

## TEKNOLOGI PRODUKSI BIODIESEL DAN PROSPEK PENGEMBANGANNYA DI INDONESIA

Darnoko, Tjahjono Herawan, dan Purboyo Guritno

### ABSTRAK

*Produksi minyak sawit mentah Indonesia pada tahun 2000 mencapai 6,5 juta ton yang diperkirakan akan terus meningkat sampai beberapa tahun yang akan datang. Ekspor minyak sawit Indonesia sebagian besar masih dalam bentuk minyak sawit mentah sedangkan penggunaan di dalam negeri sebagian besar adalah untuk pangan terutama minyak goreng. Industri oleokimia Indonesia kurang berkembang yang mungkin disebabkan tingginya investasi untuk industri tersebut. Salah satu alternatif pemanfaatan minyak sawit adalah untuk biodiesel yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan. Teknologi produksi biodiesel dari minyak sawit cukup sederhana dan dapat dilakukan pada skala kecil maupun besar. Pada dasarnya biodiesel diproduksi melalui proses interesterifikasi antara minyak sawit dan metanol dengan menggunakan katalis basa pada suhu sekitar 60°C. Di samping biodiesel atau metil ester, proses interesterifikasi juga menghasilkan gliserol. Untuk minyak sawit, produksi biodiesel perlu dipadukan dengan proses pemisahan karoten untuk meningkatkan nilai tambah. Kandungan karoten pada minyak sawit sekitar 500-700 ppm yang dapat dipisahkan dengan teknologi ekstraksi pelarut, ekstraksi fluida superkritikal, distilasi molekular, atau teknologi membran. Penggunaan teknologi membran dapat memberikan berbagai keuntungan dibandingkan dengan proses lainnya. Produksi biodiesel di Indonesia dapat diarahkan untuk tujuan ekspor atau penggunaan di dalam negeri. Ekspor biodiesel dapat memberikan keuntungan yang cukup tinggi mengingat tingginya harga biodiesel di luar negeri. Penggunaan biodiesel di dalam negeri perlu mendapat insentif dari Pemerintah berupa keringanan atau pembebasan pajak mengingat berbagai keuntungan dari segi lingkungan.*

Kata kunci : biodiesel, minyak sawit mentah, membran.

### PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit Indonesia berkembang dengan pesat sejak awal tahun 80-an dan sampai akhir tahun 2000 luas total perkebunan kelapa sawit di Indonesia telah mencapai 3,2 juta ha dengan produksi CPO (*crude palm oil*) sebesar 6,5 juta ton. Perkembangan perkebunan sawit ini masih terus berlanjut dan diperkirakan pada tahun 2012 Indonesia akan menjadi produsen CPO terbesar di dunia dengan total produksi sebesar 15 juta ton/tahun.

Sampai saat ini minyak sawit Indonesia sebagian besar masih diekspor dalam bentuk CPO, sedangkan di dalam negeri,

minyak sawit diolah menjadi produk pangan terutama minyak goreng. Secara teknis, CPO dapat diolah menjadi berbagai jenis produk hilir, baik pangan maupun oleokimia yang mempunyai nilai tambah yang tinggi. Akan tetapi industri oleokimia Indonesia kurang berkembang terutama apabila dibandingkan dengan Malaysia sebagai produsen minyak sawit terbesar dunia. Kapasitas total industri oleokimia Indonesia hanya mencapai sekitar 850.000 ton per tahun. Beberapa penyebab kurang berkembangnya industri oleokimia Indonesia adalah karena besarnya investasi industri tersebut serta terbatasnya pasar oleokimia dunia.

Sejak pertengahan tahun 1999, harga CPO berfluktuasi sangat tajam dan mencapai harga terendah selama sepuluh tahun terakhir. Berbeda dengan minyak nabati dari tanaman semusim seperti kedele atau *rapeseed* yang dapat diatur produksinya, produksi CPO cenderung terus meningkat setiap tahun. Hal ini memungkinkan terjadinya surplus produksi yang perlu dicari cara pemanfaatan kelebihan produksi tersebut. Salah satu upaya pemanfaatan surplus produksi tersebut adalah dengan mengolah CPO menjadi biodiesel yang teknologinya relatif sederhana dan tidak memerlukan investasi yang tinggi.

## BIODIESEL

Biodiesel ialah bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, 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.

