

Ulasan Ilmiah/Review

POTENSI DAN PROSPEK PENGEMBANGAN INDUSTRI HILIR MINYAK SAWIT DI INDONESIA

*The Potencies and Development Prospect of Palm Oil Industry Downstream in Indonesia*

Agus Sudibyo

Balai Besar Industri Agro (BBIA)  
Jl. Ir. H. Juanda 11 Bogor 16122

**ABSTRACT** - The Indonesian palm oil production in 2005 will reach about 11.3 million tons and it is estimated that palm oil production still continue increasing for the next ten years. However, eighty percent of palm oil exported from Indonesia was crude palm oil (CPO), whereas a big part of domestic consumption of CPO is consumed in edible oils in term of frying oil, margarine and shortening. On the contrary, palm oil downstream processing industry in Indonesia, especially in oleochemical industry, oleofood industry, pharmacy and cosmetic industry, and biodiesel industry is less develop than in Malaysia; in point of fact the value added products that produce from palm oil downstream processing industry can reached 50 to 300 percent higher than in edible oil processing industry. The increasing demand of palm derivate products in the world, in line with the high nutritional competitiveness discovery of palm oil, the environmental friendly derived products of palm oil, and the scarcity of petrochemical source will open widen market of the palm oil downstream products. To develop palm oil downstream processing industry, information about technology and market prospect derived products of palm oil, based on the downstream processed products of palm oil that tends to increase in demand is very important. This article reviews the existing of technology potency for the palm oil downstream processing industry development and its implementation possibility, development prospect of the palm oil downstream processing industry, and the line of the policy development.

Keywords : *palm oil, downstream industry, technology, potency, prospect, development.*

PENDAHULUAN

Persaingan produk industri agro dalam kurun waktu 5 – 10 tahun ke depan akan semakin ketat, terutama karena adanya tuntutan transparansi, akses pasar dan tindak diskriminatif dengan meminimalkan intervensi pemerintah, baik dalam bentuk hambatan tarif maupun non-tarif dalam liberalisasi ekonomi dan investasi pada kerangka AFTA, APEC dan GATT. Dalam menjawab tantangan era liberalisasi ekonomi dan investasi ini, maka sudah saatnya dilakukan refleksi dalam menggali sumber pertumbuhan perekonomian nasional yang berkelanjutan. Dengan sumber daya yang dimiliki serta didukung oleh implementasi teknologi maju, Indonesia sangat berpeluang untuk menghasilkan produk-produk unggulan dan andalan yang kompetitif. Hal ini sangat prospektif dalam meningkatkan pertumbuhan ekspor nonmigas secara berkelanjutan di masa depan.

Komoditas minyak sawit merupakan salah satu produk unggulan yang diandalkan meraih devisa cukup besar. Hal ini disebabkan peranan minyak sawit sebagai komoditas ekspor semakin penting, disamping menjadi andalan

bagi pemenuhan kebutuhan industri minyak goreng dan minyak makan di dalam negeri (Saragih, 1998). Bahkan dalam *Industrial Policy* yang disusun Departemen Perindustrian dan Perdagangan tahun 2004 dinyatakan bahwa di bidang industri agro, pemerintah mengunggulkan minyak sawit dan derivatnya.

Menurut Derom Bangun (Ketua Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia) menyatakan bahwa produksi minyak sawit Indonesia dalam bentuk CPO (*Crude Palm Oil*) pada tahun 2003 ini akan mencapai 10,6 juta ton, sedangkan pada tahun 2004 akan mencapai 10,9 juta ton, dan pada tahun 2005 diperkirakan dapat mencapai sekitar 11,3 juta ton (Bisnis Indonesia, 2003). Untuk menghadapi kenaikan produksi CPO dan posisinya yang penting sebagai komoditas unggulan ekspor nonmigas, diperlukan persiapan yang matang pada pemasaran dan pengembangan industri hilir minyak sawit, guna memperoleh produk olahan minyak sawit bernilai tambah tinggi. Hal ini perlu dilakukan karena hingga saat ini hampir 80 persen produk industri minyak sawit masih diekspor dalam bentuk CPO sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan nilai

tambah pada produk jadinya (Poeloengan *et al*, 2000).

Pengolahan produk jadi industri kelapa sawit pada industri hilirnya perlu segera diimplementasikan mengingat pesaing utama Indonesia untuk produk ini, yakni Malaysia, hampir 90 persen eksportnya dalam bentuk jadi. Disamping itu, produk jadi oleokimia (*oleochemicals*) telah menjadi produk lanjut dari CPO yang mampu menambah kontribusi pada penerimaan ekspor Malaysia (Darnoko *et al*, 2001). Dengan demikian, penyesuaian dan pengembangan industri hilir minyak sawit nasional harus segera dilakukan untuk memberikan sinergi terhadap pertumbuhan industri agro nasional, sehingga produknya mampu bersaing di pasar global.

Untuk mengembangkan industri hilir minyak sawit tersebut, kebutuhan informasi tentang ketersediaan teknologi yang bisa diterapkan pada industri hilir dan prospek pengembangannya sangat diperlukan. Dalam tulisan ini akan dibahas tentang potensi ketersediaan teknologi untuk mengembangkan industri hilir minyak sawit dan kemungkinan penerapannya, prospek pengembangannya di Indonesia dan kebijakan pengembangan industri hilir minyak sawit.

#### KETERSEDIAAN TEKNOLOGI UNTUK MENGEMBANGKAN INDUSTRI HILIR SAWIT DAN KEMUNGKINAN PENERAPANNYA

Ketersediaan teknologi untuk mengembangkan industri hilir minyak sawit sebenarnya tersedia cukup banyak dan beranekaragam jenisnya, namun pada prinsipnya ketersediaan teknologi yang mungkin dapat dikembangkan dan diterapkan pada industri hilir minyak sawit dapat dibagi menjadi empat (4) kelompok, yaitu : teknologi untuk menghasilkan minyak makan, teknologi untuk menghasilkan produk oleokimia, teknologi untuk menghasilkan produk farmasi dan kosmetik, dan teknologi untuk menghasilkan *biodiesel*.

##### Teknologi Untuk Menghasilkan Minyak Makan

Pada industri minyak makan, teknologi yang tersedia dan kemungkinan bisa dikembangkan penerapannya di Indonesia adalah teknologi formulasi minyak makan yang produk hasil olahannya bebas dari (tidak mengandung) senyawa *trans* (Yusoff dan Dian,

1995). Senyawa *trans* adalah senyawa asam-asam lemak pada minyak trigliserida yang terbentuk sebagai akibat proses hidrogenasi dalam lemak/minyak sehingga mempunyai titik leleh yang tinggi (Lo dan Handlel, 1983). Teknologi formulasi minyak makan yang produk hasil olahannya bebas dari senyawa *trans* ini mempunyai prospek yang baik untuk diterapkan pada industri minyak makan dan bersifat eksotis/menarik, karena produk yang dihasilkan berhubungan erat dengan kesehatan. Hal ini disebabkan karena hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak makan yang mengandung senyawa *trans* berakibat buruk bagi kesehatan manusia, terutama hubungannya dengan penyakit jantung, tekanan darah tinggi dan kandungan kolesterol (Mensink dan Katan, 1990). Produk minyak makan yang bebas dari senyawa *trans* ini dapat dilakukan dengan teknik interesterifikasi, yaitu pengaturan kembali asam-asam lemak di dalam dan di antara senyawa trigliseridanya, terutama asam-asam lemak pada rantai molekul gliserol secara acak atau diatur (Yusoff dan Dian, 1995) sehingga titik lelehnya menjadi rendah.

Teknologi formulasi minyak makan yang produk hasil olahannya bebas dari senyawa *trans* dan mempunyai titik leleh yang rendah ini dapat diterapkan pada industri pembuatan margarin, industri pembuatan *shortening* dan industri pembuatan *vanaspati* (produk sejenis margarine). Untuk membuat margarin yang produk olahannya bebas dari senyawa *trans*, dapat dibuat dengan bahan stearin sawit, olein kernel sawit dan minyak bunga matahari dengan nisbah perbandingan 60 : 20 : 20 (Teah *et al*, 1992). Formulasi margarin yang bebas dari senyawa *trans* ini dapat digunakan sebagai formula dasar untuk penerapan pada produk-produk lain yang dicampur (*blending*) dengan jenis minyak dan lemak lain seperti yang disajikan pada tabel 1. Sedangkan teknologi formulasi untuk pembuatan produk margarin, *shortenings* dan *vanaspati* yang bebas dari senyawa *trans*, baik berupa hasil penelitian maupun yang sudah diterapkan secara komersial dapat dilihat pada tabel 2, 3 dan tabel 4.

Teknologi lain yang tersedia dan kemungkinannya bisa dikembangkan penerapannya adalah teknologi pengolahan minyak sawit merah kaya karoten. Pengembangan proses ini dilatar-belakangi oleh tingginya kandungan karoten pada minyak sawit, yaitu sebesar 500 – 700 ppm (Goh *et al*, 1985; Sundram dan Chandrasekharan, 1995), yang 91,2% di antaranya merupakan beta-karoten dan alfa-karoten yang mempunyai aktifitas provitamin A tinggi (Choong, 1994).

Tabel 1. Teknologi formulasi untuk pembuatan margarin yang bebas dari senyawa **trans** berdasarkan teknik interesterifikasi dengan produk sawit.

Campuran/Blending	IE (POs : PKO : SFO) 60 : 20 : 20	IE (PO : PKO : SFO) : SFO 55 : 45
Titik Leleh (°C)	38,5	34,0
Kandungan Lemak Padat (%)		
10°C	33,7	16,0
15°C	24,6	14,0
20°C	18,9	11,0

Sumber : Teah *et al* (1992).

Keterangan : IE = Interesterifikasi    PKO = Olein kernel sawit  
POs = Stearin sawit    SFO = Minyak bunga matahari

Tabel 2. Teknologi formulasi untuk pembuatan margarin yang bebas dari senyawa **trans** yang sudah diterapkan secara komersial di Malaysia, Philipina dan Australia.

Produk	1	2	3	4	5	6
Negara	Malaysia		Philipina		Australia	
Minyak sawit	70 - 80	100	10	20	40	10 - 20
Minyak kedelai	-	-	-	-	60	80 - 90
Minyak bunga matahari	20 - 30	-	-	-	-	-
Minyak kelapa	-	-	90	80	-	-
Titik leleh (°C)	35,8	40,0	41,2	43,8	35,4	31,8
Kandungan lemak padat (%)						
5 °C	45,8	-	90,0	77,3	38,5	28,4
10°C	39,5	55,4	85,6	67,0	32,3	24,1
15°C	26,0	38,9	72,1	56,5	20,9	19,4
20°C	16,9	27,9	47,9	31,4	12,6	14,2
25°C	10,8	19,9	15,8	15,4	7,7	6,9
30°C	6,4	13,7	11,0	12,6	5,8	2,3
35°C	4,7	9,1	9,8	11,4	3,3	-

Sumber : Teah *et al*, (1992)

Keterangan : Angka-angka No. 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 adalah merupakan produk margarin yang dibuat di negara-negara tersebut berdasarkan formulasi di atas.

Tabel 3. Teknologi formulasi untuk pembuatan shortenings yang bebas dari senyawa **trans** berdasarkan reaksi interesterifikasi campuran minyak/lemak.

Formulasi	1	2	3	4
IE Campuran	POs - SBO (70 : 30)	POo (100)	POs - CSO (60 : 40)	POs - RSO (70 : 30)
Titik Leleh (°C)	44,0	45,0	43,5	43,5
Kandungan Lemak Padat (%)				
10°C	44,5	49,9	33,5	49,7
15°C	34,7	37,4	28,7	38,8
20°C	26,8	28,9	21,7	29,7
25°C	21,5	19,3	17,5	20,9
30°C	14,8	12,8	13,1	14,9
35°C	13,7	10,6	11,9	11,5

Sumber : Nor Aini (1987; 1988)

Keterangan : POs = Stearin sawit    SBO = Minyak kedelai  
POo = Olein sawit    CSO = Minyak kelapa  
IE = Interesterifikasi    RSO = Minyak *rapeseed*

Tabel 4. Teknologi formulasi untuk pembuatan *vanaspati* yang bebas dari senyawa *trans* berdasarkan reaksi interesterifikasi minyak/lemak.

