>	20
<i>Arenga pinnata</i> MERR	1
Aren	1
Aspek ekonomi	22, 46
B.	
Bahan bakar minyak (BBM)	30, 37, 38, 49
Bahan bakar nabari (BBN)	2, 20
Bilangan penyabunan	15
Biji	11, 14, 19, 20, 21, 22, 23
Bioenergi	80, 83, 84
Bongkar ratoon	70
<i>Borassus flabellifera</i> L.	26
Buah	1, 3, 10, 11, 12, 14, 19, 23, 40, 41, 49, 51, 53, 57, 58, 63
Budidaya	1, 8, 9, 11, 13, 20, 21, 30, 31, 34, 35,
Bunga	12, 19, 39, 40, 41, 48, 51, 58
Bungkil	22
C.	
<i>Calophyllum inophyllum</i> Linn	10
<i>Cocos nucifera</i> L.	73
Cuka	1
Curah hujan	3, 11, 12, 56, 57, 68, 74
D.	
Degumming	14, 15, 17
Desa mandiri energy (DME)	30, 37

E.	
Etanol	7, 38, 72, 73
F.	
Fermentasi	7, 34, 35, 36, 37, 38, 56, 59, 63
G.	
Gliserol	16, 18, 21, 4, 25, 45, 59
Glukosa	34, 35, 57, 58, 59
Gula	3, 7, 10, 15, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 35, 36, 40, 57, 58, 64, 65, 66, 67, 68
H.	
Hutan alam	43, 51, 52
J.	
Jarak pagar	6, 16, 44, 45
Jarak bandung	16
K.	
Katalis	13, 20, 21, 24
Kelapa	6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 53, 56, 71, 72, 74, 75
Kelembapan	5, 31, 51, 67
Kelapa sawit	6, 11, 13, 14, 16
Kemiri sunan	16, 17, 18, 19, 20, 22, 23
Kemiri minyak	17
L.	
Lontar	6, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 74
M.	
Manajemen	9, 68
Marginal	4, 10, 39, 40
Metroxylon spp.	47, 74
Minuman ringan	3

N.	
Nyamplung	39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 72, 75
P.	
Pati	10, 34, 35, 47, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60
Penyadapan	10, 15, 31, 32, 53
Penyebaran	13, 30, 42
Perkebunan rakyat	8
R.	
Rawa	42, 52, 72, 75
Ratoon	66, 68, 70
Reboisasi	9, 10
Rendemen	40, 46, 65, 66, 68, 69, 70
S.	
<i>Saccharum officinarum</i>	55, 79
Siwalan	37, 71
Solar	14, 16, 18, 46
Stomata	62
T.	
Tebu	6, 15, 34, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 76
U.	
Usahatani	68, 70



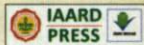
TANAMAN PERKEBUNAN *Penghasil* **BAHAN BAKAR NABATI**

Dalam rangka mengantisipasi pembengkakan impor, pemerintah menerbitkan Instruksi Presiden No 1 Tahun 2006 tanggal 25 Januari tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar lain, oleh sebab itu eksplorasi dan eksploitasi terhadap sumber-sumber bahan bakar alternatif menjadi suatu kebutuhan.

Berdasarkan studi literatur dan lapangan, beberapa jenis tanaman yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku BBN. Buku ini mengulas informasi tentang tanaman perkebunan penghasil bahan bakar nabati seperti aren, kelapa, kemiri sunan, lontar, nyamplung, sagu, dan tebu.



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Jl. Tentara Pelajar No.1 Bogor 16111
Telp. (0251) 8313083. Faks. (0251) 8336194.
E-mail: criec@indo.net.id
Homepage: www.perkebunan.litbang.deptan.go.id



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No.29, Pasarminggu
Jakarta 12540. Telp. +62-21-7806202.
Faks. +62-21-7800644

ISBN 978-602-1520-14-7