### BIODIESEL vs PETROLEUM DIESEL

Biodiesel mempunyai sifat kimia dan fisika yang serupa dengan petroleum diesel sehingga dapat digunakan langsung untuk mesin diesel atau dicampur dengan petroleum diesel. Walaupun kandungan kalori biodiesel serupa dengan petroleum diesel, tetapi karena biodiesel mengandung oksigen, maka *flash point*nya lebih tinggi sehingga tidak mudah terbakar. Di samping itu, biodiesel tidak mengandung sulfur dan senyawa bensen yang karsinogenik sehingga biodiesel merupakan bahan bakar

yang lebih bersih dan lebih mudah ditangani dibandingkan dengan petroleum diesel. Beberapa perbedaan antara biodiesel dan petrodiesel antara lain:

#### **Komposisi**

Komposisi biodiesel dan petroleum diesel sangat berbeda. Biodiesel terdiri dari metil ester asam lemak nabati, sedangkan petroleum diesel adalah hidrokarbon.

#### **Emisi**

Biodiesel dapat mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon total, partikel, dan sulfur dioksida. Emisi *nitrous oxide* juga dapat dikurangi dengan penambahan konverter katalitik.

#### **Tenaga mesin**

Energi yang dihasilkan oleh biodiesel serupa dengan petroleum diesel (128.000 BTU vs 130.000 BTU), sehingga *engine torque* dan tenaga kuda yang dihasilkan juga serupa.

#### **Modifikasi mesin**

Pada dasarnya tidak perlu ada modifikasi mesin diesel apabila bahan bakarnya menggunakan biodiesel. Biodiesel bahkan mempunyai efek pembersihan terhadap tangki bahan bakar, injektor dan slang.

#### **Konsumsi bahan bakar**

Konsumsi bahan bakar serupa dengan petroleum diesel.

#### **Cetane**

Lebih tinggi dibandingkan dengan petroleum diesel sehingga menghasilkan suara mesin yang lebih halus.

#### **Pelumasan**

Biodiesel menghasilkan tingkat pelumasan mesin yang lebih tinggi dibandingkan dengan petroleum diesel.

**Penanganan dan penyimpanan**

Biodiesel lebih aman dibandingkan dengan petroleum diesel dan tidak menghasilkan uap yang berbahaya pada suhu kamar.

**Lingkungan**

Biodiesel lebih aman dan tingkat toksisitasnya 10 kali lebih rendah dibandingkan dengan garam dapur dan tingkat *biodegradabilitinya* sama dengan glukosa. Biodiesel tidak menambah efek rumah kaca seperti halnya petroleum diesel karena karbon yang dihasilkan masih dalam siklus karbon.

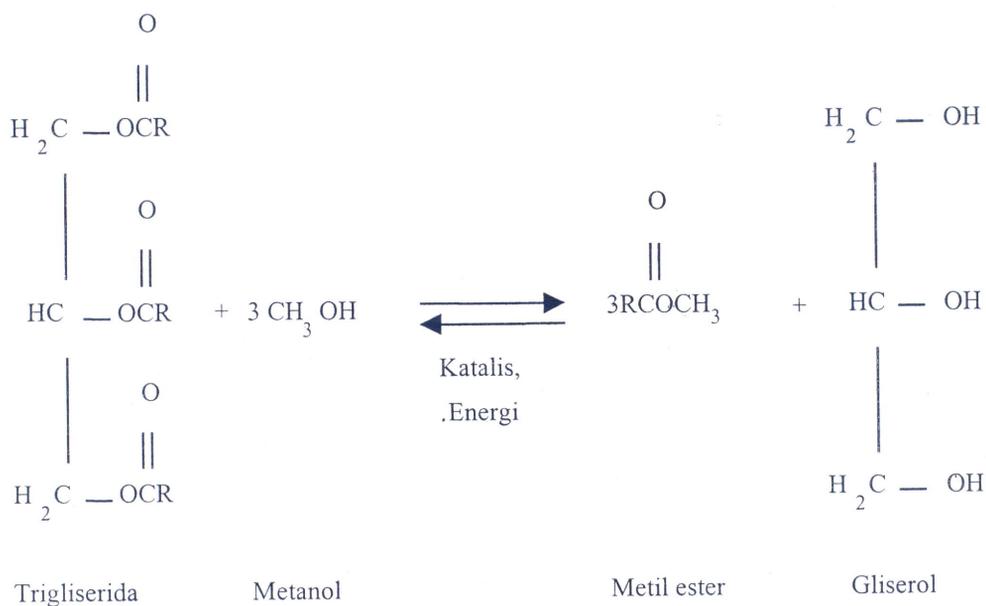
**Keamanan energi**

Biodiesel dibuat dari bahan terbarukan (*renewable*) sehingga dapat mengurangi im-

por dan penggunaan bahan bakar minyak bumi.