IE Campuran	PO : Msal	POs : Mw	POs : Mw
Titik Leleh (°C)	38,5	37,0	38,0
Indeks Lemak Padat (%)			
10°C	32,2	44,9	27,5
15°C	21,9	31,7	20,9
20°C	14,2	9,4	13,8
25°C	5,3	3,9	6,2
30°C	4,7	3,2	5,7
35°C	1,3	-	2,3

Sumber : Bhattacharya *et al* (1987).

Keterangan : IE = Interesterifikasi  
PO = Minyak sawit  
POo = Olein sawit

POs = Stearin sawit  
Msal = Minyak salmon  
Mw = Minyak wijen

Pada prinsipnya teknologi pengolahan dan proses produksi minyak sawit merah kaya karoten yang telah dikembangkan penerapannya merupakan modifikasi proses yang selama ini digunakan pada pengolahan fraksi cair minyak sawit (olein) melalui tahap pemurnian, pemucatan dan penghilangan bau sehingga menghasilkan produk yang disebut Refined Bleached Deodorized (RBD) Palm Olein. Proses modifikasi dilakukan pada tahap deasidifikasi dan deodorisasi serta pemucatan karena pada proses-proses inilah terjadi kerusakan atau kehilangan karoten (Jatmika, 1996). Pada proses pemucatan, karoten akan terserap oleh bahan pemucat, sedangkan pada proses deasidifikasi dan deodorisasi yang menggunakan suhu tinggi (260–280°C), karoten mengalami kerusakan/degradasi.

Sampai saat ini telah dikembangkan tiga macam teknologi proses pengolahan minyak sawit merah, yaitu pertama, proses dengan menggunakan distilasi molekuler; kedua, proses dengan menggunakan netralisasi kimiawi dengan deodorizer konvensional untuk menghilangkan bau; dan ketiga, proses dengan menggunakan netralisasi kimiawi dengan alat evaporator vakum berputar (rotary vacuum evaporator) untuk menghilangkan bau. Ketiga macam teknologi proses di atas mempergunakan perlakuan pendahuluan yang sama, yaitu perlakuan penghilangan gum (degumming) dengan menggunakan asam fosfat (Jatmika, 1996).

Pada proses pertama dengan distilasi molekuler, diawali dengan proses degumming dengan menggunakan asam fosfat, lalu diikuti dengan penambahan bahan pemucat dan filtrasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan fosfolipid, logam, dan produk-produk oksidasi. Kemudian dilanjutkan dengan deasidifikasi (penghilangan asam lemak bebas) dan deodorisasi (penghilangan bau) dengan

menggunakan alat distilasi molekuler yang bekerja dengan prinsip tenaga sapuan film tipis pada cairan umpan yang dilewatkan pada ruang (chamber) vakum silindris yang panas. Minyak yang diasidifikasi melewati chamber ini hanya dalam waktu yang singkat dan suhunya juga tidak terlalu tinggi (maksimal 170°C) pada tekanan 5 – 30 m Torr; maka karoten pada minyak sawit menjadi tidak rusak. Minyak sawit merah yang dihasilkan dengan proses ini mengandung karoten sebesar 513 ppm (Choo *et al*, 1993).

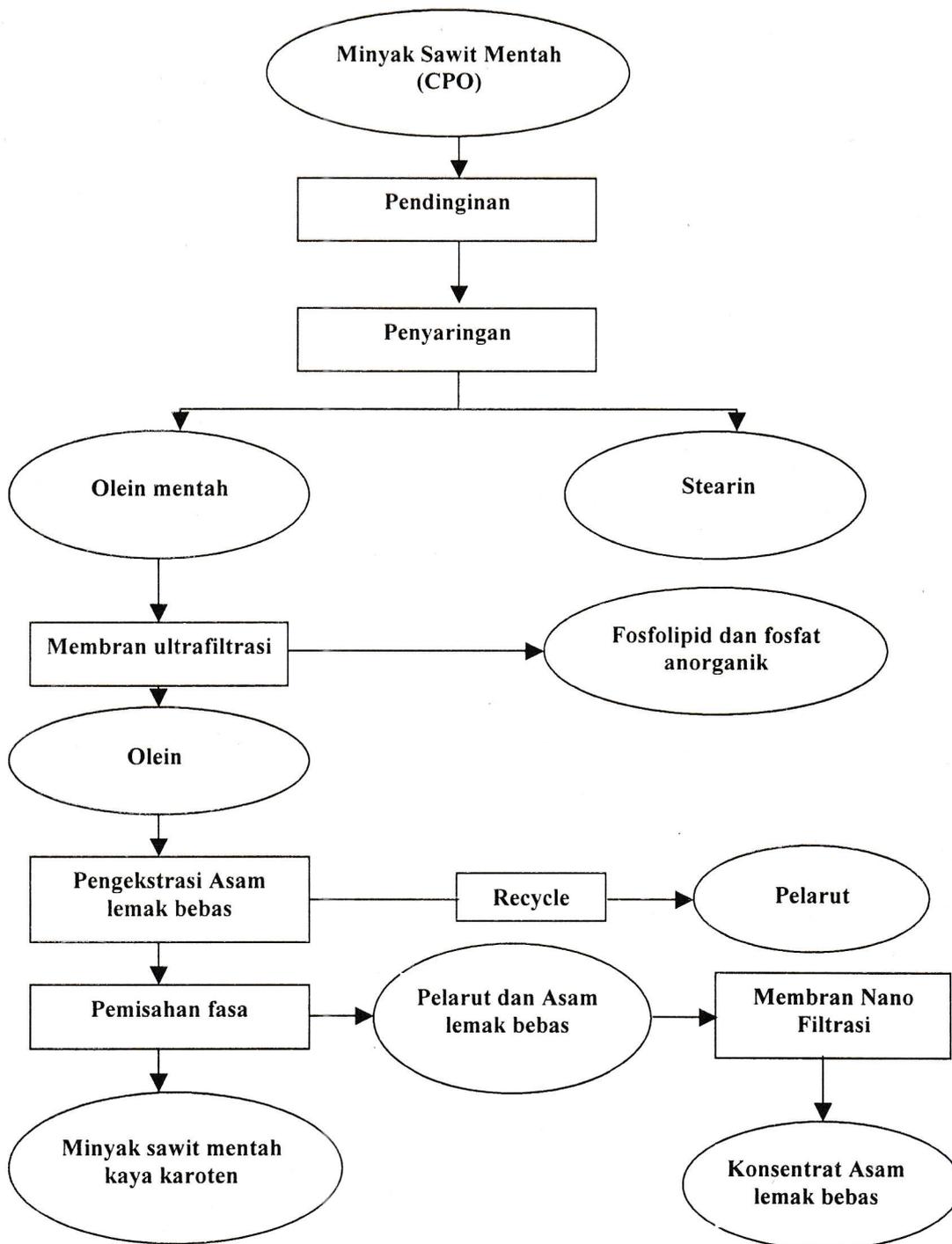
Netralisasi kimiawi dengan deodorizer konvensional untuk menghilangkan bau; setelah proses degumming, proses deasidifikasi dilakukan dengan penetralan menggunakan basa. Selanjutnya diikuti dengan penggunaan deodorizer yang dioperasikan pada suhu yang tidak terlalu tinggi untuk meminimalkan kerusakan karoten. Minyak sawit merah yang dihasilkan dengan proses ini mengandung karoten sekitar 250 ppm (Jatmika, 1996).

Netralisasi kimiawi dengan menggunakan evaporator vakum berputar untuk menghilangkan bau; proses pendahuluan yang dilakukan adalah penghilangan gum (degumming) dengan menggunakan asam fosfat. Proses selanjutnya adalah deasidifikasi dengan penetralan asam lemak bebas menggunakan basa lemah, dilanjutkan dengan pengurangan kadar air dan penghilangan bau dengan menggunakan evaporator vakum berputar. Berdasarkan uji sensory (organoleptik), ternyata minyak sawit merah yang dihasilkan dari proses ketiga ini lebih tajam aromanya dibandingkan dengan minyak sawit merah yang diperoleh dengan cara proses pertama dan kedua. Minyak sawit merah yang dihasilkan dengan proses ini mengandung karoten sebesar 440 ppm (Jatmika *et al*, 1996).

Teknologi lain yang bisa dikembangkan penerapannya untuk menghasilkan minyak

sawit merah kaya karoten dan mempunyai keunggulan di bidang keamanan pangan adalah penerapan teknologi membran pada proses degumming dan penghilangan asam lemak bebas secara simultan (penggabungan) pada proses yang telah dipergunakan untuk

pembuatan minyak sawit merah. Diagram alir yang diusulkan oleh Jatmika (1996) untuk produksi minyak sawit merah dengan menggunakan teknologi membran disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram proses produksi minyak sawit merah kaya karoten dengan teknologi membran (Jatmika, 1996).

Keunggulan teknologi membran untuk produksi minyak sawit merah ditinjau dari karakteristik mekanisme kerja membran adalah : (1) tidak mempergunakan banyak bahan kimia, karena bahan kimia yang digunakan hanya berupa pelarut yang pada penggunaannya terus menerus didaur-ulang; (2) tidak menggunakan suhu tinggi (maksimal 70°C) sehingga mutu karoten pada minyak sawit merah, ditinjau dari segi aktifitas pro-vitamin A-nya lebih baik; (3) asam lemak yang dipisahkan dapat dimanfaatkan lebih lanjut karena terkonsentrasi dalam keadaan relatif murni; dan (4) tidak menghasilkan limbah berupa *soapstock* sehingga pencemaran lingkungan tidak terjadi.

### Teknologi Untuk Menghasilkan Produk Oleokimia

Teknologi pengolahan minyak sawit menjadi produk oleokimia yang ada pada dasarnya mencakup dua proses, yaitu proses konversi secara termik dan proses konversi secara enzimatik. Pada cara pertama, teknologi yang digunakan pada prinsipnya menggunakan uap dengan suhu dan tekanan tinggi. Teknologi yang digunakan ini termasuk bersifat padat modal karena memerlukan energi tinggi dan investasi peralatan yang tinggi pula. Untuk memisahkan asam lemak digunakan menara hidrolisis (*splitting*) yang berisikan uap panas dengan suhu sekitar 250°C dan tekanan sekitar 50 bar (Brady *et al*, 1988).

Untuk mendapatkan gliserin murni, proses dilanjutkan dengan pemurnian, evaporasi, distilasi dan pemucatan. Sedang untuk mendapatkan asam lemak murni, dilakukan pemisahan dimulai dengan fraksinasi menggunakan uap panas dalam menara vakum. Asam lemak yang dihasilkan dalam bentuk campuran antara asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh (PT Mecosin Indonesia dan Tim Industri Pertanian IPB, 1990).

Produk yang diperoleh dari proses di atas adalah gliserin, asam kaproat, asam oktanoat, asam dekanoat, asam laurat, asam miristat, asam palmitat, asam stearat, asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat. Senyawa ini diperoleh dengan jumlah kandungan asam-asam lemak yang berbeda-beda. Asam-asam lemak tersebut diproses lebih lanjut untuk menghasilkan bahan baku oleokimia seperti amina lemak (*fatty amines*), alkohol lemak (*fatty alcohols*), metil ester asam lemak (*fatty acid methyl ester*), garam-garam metalik (*metallic salts*) dan *esters of dibasid acid*.