**TEKNOLOGI PRODUKSI BIODIESEL**

Pada prinsipnya biodiesel atau metil ester diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida (minyak sawit) dengan metanol menjadi metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa (Gambar 1). Gliserol akan terpisah dibagian bawah reaktor sehingga dengan mudah dapat dipisahkan. Ester yang terbentuk selanjutnya dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa katalis dan metanol. Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara curah (*batch*) atau sinambung (*continuous*) pada suhu 50-70°C.



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi trigliserida (minyak nabati)

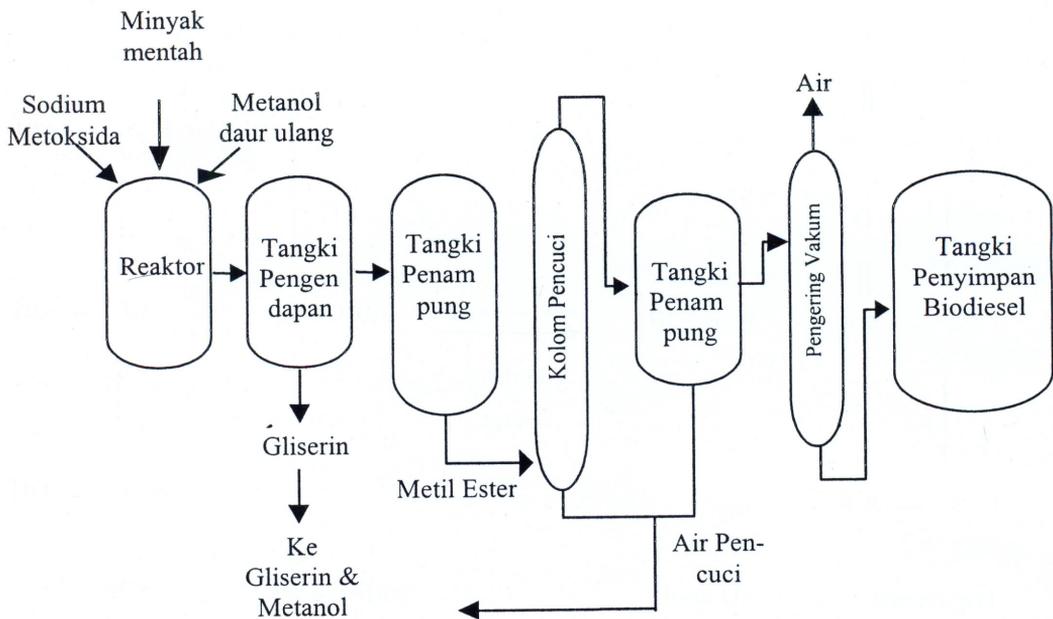
Untuk sekedar menghasilkan biodiesel dari minyak sawit prosesnya cukup sederhana serta tidak memerlukan peralatan yang canggih. Produksi biodiesel dari minyak nabati dapat dilakukan mulai dari skala kecil sampai dengan skala besar (Gambar 2). Akan tetapi untuk minyak sawit, proses produksi biodiesel perlu dipadukan dengan proses pemisahan senyawa minor di dalam minyak sawit seperti karoten dan tocoferol yang mempunyai nilai tinggi. Proses terpadu ini merupakan kunci keberhasilan industri biodiesel untuk memperoleh nilai tambah.

Kandungan karoten di dalam minyak sawit berkisar antara 500-700 ppm dengan  $\beta$ -karoten sebagai komponen utamanya (8). Kegunaan  $\beta$ -karoten telah dikenal luas yaitu sebagai sumber provitamin-A, anti