Metil ester asam lemak dihasilkan melalui teknologi waterifikasi pada lemak yang diberi methanol atau ethanol, dengan katalisator Na-metoksi (Naibaho, 1989). Metil ester asam lemak hasil transesterifikasi minyak/lemak, sebagian besar digunakan untuk menghasilkan alkohol lemak. Dibandingkan dengan asam lemak, metil ester asam lemak lebih mudah cara penyimpanan dan pengangkutannya, tidak korosif dan lebih mantap warnanya, juga harganya sedikit lebih tinggi dari pada asam lemaknya.

Gliserin hasil hidrolisis dan pemisahan lemak, banyak dipakai dalam industri kosmetik (*shampoo, mouth wash, tooth paste*, dan lain-lain). Disamping itu, gliserin juga dimanfaatkan sebagai *humectant* dalam industri rokok, *chewing gum base, lubricant, cellophane*, perekat dan sabun. Alkohol lemak diproses lebih lanjut menjadi derivat yang digunakan untuk berbagai keperluan, yaitu sebagai surfaktan, untuk industri kimia, kulit, kertas dan plastik, sebagai *flow improver* pada industri minyak bumi dan industri kosmetik.

Penggunaan utama alkohol lemak adalah sebagai bahan aktif deterjen dalam bentuk alkohol-sulfat, alkohol-etoksilat dan alkohol-etoksi-sulfat. Diperkirakan hingga sekarang ini 35 persen dari bahan aktif deterjen total secara keseluruhan, berasal dari alkohol lemak alami dan jumlah ini akan terus meningkat, karena alkohol lemak alami mempunyai beberapa keunggulan, yaitu : (1) deterjen yang dihasilkan mempunyai kelarutan lebih baik dan lebih sesuai untuk digunakan pada pencucian suhu rendah, serta lebih sesuai pula untuk digunakan dalam formulasi deterjen cair; (2) mempunyai toleransi yang tinggi terhadap kesadahan air dan sangat sesuai untuk mencuci bahan tekstil sintesis polyester, nilon dan lain-lain; dan (3) akrab lingkungan karena relatif lebih mudah diuraikan oleh jasad renik atau bersifat biodegradable, sehingga mengurangi adanya pencemaran.

Sementara itu, teknologi pengolahan minyak sawit menjadi produk oleokimia monogliserida melalui proses gliserolisis akhir-akhir ini telah banyak dimanfaatkan penerapannya pada industri pangan. Hal ini disebabkan karena produk oleokimia monogliserida bersifat non-ionik dan tidak sensitif terhadap kondisi asam dan basa (Boyle, 1997), sehingga banyak dimanfaatkan pada industri pangan dan farmasi.

Teknologi gliserolisis ini pada intinya merupakan proses pemisahan dan pemurnian monogliserida dengan cara distilasi molekuler (Sonntag, 1982). Gliserolisis merupakan proses

reaksi antara minyak/lemak trigliserida dengan gliserol pada suhu tinggi (180 – 220°C) dengan katalis senyawa anorganik. Panas dan katalis yang dipakai akan mengakibatkan terjadinya reaksi transesterifikasi dan perpindahan ikatan gugus senyawa asil (acyl) dari trigliserida ke gliserol. Produk yang dihasilkan merupakan campuran antara monogliserida dan digliserida serta senyawa trigliserida yang perlu diresterifikasi kembali. Untuk mendapatkan monogliserida dengan kemurnian yang tinggi (>95%) dilakukan distilasi molekuler. Dalam hal ini, monogliserida dievaporasikan pada tekanan vakum yang tinggi, sedangkan sisanya senyawa digliserida dan trigliserida didaur ulang untuk diproses gliserolisis lebih lanjut, sehingga hasil akhirnya diperoleh monogliserida murni hasil distilasi.

Alternatif teknologi lain yang tersedia dan dapat dikembangkan pemanfaatannya pada industri oleokimia, selain dari proses termis dalam hidrolisis minyak/lemak adalah proses enzimatik, dimana dalam hal ini enzim lipase berperan sebagai biokatalisator bagi reaksi penguraian lemak menjadi gliserin atau gliserol dan asam-asam lemaknya (*basic oleochemicals*). Enzim lipase bekerja pada kondisi suhu 30 – 40°C dan tekanan atmosfer sehingga dapat diperoleh produk dengan mutu yang lebih baik, karena kondisi prosesnya menunjang kebutuhan tersebut atau tidak mendegradasi produk yang dihasilkan (Malcata *et al*, 1990).

Lipase dapat dihasilkan dari sumber nabati (seperti kacang-kacangan), dari sumber hewani (seperti pankreas babi) dan yang paling potensial adalah dari mikroorganisme/mikroba, karena mikroorganisme ini dapat berkembang dengan cepat sekali (Hadeball, 1991). Dengan demikian, lipase pun akan lebih cepat diproduksi. Mikroorganisma penghasil lipase ini banyak terdapat di Indonesia, namun hingga saat ini belum dieksplorasi secara intensif.

Lipase dari sumber bakteri, kapang dan khamir merupakan ekstraselular dan oleh komisi enzim (*Enzyme Commission*) diberi nama E.C. 3.1.1.3. Triasil-gliserol-hidrolase (Hadeball, 1991) yang bekerja untuk menghidrolisis ikatan ester dari minyak/lemak. Secara komersial negara Jepang dan beberapa negara Eropa telah memproduksi lipase dalam jumlah yang terbatas. Indonesia masih mempunyai peluang besar untuk dapat mengembangkan industri enzim ini, sehingga merupakan salah satu terobosan dalam alih teknologi.

Proses enzimatik dengan menggunakan biokatalisator untuk menghasilkan produk oleokimia monogliserida melalui reaksi penguraian lemak menjadi asam lemak dan

gliserol terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan proses gliserolisis telah berhasil dicoba dan dikembangkan secara sukses oleh Bornscheur (1995). Keuntungan proses enzimatik dengan biokatalis untuk menghasilkan produk oleokimia monogliserida ini adalah : kondisi suhu proses reaksi enzimatik berlangsung pada suhu rendah (22 – 27°C), pemilihan jenis enzim lipase khusus yang digunakan menghasilkan produk monogliserida bergugus asil (acyl) lebih mudah dilakukan, masukan energi yang digunakan lebih kecil dibandingkan dengan proses termis dan prosesnya juga lebih ramah lingkungan (Boyle, 1997). Untuk menghasilkan produk oleokimia monogliserida dengan rendemen yang tinggi (lebih besar dari 96%), Weiss (1990) menyarankan menggunakan biokatalisator *Penicillium cyclopium* dan *Rhizopus sp.*

### Teknologi Untuk Menghasilkan Produk Farmasi

Minyak sawit mengandung komponen minor seperti karotenoid, tokoferol, tokotrienol dan squalen yang merupakan bahan baku untuk industri farmasi. Karotenoid pada minyak sawit 90 persen tersusun dari alfa-karoten dan beta-karoten, sedangkan sisanya terdiri dari likopen, alfa-zeakakaroten, beta-zeakakaroten, gamma-karoten, delta-karoten, sigma-karoten, fitofluen dan fitoen (Choo, 1995). Tokoferol adalah sumber vitamin E yang dapat diekstrak dari limbah destilat asam lemak sawit pada proses fraksinasi minyak sawit dengan kandungan sekitar 800 – 1000 ppm (*part per million*). Potensi vitamin E dari minyak sawit ini cukup besar mengingat jumlah destilat asam lemak sawit sekitar 5% dari minyak sawit yang diolah (Poeloengan *et al*, 2000).

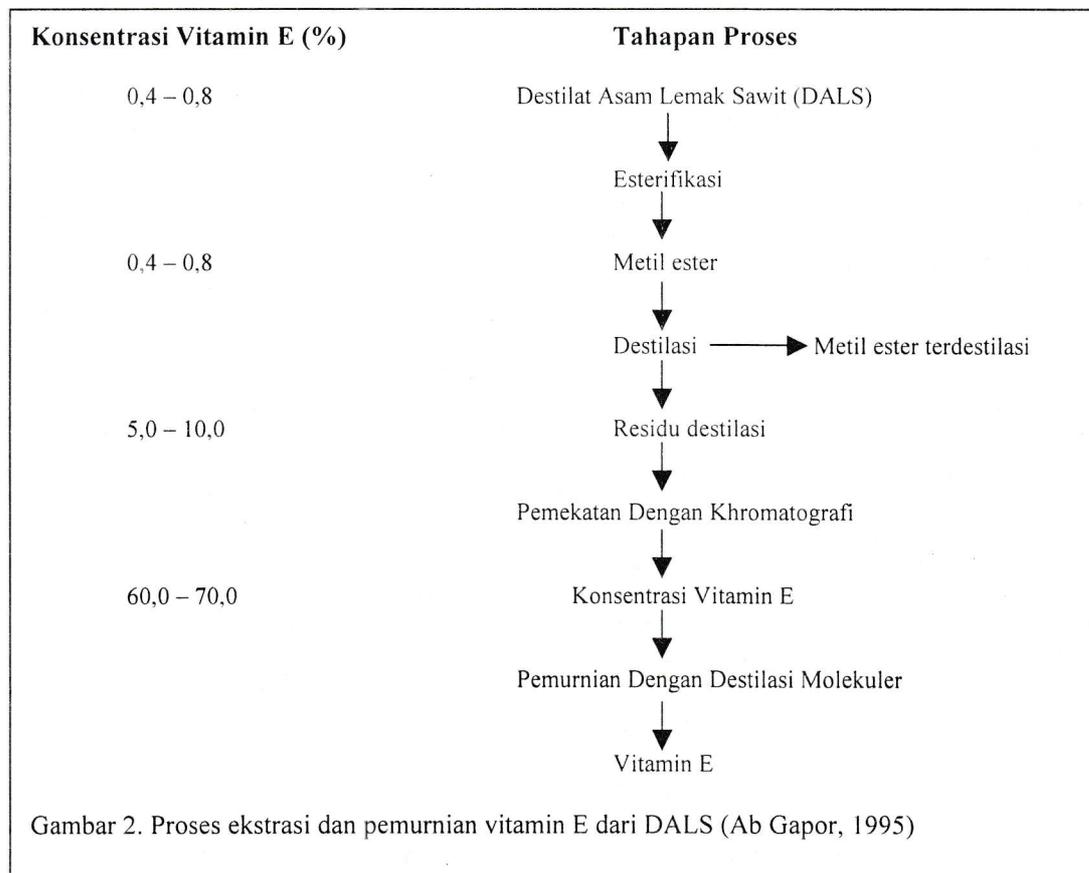
Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk mengolah dan memanfaatkan karotenoid dari minyak sawit. Teknologi ini meliputi teknologi adsorpsi, ekstraksi superkritis dengan gas CO<sub>2</sub> dan distilasi molekuler. Pada prinsipnya teknologi yang dikembangkan dan diterapkan untuk mengambil komponen karotenoid dari minyak sawit adalah melalui proses peningkatan konsentrasi dan pengambilan karotenoid dari alkil ester minyak sawit. Teknologi adsorpsi dilakukan dengan menggunakan kolom ekstraksi terbuka yang berisi alkil ester minyak sawit sehingga karotenoid yang terekstrak dan terambil dapat mencapai lebih dari 90 persen, dan kolom yang digunakan untuk ekstraksi dapat digunakan lebih dari 50 kali tanpa kehilangan kemampuan aktifitasnya (Choo, 1995). Teknologi destilasi

molekuler dilakukan untuk meningkatkan pekatan/konsentrat karotenoid dan selanjutnya dapat diproses lebih lanjut dalam bentuk kapsul, bubuk (powder) dan emulsi yang ketiganya banyak dimanfaatkan pada industri farmasi.