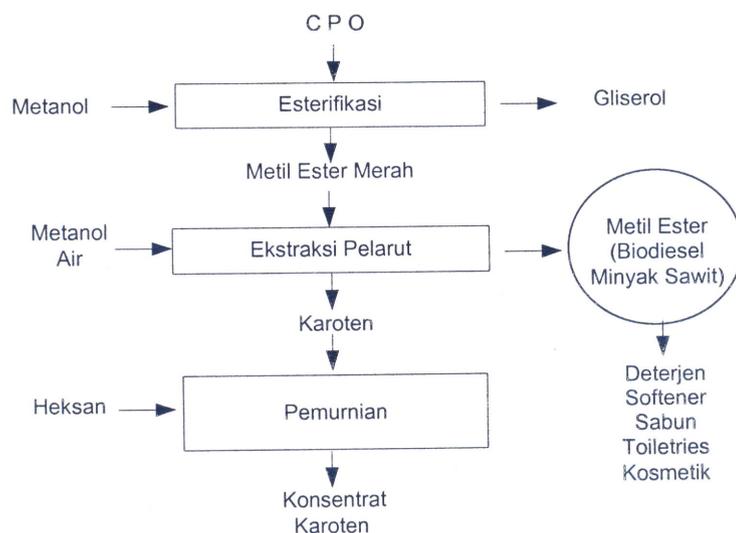
oksidan, dan pewarna pangan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa  $\beta$ -karoten dapat mencegah penyakit kardiovaskuler dan kanker apabila dikonsumsi pada dosis tertentu (4).

Usaha untuk memisahkan dan memanfaatkan karoten dari metil ester sawit telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Metode pemisahan yang telah dicoba meliputi distilasi, adsorpsi, ekstraksi pelarut dan ekstraksi dengan fluida superkritikal (2, 3, 6, 8, 9 10).

Proses pemisahan karoten dari metil ester minyak sawit melalui ekstraksi dengan pelarut (Gambar 3) telah dikembangkan di Jepang pada skala komersial oleh Lion Corporation, salah satu produsen oleokimia terbesar di dunia (5, 7). Perusahaan tersebut telah memproduksi 30



Gambar 2. Proses produksi biodiesel pada skala besar.



Gambar 3. Produksi metil ester/palm biodiesel dan karoten dari minyak sawit (Teknologi Lion Corp)

ton suspensi karoten per tahun sejak tahun 1991. Di Malaysia, PORIM telah mengembangkan proses pemisahan karoten melalui esterifikasi dan distilasi molekular yang juga telah diaplikasikan pada skala komersial (Gambar 4). Akan tetapi proses ini memerlukan energi yang besar mengingat panas *latent* ester cukup tinggi serta investasi yang tinggi.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit 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 (1). Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu rendah yaitu 60°C untuk mencegah

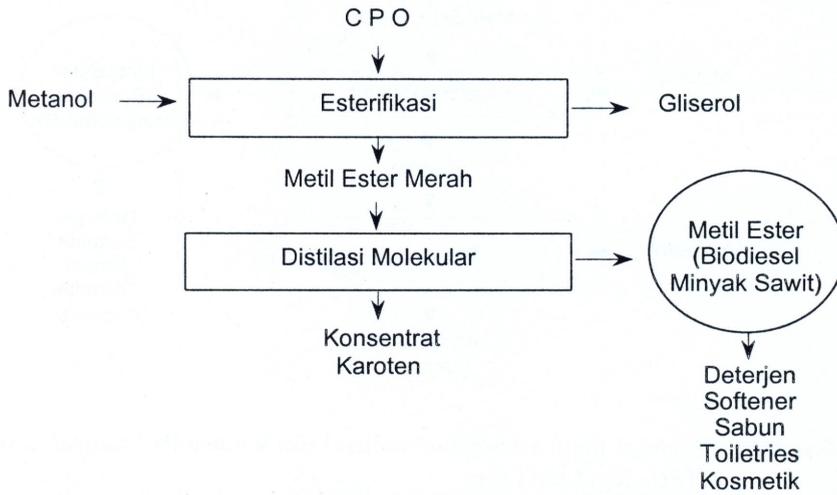
terjadinya kerusakan karoten dan dapat dilakukan secara curah maupun sinambung. Proses transesterifikasi sinambung lebih menguntungkan karena dapat mengurangi biaya investasi sebesar 25%. Dari proses ini diperoleh metil ester merah dengan konsentrasi metil ester sebesar 96% yang akan naik menjadi >97% setelah proses pencucian.

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.

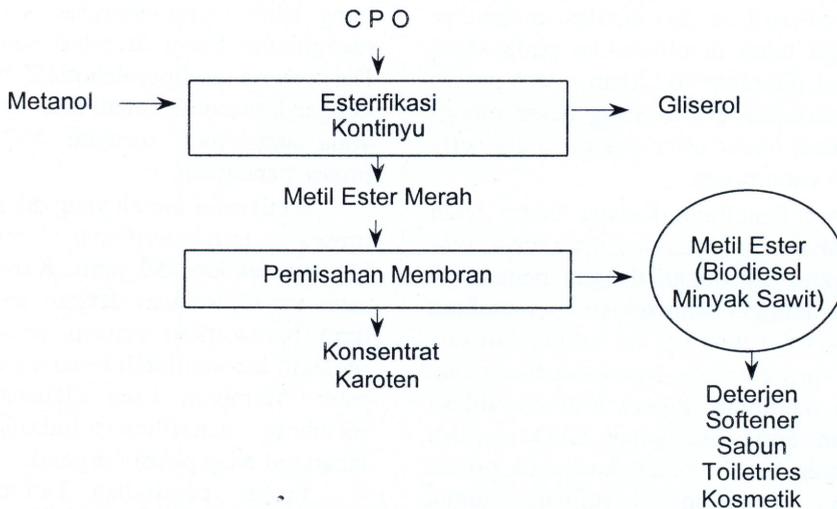
Proses pemisahan karoten dengan teknologi membran sangat sederhana, efektif serta memerlukan energi yang rendah. Penghematan energi dibandingkan

dengan proses distilasi molekular yang dikembangkan di Malaysia adalah lebih dari 90%. Karena proses ini dilakukan pada

suhu rendah (40°C), kerusakan karoten karena suhu tinggi dapat dicegah.



Gambar 4. Produksi metil ester/palm biodiesel dan karoten dari minyak sawit (Teknologi PORIM)



Gambar 5. Produksi metil ester/palm biodiesel dan karoten dari minyak sawit (Teknologi PPKS)

Ada dua produk utama yang dihasilkan dari proses pemisahan karoten dengan teknologi membran yaitu metil ester yang telah dipucatkan (*decolorized methyl esters*) dan karoten konsentrat. Di samping itu juga ada produk samping berupa *crude*

*glycerol*. Adapun komposisi metil ester dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan komposisi karoten sawit dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel 3 disajikan karakteristik *palm biodiesel* dibandingkan dengan *petroleum diesel*.

Tabel 1. Komposisi *palm biodiesel* dan petroleum diesel

Biodiesel sawit	Konsentrasi, %	Petroleum diesel	Konsentrasi, %
Metil laurat (12:0)	0.35	Parafin	20
Metil miristat (14:0)	1.08	Iso parafin + naphthenes	55
Metil palmitat (16:0)	43.79	Alkil aromatik dan <i>additive</i>	25
Metil palmitoleat (16:1)	0.15		
Metil stearat (18:0)	4.42		
Metil oleat (18:1)	39.90		
Metil linoleat (18:2)	9.59		
Metil linolenat (18:3)	0.17		
Metil arachidat (20:0)	0.38		
Metil dekanat (20:1)	0.18		

Tabel 2. Komposisi karoten sawit

Peak No.	Carotenoid	Conc. (%)
1	Lutein	3,11
2	$\alpha$ -Carotene-5,6-epoxide	0,86
3	$\beta$ -Cryptoxanthin	2,77
4	Echinenone	1,53
5	$\gamma$ -Carotene	5,97
6	$\epsilon$ -Carotene	4,80
7	9, 15- <i>dicis</i> - $\beta$ -Carotene	2,70
8	15- <i>cis</i> - $\beta$ -Carotene	7,40
9	$\alpha$ -Carotene	23,56
10	<i>Cis</i> - $\alpha$ -Carotene	4,41
11	$\beta$ -Carotene	33,21
12	9- <i>cis</i> - $\beta$ -Carotene	9,32
13	$\delta$ -Carotene	0,36
Total		100,00

Tabel 3. Karakteristik biodiesel dan petroleum diesel

No.	Sifat fisik/kimia	Biodiesel	Petroleum Diesel
1.	Densitas, g/ml	0,8624	0.8750
2.	Viskositas, cSt	5,55	4,0
3.	Flash point, °C	172	98
4.	Cetane number	62,4	53
5.	Kadar air, %	0,1	0,3

## PROSPEK PENGEMBANGAN BIODIESEL DI INDONESIA

Pada tahun 1998, produksi biodiesel di seluruh dunia mencapai 741.000 ton/tahun. Sebagian besar biodiesel tersebut diproduksi oleh negara-negara Eropa seperti Perancis, Jerman dan Austria dengan bahan baku *soybean oil*, *rapeseed oil* atau minyak goreng bekas. Di Austria, biodiesel bahkan telah diproduksi dalam skala kecil (kapasitas 1000-3000 ton/tahun) di tingkat petani atau kelompok tani sebagai upaya untuk mengolah surplus *rapeseed oil* di negara tersebut.