Untuk mengekstrak dan memproduksi vitamin E dari minyak sawit pada skala komersil dapat digunakan bahan baku destilat asam lemak sawit (DALS). Hal ini disebabkan karena harga DALS relatif lebih rendah dari pada harga minyak sawitnya sendiri dan kadar vitamin E pada DALS 5-10 kali lebih tinggi dibandingkan kadar vitamin E pada minyak sawit mentah (CPO)nya. Teknologi ekstraksi untuk menghasilkan vitamin E dari bahan baku DALS telah dipatenkan oleh Ab Gapor et al (1993). Teknologi ini merupakan hasil kerjasama antara Institut Penelitian Minyak

Kelapa Sawit Malaysia atau Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM) dengan Pusat Pengembangan Bioindustri Jepang atau Japan Bioindustry Development Centre (BDC).

Teknologi untuk memproduksi vitamin E dengan kemurnian yang tinggi dari bahan baku DALS dilakukan melalui serangkaian proses dan peningkatan konsentrasi vitamin E dengan menggunakan pelarut yang aman bagi kesehatan atau tanpa menggunakan pelarut yang tidak diinginkan seperti halnya pelarut aromatik dan pelarut terkhlorinisasi (Ab Gapor, 1995). Tahap akhir proses pengolahan mencakup pemurnian dengan destilasi molekuler dan deodorisasi produk menjadi vitamin E dengan kemurnian tinggi yang nilainya dapat mencapai lebih dari 95% (Gambar 2).



Untuk memproduksi vitamin E dalam bentuk kapsul, vitamin E murni yang diperoleh dari proses ekstraksi dan pemurnian dilarutkan dalam pelarut olein super (*superolein*) pada konsentrasi yang dikehendaki, diikuti proses enkapsulasi. Menurut Tan *et al* (1991), penggunaan kapsul vitamin E dari minyak sawit yang berisi 18 mg tokoferol dan 42 mg tokotrienol, terbukti dapat menurunkan kadar kolesterol total dan kadar kolesterol-lipoprotein

kerapatan rendah (*low density lipoprotein*) secara nyata pada orang-orang yang berpenyakit hiperkolesterolemik.

#### Teknologi Untuk Menghasilkan Biodiesel

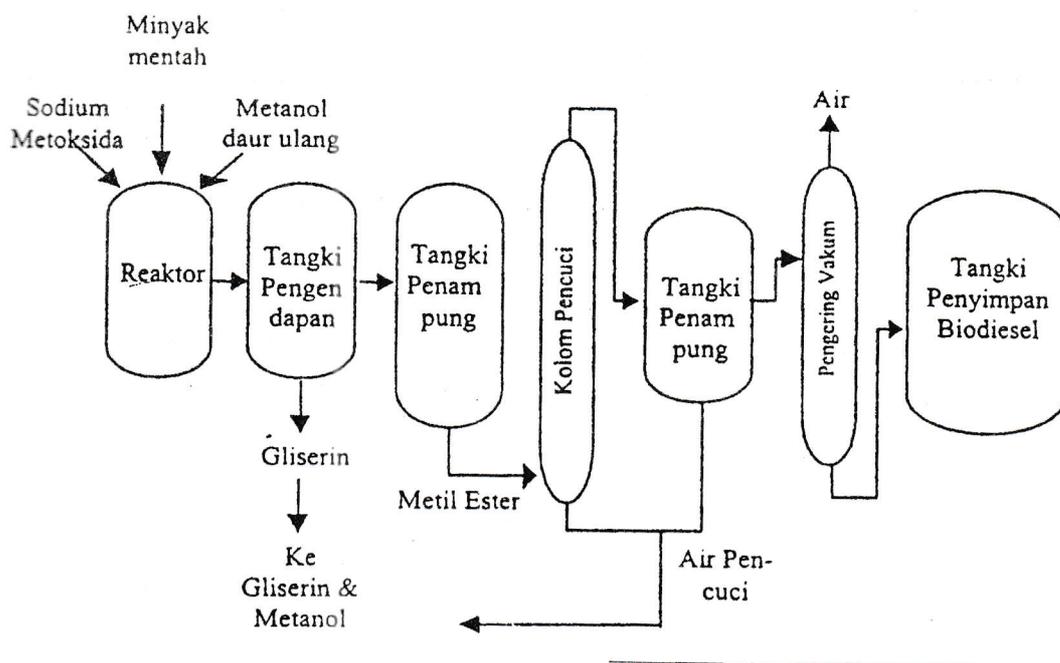
*Biodiesel* adalah bahan bakar alternatif yang bersifat ramah lingkungan, karena tidak beracun dan dibuat dari minyak nabati atau minyak goreng bekas. Secara kimia biodiesel

termasuk dalam golongan mono-alkil ester atau metil ester dengan panjang rantai karbon antara 12 sampai 20 yang mengandung oksigen. Hal ini yang membedakannya dengan petroleum diesel yang komponen utamanya hanya terdiri dari hidrokarbon tanpa oksigen.

Pada prinsipnya biodiesel atau metil ester diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida (dari minyak sawit) dengan metanol menjadi metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Gliserol akan terpisah di bagian bawah reactor sehingga dengan mudah dapat dipisahkan. Ester yang terbentuk selanjutnya dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa katalis dan methanol. Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara

curah (*batch*) atau sinambung (*continuous*) pada suhu 50 – 70°C.

Untuk sekedar menghasilkan biodiesel dari minyak sawit prosesnya cukup sederhana serta tidak memerlukan peralatan yang canggih. Produksi biodiesel dari minyak nabati dapat dilakukan mulai dari skala kecil sampai skala besar (Gambar 3). Namun untuk menghasilkan biodiesel dari minyak sawit, prosesnya perlu dipadukan dengan proses pemisahan senyawa minor di dalam minyak sawit seperti karoten dan tokoferol yang mempunyai nilai tinggi. Proses terpadu ini merupakan kunci keberhasilan industri biodiesel untuk memperoleh nilai tambah (Darnoko *et al*, 2001).

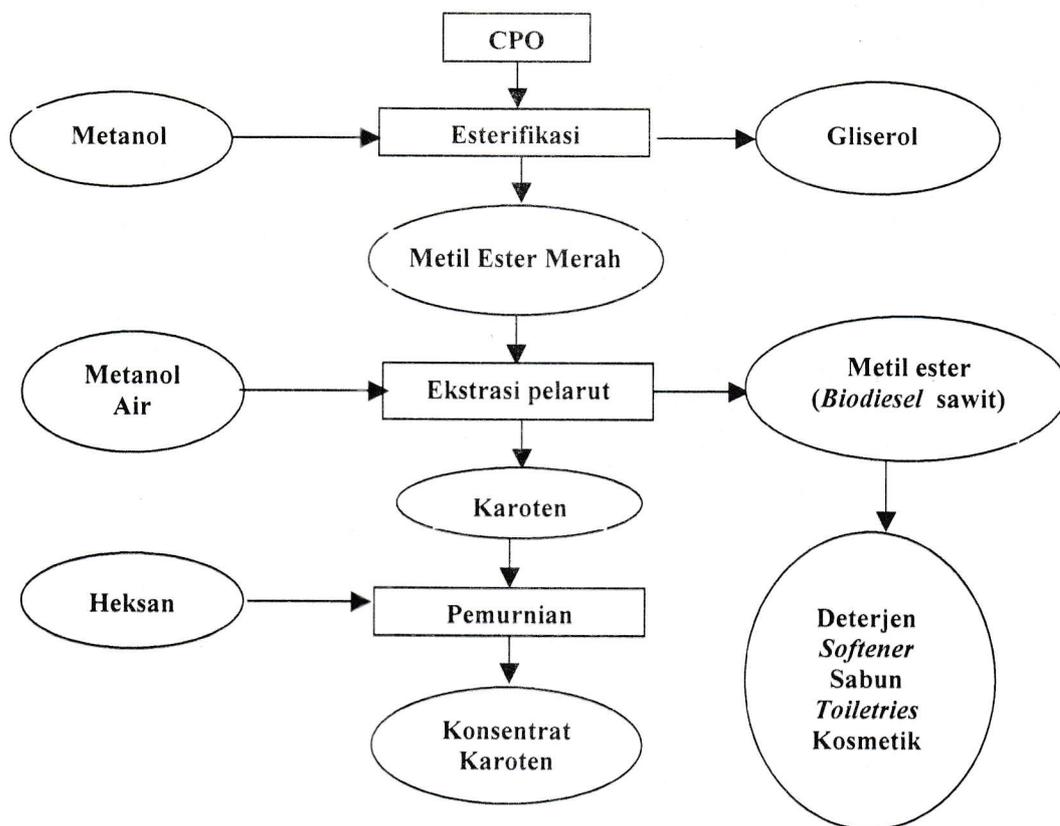


Gambar 3. Proses produksi biodiesel pada skala besar (Darnoko *et al*, 2001).

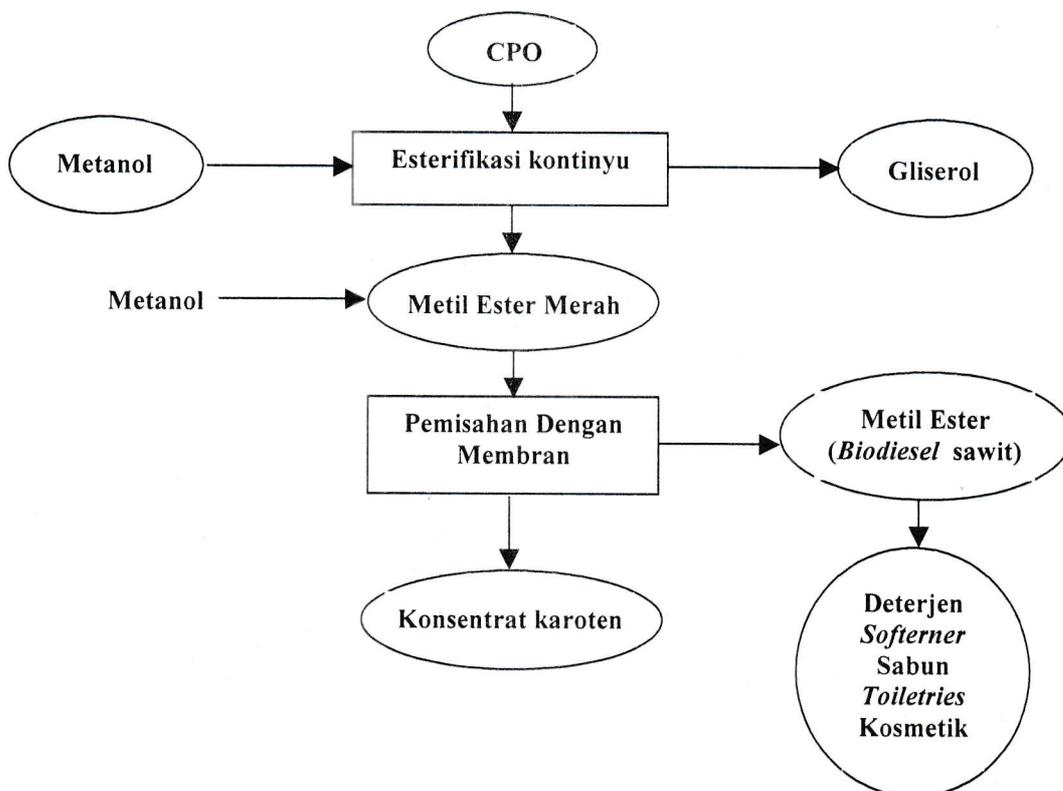
Proses pemisahan karoten dari metil ester minyak sawit melalui ekstraksi dengan pelarut (Gambar 4) telah dikembangkan di Jepang pada skala komersial oleh Lion Corporation, salah satu produsen oleokimia terbesar di dunia (Miyawaki, 1998). Perusahaan tersebut telah memproduksi 30 ton suspensi karoten per tahun sejak tahun 1991.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan telah mengembangkan teknologi produksi biodiesel yang dipadukan dengan pemisahan karoten menggunakan teknologi membran (Gambar 5). Teknologi ini terdiri dari dua tahapan proses, yaitu transesterifikasi dan separasi membran. Proses transesterifikasi bertujuan untuk mengolah CPO menjadi metil ester merah, sedangkan pada proses separasi

membran bertujuan untuk memisahkan karoten dari metil ester merah. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu rendah yaitu 60°C untuk mencegah terjadinya kerusakan dan dapat dilakukan secara curah (*batch*) maupun sinambung (*continuous*). Proses transesterifikasi sinambung lebih menguntungkan karena dapat mengurangi biaya investasi sebesar 25% (Darnoko *et al*, 2001). Dari proses ini diperoleh metil ester merah dengan konsentrasi metil ester sebesar 96% yang akan naik menjadi lebih dari 97% setelah proses pencucian.