Pemakaian biodiesel untuk kendaraan umum dan pribadi di Eropa dibantu oleh pemerintah berupa pembebasan pajak, sehingga harga biodiesel setara atau bahkan lebih rendah dari petroleum diesel. Dengan semakin meningkatnya kepedulian akan lingkungan, konsumsi biodiesel dunia diperkirakan akan meningkat pada tahun-tahun mendatang sehingga membuka peluang bagi Indonesia untuk memproduksi dan mengeksport biodiesel dari minyak sawit.

### Pemilihan teknologi

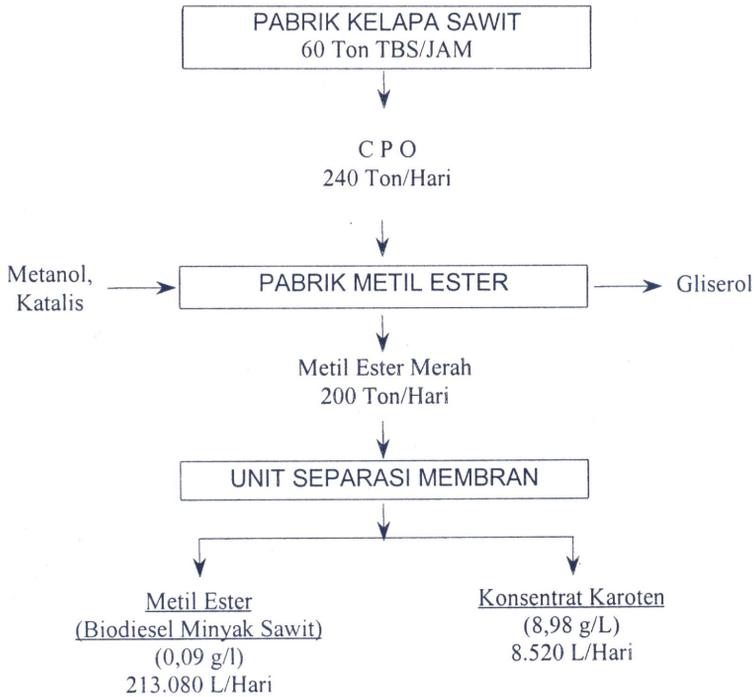
Seperti telah diuraikan sebelumnya, untuk meningkatkan nilai tambah, produksi *palm biodiesel* dari minyak sawit harus dipadukan dengan produksi karoten yang mempunyai nilai sangat tinggi. Dengan demikian, biaya produksi *palm biodiesel* dapat ditutup dari hasil penjualan karoten. Pada saat ini  $\beta$ -karoten yang ada di pasaran umumnya adalah  $\beta$ -karoten sintetik yang harganya sekitar US \$ 192,-/kg suspensi dengan konsentrasi 30% atau US \$ 640/kg karoten murni. Dengan harga tersebut, nilai karoten di dalam minyak sawit adalah sama atau bahkan lebih tinggi dari nilai minyak sawitnya sendiri.

Oleh karena itu, teknologi produksi biodiesel yang akan dikembangkan di Indonesia sebaiknya adalah teknologi yang juga menghasilkan karoten. Dari ketiga teknologi pemisahan karoten yang telah diuraikan di depan, teknologi membran layak dikembangkan mengingat teknologi ini mempunyai beberapa keunggulan antara lain hemat energi, hemat ruang, hemat tenaga kerja serta dapat diterapkan pada skala kecil, menengah atau besar.

Pada Gambar 6 disajikan konsep industri terpadu *palm biodiesel* dan *palm carotene* dari CPO menggunakan teknologi membran dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Sebuah Pabrik Kelapa Sawit dengan kapasitas 60 ton tandan buah segar (TBS)/jam akan menghasilkan sekitar 240 ton CPO per hari. CPO tersebut diproses dalam pabrik biodiesel yang akan menghasilkan 200 ton *palm biodiesel* merah dengan hasil samping gliserol. Selanjutnya, biodiesel merah di proses dalam unit pemisahan membran yang terdiri dari beberapa tahap pemisahan dan hasil akhirnya adalah 213.080 l *palm biodiesel* jernih (kandungan karoten tinggal 90 ppm) dan 8.520 l *palm carotene concentrate* dengan konsentrasi sekitar 9 g/l.

### Biodiesel untuk ekspor

Di Indonesia, perbedaan harga minyak nabati mentah dengan *petroleum diesel* sangat besar terutama setelah terjadinya krisis moneter pada tahun 1997. Pada saat ini harga CPO sebagai bahan baku biodiesel sekitar Rp 1800,-/kg, sedangkan harga *petroleum diesel* Rp 600,-/l atau sepertiga dari harga bahan dasar biodiesel. Sebaliknya di Jerman, harga biodiesel (sekitar Rp 6.000,- pada saat 1 DM = Rp 4.000,-) yang justru lebih rendah dari harga *petroleum diesel* karena adanya



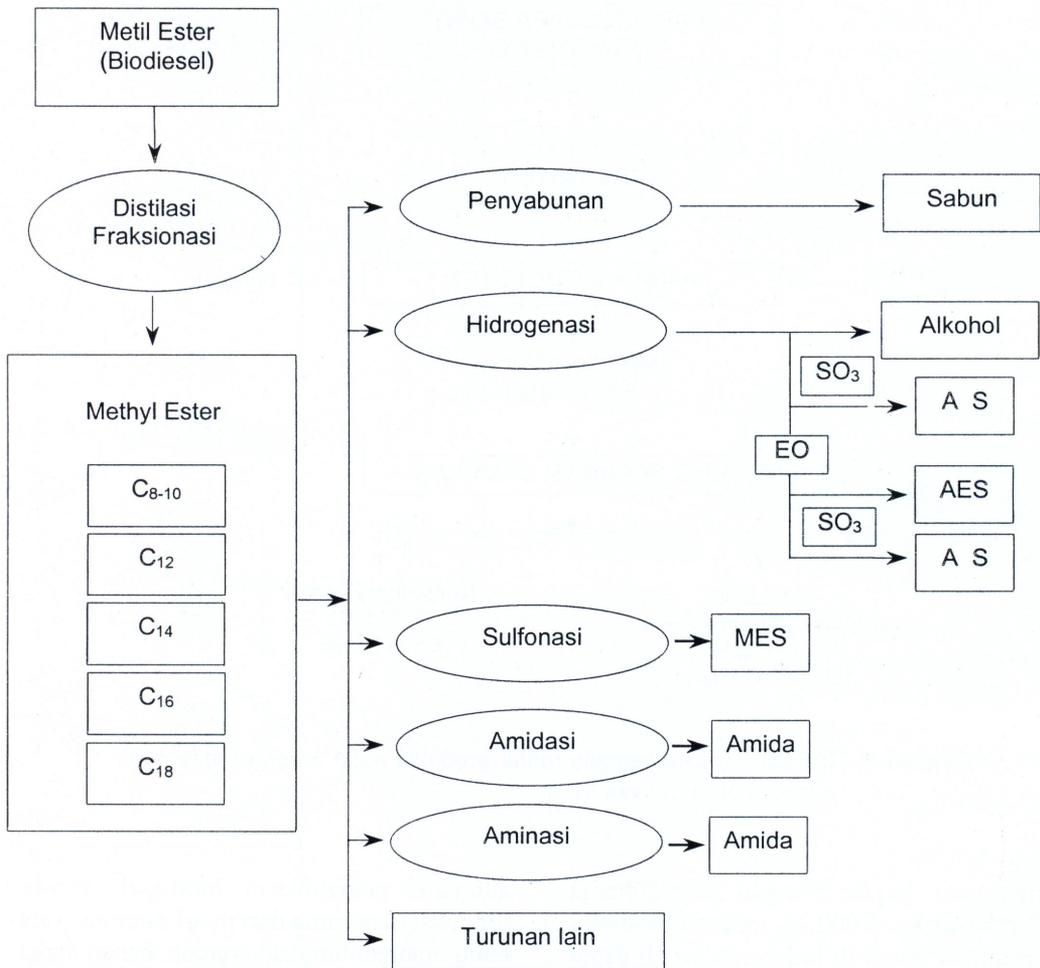
Gambar 6. Konsep industri terpadu untuk produksi *palm biodiesel* dan *palm carotene* dari minyak sawit

pembebasan pajak. Dengan asumsi harga jual sebesar Rp 4.000,-/l, industri biodiesel dari minyak sawit di Indonesia masih dapat meraih keuntungan. Keuntungan yang lebih besar lagi dapat diperoleh dari hasil penjualan karoten apabila industri biodiesel dipadukan dengan industri karoten.