Gambar 4. Produksi metil ester (*biodiesel* minyak sawit) dan karoten dari minyak sawit dengan teknologi Lion Corp. dari Jepang (Miyawaki, 1998).



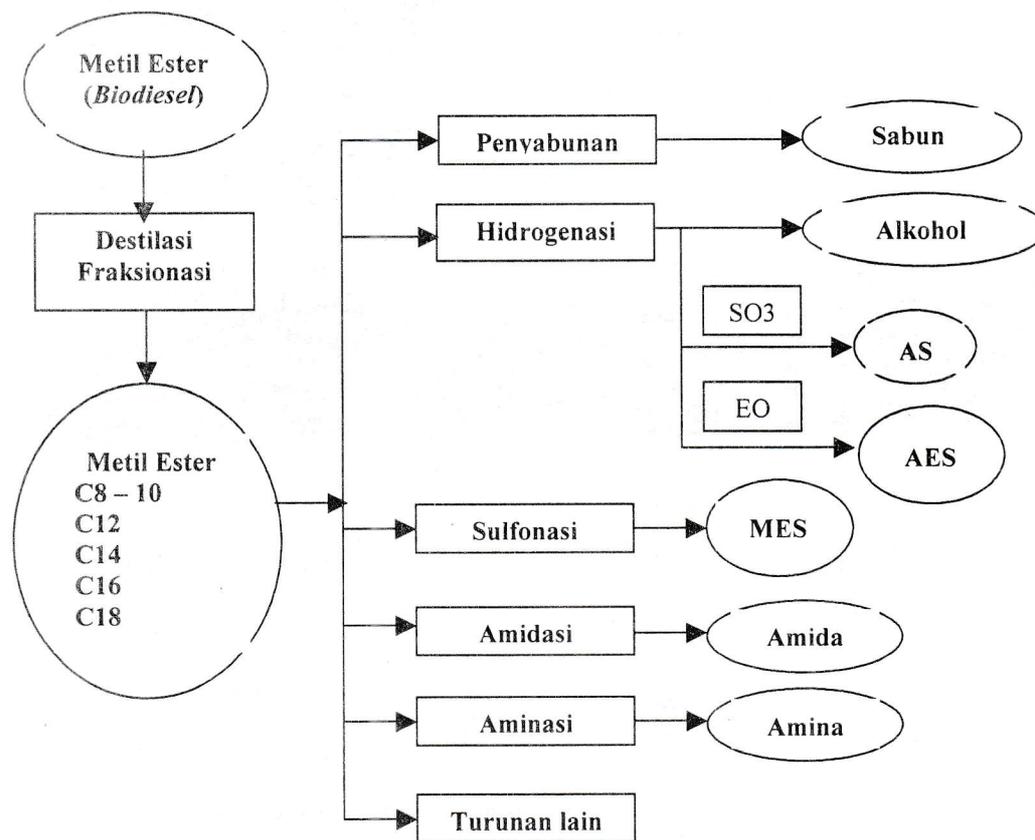
Gambar 5. Produksi metil ester (*biodiesel* minyak sawit) dan karoten dari minyak sawit dengan teknologi dari PPKS (Darnoko et al, 2001).

Metil ester merah yang dihasilkan dari proses transesterifikasi mengandung karoten sekitar 450 ppm. Karoten dalam ester ini dipisahkan dengan proses membran berdasarkan prinsip bahwa ukuran molekul karoten lebih besar daripada metil ester. Membran yang digunakan adalah membran nanofiltrasi hidrofobik yang tahan terhadap pelarut organik.

Untuk meningkatkan nilai tambah produksi biodiesel dari minyak sawit harus dipadukan dengan produksi karoten yang mempunyai nilai yang sangat tinggi. Dengan demikian, biaya produksi biodiesel dapat ditutup dari penjualan karoten (Darnoko et al, 2001). Oleh karena itu, teknologi produksi biodiesel yang akan dikembangkan di Indonesia sebaiknya adalah teknologi yang juga menghasilkan karoten. Dari beberapa teknologi pemisahan karoten yang telah diuraikan di atas, teknologi membran layak dikembangkan mengingat teknologi ini mempunyai beberapa

keunggulan antara lain hemat energi, hemat ruang, hemat tenaga kerja dan dapat diterapkan pada industri berskala kecil, menengah dan besar.

Apabila harga jual biodiesel kurang menarik, pengolahan lebih lanjut biodiesel menjadi produk-produk oleokimia merupakan salah satu alternatif pemanfaatan biodiesel seperti yang digambarkan pada Gambar 6. Menurut Darnoko et al (2001), proses produksi oleokimia dari metil ester ternyata lebih menguntungkan, karena bahan baku ini tidak korosif (seperti halnya asam lemak nabati), lebih tahan terhadap oksidasi dan tidak mudah berubah warna. Industri Lion Corporation di Jepang telah menggunakan metil ester sebagai bahan baku untuk bahan baku metil ester sulfonat /MES (bahan baku deterjen) dengan total kapasitas 150.000 ton per tahun sejak tahun 1882 (Miyawaki, 1998).



Gambar 6. Teknologi pengolahan *biodiesel* lebih lanjut menjadi oleokimia (Darnoko et al, 2001).

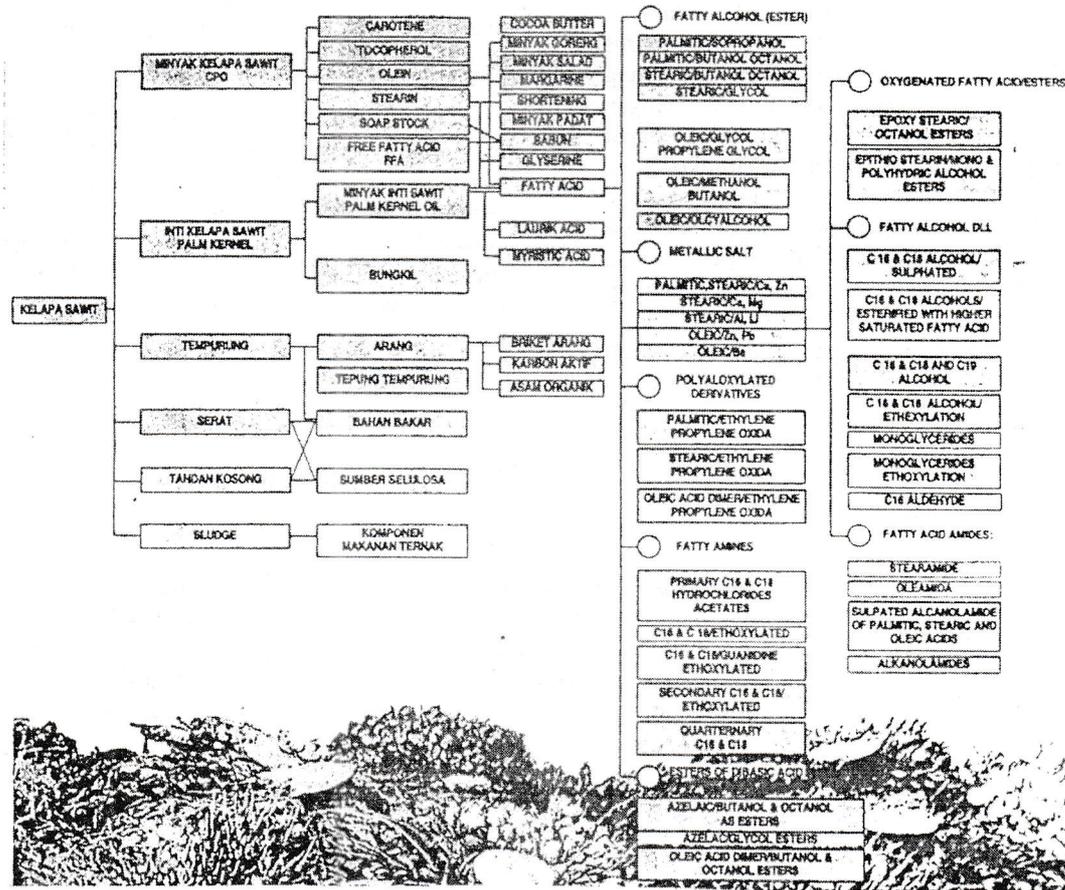
### PROSPEK PENGEMBANGAN INDUSTRI HILIR MINYAK SAWIT

Pengembangan industri sawit di masa mendatang, baik ditinjau dari potensi

ketersediaan teknologi, sisi penawaran dan permintaan maupun gambaran pasar di dalam negeri dan pasar internasional sangat prospektif. Hal ini disebabkan antara lain : (1) produk-produk yang dapat dihasilkan dari minyak sawit

sangat luas dengan intensitas modal dan teknologi yang bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan Tabel 5; (2) minyak sawit dan inti sawit menunjukkan pertumbuhan yang berarti serta berperan penting dan besar dalam pertumbuhan konsumsi minyak dan lemak; dan (3) minyak sawit mempunyai

beberapa keunggulan dibandingkan dengan minyak nabati lainnya, yaitu produktivitasnya tinggi dan juga mengandung karoten dan tokoferol/tokotrienol yang sangat dibutuhkan untuk kesehatan dan kebugaran tubuh.



Gambar 7. Pohon industri kelapa sawit (Astono, 1997).

Tabel 5. Jenis industri, perkiraan investasi dan pertambahan nilai industri hilir berbasis minyak sawit

No	Produk	Bahan baku	Tingkat Teknologi	Perkiraan investasi	Pertambahan Nilai
1.	Olein dan stearin	CPO	Menengah	Rp 300 – 700 M	20%
2.	Asam-asam lemak	CPO, PKO, katalis	Tinggi	Rp 300 – 700 M	50%
3.	Ester	Palmitat, miristat	Tinggi	Rp 200 – 500 M	150%
4.	Surfaktan, emulsifier	Stearat, oleat, sorbitol, gliserol	Tinggi	Rp 250 – 700 M	200%
5.	Sabun mandi	CPO, PKO, NaoH, pewarna, parfum	Sederhana	Mulai dari Rp 1 M	300%
6.	Lilin	Stearat	Sederhana	Mulai dari Rp 1 M	300%
7.	Kosmetik (lotion, cream), shampo	Surfaktan, ester, amida	Sederhana	Rp 10 – 200 M	600%

Sumber : Poeloengan *et al* (2000).

## Industri Minyak Makan

Industri hilir kelapa sawit kategori produk pangan yang umum diusahakan di Indonesia berupa minyak goreng, margarin dan *shortening*. Untuk keperluan pangan, minyak sawit mentah (CPO) dipisahkan dengan cara fraksinasi sehingga menghasilkan fraksi padat (stearin) dan fraksi cair (olein). Setelah diolah lebih lanjut melalui proses pemurnian, pemucatan, deodorisasi dan seterusnya akan dihasilkan *Refined Bleached Deodorization* (RBD) stearin, RBD olein, minyak goreng, margarin, *shortening* dan lain-lain.