### Pengolahan biodiesel lebih lanjut

Biodiesel atau metil ester dapat diolah lebih lanjut menjadi berbagai produk oleokimia yang biasanya dibuat dari asam lemak nabati (Gambar 7). Apabila harga jual biodiesel kurang menarik, pengolahan lebih lanjut biodiesel menjadi produk-produk oleokimia merupakan salah satu

alternatif pemanfaatan biodiesel. 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. Lion Corporation di Jepang telah menggunakan metil ester sebagai bahan baku untuk produksi *methyl ester sulfonate* (MES, bahan baku deterjen) dengan total kapasitas sebesar 150.000 ton per tahun sejak tahun 1991 (7). Di Indonesia, produksi oleokimia dari metil ester juga sudah ada yaitu di PT. Batamas Megah dengan kapasitas sekitar 60.000 ton per tahun dengan produk utama *fatty alcohol*.



Gambar 7. Pengolahan biodiesel lebih lanjut menjadi oleokimia

**Prospek penggunaan biodiesel di Indonesia**

Biodiesel adalah salah satu sumber energi alternatif yang *renewable*, *biodegradable* serta mempunyai beberapa keunggulan dari segi lingkungan apabila dibandingkan dengan *petroleum diesel*. Oleh karena itu pemerintah perlu memberikan insentif terhadap penggunaan

biodiesel baik berupa keringanan maupun pembebasan pajak.

Karena sifatnya yang *biodegradable*, biodiesel sangat cocok untuk digunakan diperairan sebagai bahan bakar kapal atau perahu baik untuk komersial maupun rekreasi. Aplikasi lainnya adalah untuk bahan bakar bus kota/kendaraan umum di daerah perkotaan yang penduduknya padat. Hal ini

sangat penting mengingat polusi udara di perkotaan sudah demikian tingginya sehingga dapat mengganggu kesehatan umum.

Biodiesel dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar pada mesin diesel tanpa adanya modifikasi mesin atau dalam bentuk *blending* dengan *petroleum diesel* pada berbagai konsentrasi dari 5% sampai 50%. Pencampuran 20 % biodiesel ke dalam *petroleum diesel* menghasilkan produk bahan bakar tanpa mengubah sifat fisik secara nyata. Produk ini di Amerika dikenal sebagai diesel B-20 yang sudah banyak dipakai untuk bahan bakar bus.

### KESIMPULAN

Biodiesel pada dasarnya adalah salah satu produk oleokimia yang dapat diproduksi dari minyak sawit sebagai salah satu upaya diversifikasi produk. Teknologi produksi biodiesel cukup sederhana dan dapat diterapkan pada skala kecil maupun besar. Untuk meningkatkan nilai tambah, produksi biodiesel perlu dipadukan dengan produksi karoten yang mempunyai nilai ekonomi sangat tinggi. Produksi biodiesel di Indonesia dapat diarahkan untuk tujuan ekspor atau untuk penggunaan di dalam negeri. Untuk penggunaan di dalam negeri, pemerintah perlu memberikan insentif berupa keringanan atau pembebasan pajak

mengingat produk ini mempunyai berbagai keunggulan dari segi lingkungan dibandingkan dengan *petroleum diesel*.

### DAFTAR PUSTAKA

1. DARNOKO. 1999. Continuous production of palm methyl esters with recovery of carotenoids using membrane technology. PhD Dissertation. Univ. of Illinois, Urbana-Champaign.
2. ECKEY, E.W. 1949. Process for preparing carotenoid concentrates from palm oil. US Patent 2,460,796.
3. GEBHERT, A.I. 1951. Concentration and recovery of carotenoid pigments from palm oil. US Patent 2,572,467.
4. GOH, S.H., Y.M. CHOO, and S.H. ONG. 1985. Minor constituents of palm oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 62(2):237-240.
5. IWASAKI, R. and MURAKOSHI, M. 1992. Palm oil yields carotene for world markets. Inform 3(2) : 210-217.
6. LARNER, H.B. 1947. Concentration of vitamin A carotenoids. US Patent 2,432,021.
7. MIYAWAKI, Y. 1998. Major contribution of crude palm oil and palm kernel oil in the oleochemical industry. Proc. 1998 Int'l Oil Palm Conf., Bali, 72-79
8. OOI, C.K., Y. M. CHOO, S. C. YAP, Y. BASIRON, and A.S.H. ONG. 1994. Recovery of carotenoids from palm oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 71(4) : 423-426.
9. OOI, T.L., A.S.H. ONG, H. MAMURO, Y. KUBOTA, H. SHINA, and S. NAKASATO. 1986. Extraction of carotenes from palm oil. I. Molecular distillation method. J. Jpn. Oil Chem. Soc.35(7):543-547.
10. PASSINO, H.J. 1952. Method for concentrating carotenes. US Patent 2,615,927.