Konsumsi minyak dan lemak per kapita di Indonesia dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan yang cukup berarti dari 11,9 kg pada tahun 1992 menjadi 15,5 kg pada tahun 1997 serta meningkat lagi menjadi 18,7 kg pada tahun 2002. Bila pangsa konsumsi dan inti sawit digabung, dari sekitar 18,7 kg per kapita konsumsi pada tahun 2002, sebanyak 86% di antaranya berasal dari minyak nabati kelapa sawit (Saragih, 1998).

Perkembangan pasar minyak makan (minyak goreng, margarin dan *shortening*) dalam negeri juga sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan ekonomi. Penduduk Indonesia bertambah dengan laju sekitar 2,1% per tahun. Angka ini menunjukkan bahwa pertumbuhan dengan mengabaikan pertumbuhan ekonomi, permintaan minyak makan dalam negeri naik dengan laju 2,1%. Dalam periode 1990 – 1998, konsumsi per kapita naik dengan laju sekitar 2,4% sehingga total pertumbuhan permintaan adalah sekitar 4,5%.

Restoran cepat saji (*fast food restaurant*) merupakan salah satu pengguna minyak nabati yang cukup besar. Selama ini mereka banyak menggunakan minyak terhidrogenasi (*hydrogenated oils*) untuk mendapatkan karakteristik produk yang diinginkan, yaitu hasil gorengan yang kering dan renyah. Dengan kandungan asam jenuhnya yang tinggi, minyak sawit dapat mensubstitusi *hydrogenated oils* sehingga produk minyak goreng spesial untuk fast food ini mempunyai potensi yang cukup besar untuk dikembangkan (Poeloengan et al, 2000), apalagi dalam waktu dekat ini Amerika Serikat (USA) akan menerapkan food labeling baru yang mengharuskan produsen untuk mencantumkan kandungan trans fat pada label makanan yang mengandung minyak sehingga produk dari minyak sawit akan lebih kompetitif karena bebas dari senyawa trans fat.

Produk-produk khusus seperti minyak makan merah, margarin kaya vitamin A, minyak goreng kaya omega 3 merupakan produk dengan nilai gizi tinggi yang mempunyai peluang untuk dikembangkan bagi segmen pasar tertentu, baik di dalam maupun di luar negeri. Salah satu hal penting yang perlu diperhatikan dan dilakukan untuk meningkatkan konsumsi minyak makan merah di dalam negeri adalah melalui sosialisasi dan pendidikan konsumen terhadap kandungan nutrisi dan manfaat produk tersebut.

Gambaran pasar minyak/lemak makan internasional kurang lebih sama. Meskipun pangsa minyak sawit dalam konsumsi minyak dan lemak makan dunia tidak sebesar Indonesia, konsumsinya terus mengalami peningkatan. Data Anonymous (2002) menyebutkan, pertumbuhan konsumsi minyak nabati dunia selama dekade terakhir rata-rata hanya 4,5% per tahun. Pada periode yang sama, laju pertumbuhan konsumsi minyak makan asal kelapa sawit tumbuh 9,6% per tahun. Sedangkan minyak makan asal kedelai, dengan pangsa pasar/konsumsi terbesar, hanya tumbuh 3,6% per tahun. Tahun 2004 ini, pangsa minyak makan asal sawit diperkirakan akan menjadi sekitar 21%, menggeser minyak makan asal kedelai yang pangsaannya anjlok menjadi sekitar 18%. Hal ini menunjukkan bahwa minyak makan asal sawit tidak hanya penting bagi negara produsen, tetapi juga semakin penting secara internasional.

Poeloengan et al (2000) menyatakan bahwa perkembangan konsumsi minyak makan sangat dipengaruhi oleh populasi dan tingkat daya beli. Populasi dunia tumbuh dengan laju 1,55% per tahun. Laju pertumbuhan tertinggi terjadi di Afrika dengan 2,80%, Amerika Latin (2,1%), Asia (1,56%) sedangkan di Eropa, populasi tumbuh dengan 0,25% dan di USA dengan 0,87%. Pemulihan perekonomian di Asia setelah adanya krisis ekonomi diperkirakan akan memacu kembali pertumbuhan ekonomi di Asia. Data ini menunjukkan bahwa permintaan minyak makan untuk keperluan pangan terutama akan datang dari Asia, Afrika dan Amerika Latin.

## Industri Oleokimia

Industri hilir sawit yang menghasilkan kategori produk non-pangan dan menarik untuk dikembangkan adalah industri oleokimia. Produk utama minyak sawit yang dikelompokkan ke dalam produk oleokimia ialah asam-asam lemak (*fatty acids*), metil ester (*methyl esters*), alkohol lemak (*fatty alcohols*),

amina lemak (*fatty amines*), amida lemak (*fatty amides*) dan gliserin (*glycerines*).

Industri oleokimia pertama kali dibangun tahun 1977 di Tangerang (Pamin, 1998), tetapi industri oleokimia dasar di Indonesia masih relatif kecil padahal nilai tambahnya cukup besar. Dari segi laju pertumbuhan, industri oleokimia dasar yaitu *fatty acids*, *fatty alcohols*, *fatty amines*, *glycerine* dan *metallic soap* maju sangat pesat. Pada tahun 1988 produksi oleokimia dasar Indonesia baru 79.500 ton, naik menjadi 218.000 ton pada tahun 1993, dan menjadi sekitar 652.000 ton pada tahun 1998 (Poeloengan *et al*, 2000), atau tumbuh dengan laju sekitar 23,5% per tahun. Pada tahun 2002, total kapasitas produksi oleokimia di Indonesia diperkirakan mencapai 1.047.000 ton dengan penyebaran industri oleokimia seperti tercantum pada tabel 6. Namun kontribusi oleokimia dasar Indonesia terhadap produksi dunia baru mencapai sekitar 10 persen.

Prospek permintaan produk oleokimia di Indonesia cukup baik. Menurut Saragih (1998), sekitar 50% produksi sabun metalik berupa sabun kecantikan mempunyai pertumbuhan permintaan sekitar 12,5% per tahun; sedangkan konsumsi produk oleokimia gliserol pada industri kosmetik dan pasta gigi relatif kecil, tetapi pertumbuhannya relatif tinggi, yaitu 9,5% (kosmetik) dan 10,5% (pasta gigi) per tahun. Yang menarik adalah permintaan produk oleokimia epoksida pada industri plastik dan karet yang cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena epoksida minyak sawit dapat dibuat untuk menggantikan epoksida minyak kedelai pada industri plastik dan karet. Penggunaan epoksida minyak sawit pada industri karet tidak menimbulkan pengaruh negatif pada karet yang divulkanisasi, sedang penggunaan epoksida minyak kedelai pada karet menyebabkan pengaruh yang negatif, yaitu cincin epoksidanya mudah pecah oleh pengaruh asam.

Tabel 6. Sebaran lokasi dan perkiraan kapasitas produksi oleokimia di Indonesia

No	Sebaran Lokasi Industri (Propinsi)	Volume Produksi (000 ton)
1.	Sumatera Utara	295,8
2.	Riau dan Batam	292,0
3.	Sumatera Barat	90,6
4.	DKI Jakarta	243,3
5.	Jawa Tengah	57,6
6.	Jawa Timur	44,4
7.	Irian Jaya	23,7

Keterangan : Data diolah dari Poeloengan *et al*, 2000.

Prospek permintaan produk oleokimia dunia semakin meningkat dan berkembang dengan kian bertambahnya kebutuhan masyarakat, perkembangan teknologi oleokimia, kesadaran masyarakat akan lingkungan dan semakin mahal dan langkanya produk petrokimia (Appalasami dan De Vries, 1990). Produksi oleokimia dasar dunia dalam tahun 1971 – 1996 meningkat dari 2,6 juta ton menjadi 5,0 juta ton; dan diperkirakan pada tahun 2003 menjadi sekitar 9,6 juta ton. Industri oleokimia yang berkembang dengan sangat pesat terutama di Malaysia. Produksi Malaysia tahun 2001 adalah 2.500.000 ton sedang Indonesia baru sekitar 950.000 ton per tahun. Indonesia mempunyai potensi dan peluang untuk mengembangkan industri oleokimianya, karena prospek permintaan produk oleokimia dunia yang semakin baik dan akan mencapai sekitar 13 – 15 juta ton pada kurun waktu 2004 – 2010 mendatang.

### Industri Farmasi Dan Kosmetik

Prospek industri hilir sawit pada industri farmasi cukup baik ditinjau dari potensi keunggulan minyak sawit yang mengandung komponen minor seperti tokoferol, tokotrienol, beta-karoten (provitamin A) dan squalen. Komponen minor tokoferol dan tokotrienol misalnya, adalah sumber vitamin E yang dapat diekstrak dari limbah destilasi asam lemak sawit (DALS) pada proses fraksinasi minyak sawit dengan kadar sekitar 800 – 1000 ppm (rata-rata 900 ppm). Apabila vitamin E yang terkandung pada DALS sebesar 5% dari minyak sawit (CPO) yang diolah, maka pada satu pabrik fraksinasi dan pemurnian (rafinasi) yang berkapasitas 200 ton CPO per hari (dengan asumsi operasi dalam satu tahun selama 300 hari) akan menghasilkan vitamin E dalam satu tahun sebanyak 300 hari/tahun x 200 ton/hari x 5% x 900 gram/ton = 2400 kg per tahun. Kemudian, bila industri fraksinasi dan rafinasi di Indonesia yang mengekstrak vitamin E dari DALS ada 15 dengan kapasitas yang sama; maka akan diperoleh 15 x 2400 kg = 36.000 kg vitamin E per tahun.

Vitamin E dari minyak sawit tersebut dapat menggantikan produk vitamin E sintetis yang sudah biasa digunakan pada produk-produk kesehatan ataupun produk farmasi dalam bentuk kapsul. Dalam hal ini, pembuatan kapsul vitamin E dari minyak sawit dilakukan dengan cara melarutkan vitamin E murni dalam superolein pada konsentrasi yang dikehendaki, diikuti dengan proses enkapsulasi. Ini berarti merupakan peluang dan kesempatan bagi produsen minyak sawit untuk mengembangkan

industri pembuat vitamin E alami dari minyak sawit.

Prospek pengembangan industri hilir minyak sawit terutama untuk industri farmasi, semakin menjanjikan setelah vitamin E dari minyak sawit yang dikaji dan diteliti secara mendalam oleh para pakar gizi dan kesehatan, dinyatakan bahwa vitamin E dari minyak sawit sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Qureshi et al (1986) dan Qureshi et al (1988) yang menyatakan bahwa vitamin E dari minyak sawit sangat kaya fraksi tokotrienol (alfa, beta, gamma dan delta-trienol), menunjukkan mampu menekan biosintesis kolesterol dan mengurangi jumlah serum kolesterol serta tingkat kandungan kolesterol lipoprotein kerapatan rendah pada manusia yang berpenyakit hiperkolesterolemik. Sedang penambahan kapsul vitamin E dari minyak sawit dalam kondisi diet yang terkendali, menunjukkan bahwa manusia yang mengkonsumsi kapsul vitamin E dari minyak sawit ditemukan adanya penurunan kadar kolesterol pada darah rata-rata hingga 15 persen (Atroshi et al, 1991; Wahlqvist et al, 1992).

Disamping hal-hal tersebut, vitamin E (tokotrienol) dari minyak sawit mempunyai sifat aktifitas anti kanker. Hal dibuktikan oleh hasil penelitian Sundram dan Chandrasekharan (1995), yang menyatakan bahwa hewan tikus yang disuntik dengan bahan ekstrak tokotrienol dan tokoferol dari minyak sawit, terbukti nyata mampu bertahan hidup yang lebih baik dan lama disertai adanya pemindahan intra-peritoneal sel-sel karsinoma. Bahkan hasil penelitian Guthrie et al (1994) terhadap pengaruh pemberian tokotrienol dari minyak sawit pada perkembangan sel-sel kanker payudara membuktikan bahwa tokotrienol dari minyak sawit dapat menghambat sel-sel kanker pada payudara dibandingkan tokoferolnya. Sementara itu, vitamin E dari minyak sawit yang ditambahkan pada minyak jagung sebagai makanan diet, dapat mengurangi timbulnya tumor pada kelenjar manusia (Nasaretnam et al, 1992).

Penggunaan vitamin E minyak sawit yang mempunyai prospek baik untuk dikembangkan industrinya adalah pada industri sabun dan industri kosmetika. Hal ini disebabkan karena vitamin E dari minyak sawit dapat berfungsi sebagai anti oksidan alami untuk mencegah dari kemungkinan terjadinya kerusakan kulit manusia oleh terbentuknya gugus radikal pada kulit tersebut (Sundram dan Chandrasekharan, 1995).

Sementara itu, beta-karoten merupakan salah satu produk dari beberapa produk farmasi

alami yang mempunyai pasar cukup besar. Selama ini beta-karoten sebagai sumber provitamin A yang ada di pasar, sebagian besar adalah hasil sintesis kimia yang mulai banyak dihindari dengan semakin tingginya pendidikan konsumen menuju "back to nature" untuk mengkonsumsi bahan alami. Jika kandungan beta-karoten pada DALIS 5% sekitar 500 – 700 ppm (rata-rata 600 ppm), dan pada satu pabrik rafinasi yang berkapasitas 200 ton CPO per hari (dengan waktu operasi dalam satu tahun selama 300 hari), maka akan menghasilkan beta-karoten dalam satu tahun sebanyak 300 hari/tahun x 200 ton/hari x 5% x 600 gram/ton = 1800 kg per tahun. Bila industri rafinasi di Indonesia yang mengekstrak beta-karoten dari DALIS berjumlah 10 dengan kapasitas yang sama, maka diperoleh 10 x 1800 kg = 18.000 kg beta-karoten per tahun. Jumlah tersebut dapat menutupi kekurangan vitamin A yang sekarang ini masih diimpor sebanyak 32.000 kg beta-karoten sintetis. Dengan harga beta-karoten sintetis sekitar US\$ 600 per kg (Poeloengan et al, 2000), berarti nilai beta-karoten yang diproduksi dari DALIS mencapai 18.000 kg x US \$ 600/kg = US \$ 9.600.000 (9,6 juta dolar Amerika).

#### Industri Biodiesel

Industri hilir sawit lain yang prospektif untuk dikembangkan secara intensif pada masa yang datang adalah penggunaan metil ester asam lemak sebagai bahan baku substitusi minyak diesel (*biodiesel*), karena mempunyai prospek yang baik bila dikaitkan dengan harga energi BBM (bahan bakar minyak) yang cenderung akan terus meningkat. Dengan demikian, minyak sawit berperan dan dapat dipakai sebagai salah satu sumber energi alternatif yang memungkinkan dalam mesin diesel.

Malaysia sebagai negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia, telah mengembangkan penelitian secara intensif untuk keperluan hal tersebut. Hasilnya cukup positif, artinya minyak sawit secara teknis dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin diesel. Daya yang dikeluarkan minyak sawit lebih besar dari pada bahan bakar petroleum diesel, serta dapat mengurangi polusi dan korosi dengan kekuatan tenaga mesin yang tidak berkurang. Namun kekurangannya terletak pada kecepatan konsumsinya yang lebih tinggi dan efisiensi termal yang lebih rendah. Selain itu, dilaporkan terjadinya karbonisasi yang relatif lebih banyak dalam ruang pembakaran mesin.

Pengembangan industri hilir sawit yang menghasilkan minyak biodiesel di Indonesia

relatif masih belum menunjukkan perkembangan yang berarti. Hal ini disebabkan karena biaya produksi untuk mengolah dan menghasilkan produk biodiesel minyak sawit per liter (kg)nya lebih mahal dibandingkan dengan biaya pembuatan petroleum diesel. Meskipun demikian, pengembangan ke depan masih ada peluang dan prospek yang menjanjikan, dengan catatan untuk memproduksi biodiesel dari minyak sawit harus dipadukan/diintegrasikan dengan karoten yang mempunyai nilai sangat tinggi. Dengan demikian diharapkan, biaya produksi biodiesel dari minyak sawit dapat ditutup dari hasil penjualan karoten (Darnoko et al, 2001).

Prospek yang menjanjikan dari komoditas biodiesel minyak sawit adalah sebagai sumber energi alternatif pengganti petroleum diesel, karena bersifat dapat diperbarui (renewable), dapat diuraikan secara alami (biodegradable) serta tidak mencemari lingkungan dibandingkan dengan petroleum diesel. Oleh sebab itu, karena sifatnya yang biodegradable, biodiesel minyak sawit sangat sesuai untuk digunakan di perairan sebagai bahan bakar kapal atau perahu motor, baik untuk keperluan komersial maupun wisata. Atau dapat pula dimanfaatkan sebagai bahan bakar wajib pada bus/kendaraan umum di daerah perkotaan yang penduduknya padat, sehingga dapat mengurangi polusi udara di perkotaan dan tidak mengganggu kesehatan.

Austrian Biofuels Institute (1997) yang dikutip oleh Saputera (2001) menyatakan bahwa industri biodiesel yang diproduksi di Austria dengan menggunakan bahan baku minyak goreng bekas dan dengan kapasitas 140.000 – 150.000 ton minyak goreng bekas per tahun cukup ekonomis, karena harga minyak goreng bekas sebagai bahan baku biodiesel tersebut Rp 2.100 per kg sedang harga biodiesel sekitar Rp 4.800,- per kg. Di Indonesia, industri biodiesel ini akan ekonomis dan meraih keuntungan bila harga CPO sebagai bahan baku biodiesel sekitar Rp 1.800,- sedang harga jual biodiesel Rp 4.000,-. Disamping itu, biaya produksi dapat dikurangi lagi mengingat hasil samping etanol dapat digunakan kembali serta gliserin dapat dijual sebagai bahan pembuatan sabun (Darnoko et al, 2001).

Permintaan produk biodiesel di pasar internasional sampai saat ini relatif masih kecil, namun di negara-negara Eropa terutama di negara Irlandia, Austria, Jerman, Perancis, Italia dan Spanyol permintaannya mencapai 1.200.000 ton per tahun (Saputera, 2001). Menurut Darnoko et al (2001) dikatakan bahwa pemakaian biodiesel untuk kendaraan umum dan pribadi di Eropa dibantu adanya insentif

oleh pemerintah berupa pembebasan pajak, sehingga harga biodiesel setara atau bahkan lebih rendah daripada petroleum diesel. Dengan semakin meningkatnya kepedulian masyarakat terhadap lingkungan, konsumsi biodiesel dunia diperkirakan akan meningkat pada tahun-tahun mendatang sehingga membuka peluang bagi Indonesia untuk memproduksi dan mengekspor biodiesel dari minyak sawit.

### KEBIJAKAN PENGEMBANGAN INDUSTRI HILIR SAWIT

Untuk meningkatkan daya saing industri agro sawit nasional, terutama untuk pengembangan industri hilirnya, kebijakan yang ditetapkan perlu dikaitkan dengan ketersediaan bahan baku CPO (*Crude Palm Oil*). Dengan perkataan lain, kebijakan yang ditetapkan perlu mempertimbangkan apakah daerah tersebut merupakan sentra produksi CPO atau tidak.

Untuk daerah yang bukan merupakan sentra produksi dan sudah kelebihan investasi (seperti DKI, Jawa Barat, dan Jawa Timur), persetujuan untuk pengembangan industri hilir sawit perlu dibatasi. Kebijakan ini sekaligus sejalan dan seiring dengan usaha pemerintah untuk mendorong investor membuka usaha di luar Jawa.

Sementara itu, bagi daerah sentra produksi CPO, saran kebijakan yang ditempuh adalah mendorong diversifikasi dan keterpaduan industri. Sedang untuk daerah yang kapasitas industrinya sudah besar, seperti di Sumatera Utara dan Riau, maka kebijakan yang ditekankan adalah kebijakan diversifikasi produk serta pengembangan industri yang mengolah hasil samping. Hal ini disebabkan karena masih banyak produk samping dan cabang industri terkait yang dapat dikembangkan.

Kebijakan diversifikasi produk perlu didorong, karena diversifikasi produk merupakan usaha untuk meningkatkan daya serap pasar. Dalam hal ini diversifikasi minyak sawit menjadi bahan dasar utama perlu dikembangkan menjadi bahan dasar yang lebih khusus. Misalnya pembuatan asam lemak dengan spesifikasi khusus untuk pembuatan minyak pelumas/lubricant, tinta, fluxing agent, pembuatan biosurfactant dari minyak dengan bantuan mikroorganisme, pembuatan produk monogliserida, etil alkohol, asam lemak amida, alkil resin, plasticiser, dan lain-lain (Pamin, 1995).

Kebijakan pengembangan industri hilir minyak sawit dengan nilai tambah lebih tinggi

juga perlu segera direalisasikan untuk menghadapi kompetisi dari industri CPO negara lain dan industri minyak/lemak asal kedelai, jagung, kelapa dan lain-lain. Misalnya industri hilir yang menghasilkan produk shortenings, minyak salad, beta-karotena, vitamin E, vegetable ghee, cocoa butter substitute (CBS) atau cocoa butter equivalent (CBE), minyak termodifikasi dan produk oleokimia.

Ditinjau dari prospek dan pembahasan di atas, industri yang mungkin bisa dikembangkan di Indonesia untuk skala menengah adalah industri pembuatan monogliserida, industri minyak salad, industri etil-alkohol dan industri CBS (cocoa butter substitute) dan CBE (cocoa butter equivalent).

Berdasarkan hasil kajian dan pemantauan Badan Pengembangan Ekspor Nasional (BPEN) Depperindag disebutkan bahwa kebijakan pemerintah dalam pengembangan industri hilir minyak sawit yang menghasilkan produk oleokimia (oleochemicals) dan derivat-derivat oleokimia sangat tepat. Hal ini disebabkan karena permintaan produk oleokimia di beberapa negara importir seperti Amerika Serikat, Uni Eropa, Uni Soviet, Jepang, Korea dan negara-negara di Timur Tengah mengalami peningkatan. Untuk produk-produk derivat oleokimia yang perlu dikembangkan industrinya adalah industri pembuatan amina ethoksilat, amina azelat, asam undeklonat, ammonium kuarterner klorida. Alkohol lemak sulfat, ether, posfat, alkil-resin dan fatty acid alkanol amides.

Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Kalimantan Tengah, Jambi, Riau dan Sumatera Selatan merupakan daerah sentra produksi atau yang akan menjadi sentra produksi, namun industri hilirnya belum berkembang. Untuk daerah-daerah tersebut, kebijakan yang paling tepat adalah mengembangkan industri sawit secara terpadu. Dengan demikian, industri hulu, industri hilir dan hasil samping terintegrasi, sehingga diharapkan terjadi sinergi dalam mengoptimalkan sumber daya yang ada.

Sinergi itu dapat menghemat biaya, seperti biaya investasi untuk pengadaan tangki timbun, biaya pemompaan dan pengangkutan hasil CPO, efisiensi pemanfaatan energi dan hasil samping, serta mempermudah pengendaliannya. Dengan keterpaduan usaha tersebut, industri agro dan agrobisnis sawit menjadi lebih efisien dan berdaya saing kuat, sehingga siap memasuki era perdagangan bebas.

Sementara itu, untuk memperkuat pemasaran, kerjasama aliansi strategis dengan investasi asing yang menguasai jalur pemasaran hasil produk-produk hilir sawit perlu

ditingkatkan. Masuknya investor asing pada industri hilir ataupun industri yang mengolah hasil samping akan memberikan dua keuntungan sekaligus, yaitu penyediaan dana dan jaminan pemasaran.

Oleh karena itu, perusahaan-perusahaan perkebunan kelapa sawit ataupun pabrik-pabrik pengolah kelapa sawit (PKS) di daerah pengembangan baru seperti Kalimantan, Jambi, Riau, Sumatera Selatan dan Sumatera Barat, perlu berupaya untuk menggaet partner usaha dari negara konsumen produk-produk hilir sawit seperti Inggris, Jerman, Perancis, Belanda, Belgia, Italia, Jepang, Korea Selatan, China, India, Taiwan dan Australia. Pola kerja sama antara produsen dan konsumen tersebut telah lama berkembang di Malaysia dan cukup memacu perkembangan industri hilir sawit Malaysia.

## PENUTUP

Dari uraian tulisan di muka dapatlah dikatakan bahwa ketersediaan teknologi untuk mengembangkan industri hilir sawit cukup banyak dan Indonesia mempunyai prospek yang cerah untuk mengembangkan industri hilir sawitnya, sehingga dapat menghasilkan produk-produk hilir sawit yang kompetitif dan bernilai tambah tinggi. Pengembangan industri hilir sawit di Indonesia yang menghasilkan minyak makan, oleokimia, produk farmasi dan kosmetika, *biodiesel* serta hasil samping perlu dijadikan program nasional.

Dalam pengembangannya diperlukan dukungan dari pemerintah, karena menurut M. Taha, Ketua Umum Asosiasi Industri Oleokimia Indonesia, untuk membangun industri oleokimia itu membutuhkan modal besar, sedikitnya Rp 300 milyar untuk tahun 2003. Jika suku bunga tinggi yakni berkisar 19 – 20 persen, sulit bagi Indonesia untuk mengejar Malaysia. Pengusaha di negara itu memiliki suku bunga tak lebih dari 8 persen. Oleh karena itu, pemerintah hendaknya memberikan insentif dan kebijakan fiskal, sehingga dapat membantu pengembangan industri oleokimia nasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ab Gapor, M.T., Leong, L.W, Ong, A.S.H., Kawada, T., Watanabe, H. and Tsuchiya, N. (1993). *US Patent No. 5.190.618* (March 2, 1993).
- Ab Gapor, M.T. (1995). "Palm Vitamin E : A Value added to tocotrienols – rich

- fraction (TRF) from Palm Oil". *Palm Oil Developments No. 22* : 7 – 17.
- Anonymous (2002). "Oil World Statistic Up Date, 1999 – 2001". *Oil World 2002*, FAO, Rome.
- Appalasami, S. and De Vries, R.J. (1990). "The future of Palm Oil in Oleochemicals". *Palm Oil Developments No. 17* : 18 – 29.
- Astono, B.(1997). "Investasi Di Kelapa Sawit Ibarat Buah Simalakama". *Harian Kompas*, 24 Maret 1997 : PT Kompas Informasi Indonesia, Jakarta : 17.
- Atroschi, F., Atilla, E., Westermarck, T., Typonen, J., Sankari, S. and Ab Gapor, M.T. (1991). "Serum cholesterol lowering effect of palm oil vitamin E : Experimental results and theoretical implications". *Proceeding of 1989 International Palm Oil Conference : Nutrition and Health Aspects of Palm Oils*. PORIM, Kuala Lumpur : 43 – 48.
- Bhattacharyya, D.K., Majumdar, S., Roy, S. and Basu, R. (1987). "Margarines from Palm Oil and Its Fractions". *Oleagineux 42 (6)* : 253 – 257.
- Bisnis Indonesia (2003). "Produksi Sawit Than 2003 Mencapai 10,6 juta Ton". *Harian Bisnis Indonesia*, 21 Januari 2003 : 3.
- Bornscheur, U.T. (1995). "Lipase-catalyzed synthesis of monoacylglycerols". *Enz. Microb. Technol. 17* : 578 – 586.
- Boyle, E. (1997). "Monoglycerides in food systems : Current and Future Uses". *Food Technol. 51 (8)* : 52 – 59.
- Brady, C.D., Metcalfe, L.D., Slaboszewski, D.R. and Frank, D. (1988). "Technical News Feature : Lipase Immobilized on a hydrophobic, microporous support for the hydrolysis of fats". *J. Amer. Oil Chem. Soc. 65 (6)* : 917 – 921.
- Choong, C.L. (1994). "Chemical and physical properties of palm oil and palm kernel oil". In *Selected Readings on Palm Oils and Its uses*, ed. by Arifin, A., Basri, M.N.H., Ahmad, M.J., Othman, R., Minal, J., Jais, M.R.M., Ghazali, R., Halim, N.A. and Mahidin, M.R. PORIM, Kuala Lumpur, Malaysia : 60 – 67.
- Choo, Y.M., Ooi, C.K., Yaq, S.C., Ma, A.N. and Affandi Yusoff, M.S. (1993). "Production of carotene – enriched red palm oil". *Proceeding of 1993 PORIM International Palm Oil Congress*. PORIM, Kuala Lumpur, Malaysia : 173 – 176.
- Choo, Y.M. (1995). "Carotenoid from Palm Oil". *Palm Oil Developments No. 22* : 1 – 6.
- Darnoko, Herawan, T. dan Guritno, P. (2001). "Teknologi Produksi Biodiesel dan Prospek Pengembangannya Di Indonesia". *Warta PPKS Vol. 9 (1)* : 17 – 27.
- Guthrie, N., Ab Gapor, M.T., Chambers, A.F. and Carroll, K.K. (1994). "Inhibition of proliferation human breast cancer cells by individual tocotrienols from palm oil". *Proceed. Amer. Assoc. Cancer Res. 35* : 639. Abstract 3749.
- Goh, S.H., Choo, Y.M. and Ong, R.S.H. (1985). "Minor constituents of palm oil". *J. Amer. Oil Chem. Soc. 62* : 237 – 240.
- Hadeball, W. (1991). "Production of lipase by *Yarrowia lipotica* I Lipases from yeast : A review". *Acta Biotechnol. 11 (2)* : 150 – 167.
- Jatmika, A. (1996). "Prospek Penggunaan Teknologi Membran Untuk Produksi Minyak Sawit Merah". *Warta PPKS Vol. 4 (3)* : 129 – 136.
- Jatmika, A., Haryati, T. and Guritno, P. (1996). "Preparation of red palm oil". *Proceeding of the 1996 PORIM International Palm Oil Congress, Chemistry and Technology Conference*. PORIM, Kuala Lumpur, Malaysia : 382 – 386.
- Lo, Y.C. and Handlel, A.P. (1983). "Formation of trans isomers from fatty acids during hydrogenation of vegetable oils". *J. Amer. Oil Chem. Soc. 60* : 815 – 817.
- Malcata, F.X., Reyes, H.R., Garcia, H.S., Hill, C.G. and Amundson, C.H. (1990). "Immobilized lipase reactors for modification of fats and oils : A review". *J. Amer. Chem. Soc. 67 (12)* : 890 – 910.

- Mensink, R.P. and Katan, M.B. (1990). "Effect of Dietary Trans Fatty Acids or High Density and Low Density Lipoprotein Cholesterol Levels in Healthy Subjects". *The New England Journal of Medicine* 323 : 439 – 442.
- Miyawaki, Y. (1998). "Major contribution of crude palm oil and palm kernel oil in the oleochemical industry". *Proceeding of 1998 International Palm Oil Conference in Bali*. IOPRI, Medan : 72 – 79.
- Naibaho, P. (1989). "Diversifikasi Minyak Sawit dan Inti Sawit : Mutlak Diperlukan Dalam Rangka Upaya Meningkatkan Daya Saingnya Terhadap Minyak Hewani dan Nabati Lainnya". *Majalah Kisan Vol. 5 (7) : 5 - 7, 18 – 21*.
- Nasaretnam, Khor, H.T., Ganeson, J., Chong, Y.H., Sundram, K. and Ab Gapor, M.T. (1992). "The effect of vitamin E tocotrienols from palm oil on chemically -induced mammary carcinogenesis in female rats". *Nutr. Res. 12 : 63 – 75*.
- Nor Aini, I. (1987). "Palm Oil Products for Cake Shortenings". *Palm Oil Developments No. 7 : 21 – 24*.
- Nor Aini, I. (1988). "Bakery Shortening : Evalutaion of an interesterified blend of palm stearin and low erutic acid Rapeseed oil as a cake shortening". *PORIM Report Palm Oil 129 : 88 – 93*.
- Pamin, K. (1995). "Upaya Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit". *Warta PPKS Vol. 3 (3) : 23 – 29*.
- Pamin, K. (1998). "A hundred and fifty years of oil palm development in Indonesia : From the Bogor Botanical garden to the industry". *Proceeding Intern'l Oil Palm Conference, 23 – 25 September 1998*, ed. by Jatmika, A., Bangun, D., Asmono, D., Sutarta, E.S., Pamin, K., Guritno, P., Prawirosuharto, S., Herawan, T., Hutomo, T., Adiwiganda, Y.T. and Poeloengan, Z. : 16 – 23.
- Poeloengan, Z., Buana, L. dan Darnoko (2000). "Potensi Pengembangan Industri Hilir Kelapa Sawit Di Indonesia". *Warta PPKS Vol. 8 (3) : 145 – 152*.
- PT Mecosin Indonesia dan Tim ndustri Pertanian IPB (1998). *Laporan Perkembangan Proyek Pabrik Oleochemicals (Tidak Dipublikasikan)*. PT Mecosin Indonesia dan Jurusan TIN IPB, Jakarta.
- Qureshi, A.A., Burger, W.C., Peterson, D.M. and Elson, C.E. (1986). "The structure of inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley". *J. Biol. Chem. 261 : 10544 – 10550*.
- Qureshi, A.A., Ong, A.S.H., Ab gapor, M.T., Dewitt, G.F. and Choo, Y.M. (1988). "Suppression of cholesterol biosynthesis and hypocholesterolemic effects of tocotrienols from palm oil in the chicken model". *Paper presented at the National Oil palm Oil – Palm Oil Conference : Current Development, 11 – 15 October 1988*. PORIM, Kuala Lumpur.
- Saputera, H. (2001). "Biodiesel Mengapa Tidak?". *Harian Kompas, 22 Nopember 2001*. PT Kompas Informasi Indonesia, Jakarta.
- Saragih, B. (1998). "Mengembangkan Industri Hilir Berbasis Minyak Sawit". *Majalah Sasaran, September 1998 : 16 – 19*.
- Sonntag, N.O.V. (1982). "Glycerolysis of fats and methyl ester – Status, review and Critique". *J. Amer. Oil Chem. Soc. 59 : 795A – 802 A*.
- Sundram, K. and Chandrasekharan, N. (1995). "Minor constituents in edible oils and fats : their nutritional implications". *Palm Oil Developments No. 22 : 22 – 26*.
- Tan, D.T.S., Khor, H.T., Low, W.H.S., Ali, A. and Ab Gapor, M.T. (1991). "The effect of palm oil vitamin E concetrates on the serum and lipoprotein lipids in humans". *Amer. J. Clin. Nutr. 53 : 1071 s – 1075 s*.
- Teah, Y.K., Nor Aini, S. and Hamirin, K. (1992). "Interesterification – A useful means processing palm products for uses in table margarine". *Palm Oil Developments No. 16 : 17 – 20*.
- Wahlqvist, M.L., Krivokuca-Bogetic, Z., Lo, C.S., Hage, B. and Smith, L.W. (1992).

"Differential serum responses of tocopherols and tocotrienols during vitamin supplementation in hypercholesterolemic individuals without change in coronary risk factors". *Nutr. Res. 12, Suppl. 1* : S 181 - S 201.

Weies, A. 1990). *Fats Sci. Technol* 92 : 392 - 396. Cited in Boornsheur, U.T. 1995, *Lipase - catalyzed synthesis of monoglycerols. Enz. Microbiol. Technol.* 17 : 578 - 586.

Yusoff, M.S.A. and Dian, N.L.H.M. (1995). "Trans Free Formulation : A Short Review". *Palm Oil Developments No. 22* : 33 - 37.