BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Indonesia sebagai negara yang berkembang dan tengah mengalami krisis perekonomian dituntut untuk dapat meningkatkan pembangunan di segala bidang agar dapat bangkit dan bersaing dengan negara-negara maju maupun yang sedang berkembang seperti di Eropa maupun Asia, salah satu bidang tersebut adalah industri kimia terutama sektor enegi yaitu minyak, gas dan batubara.

Sebagai bangsa yang besar dengan jumlah penduduk lebih dari dua ratus duapuluh juta jiwa, Indonesia menghadapi masalah energi yang cukup mendasar. Sumber energi yang *unrenewable* tingkat ketersediaannya semakin berkurang. Hal yang serupa juga sudah sejak lama diperkirakan oleh pengamat energi bahwa sektor minyak bumi Indonesia akan mengalami stagnasi dalam memproduksi minyak mentah sebagai akibat meningkatnya kebutuhan energi dalam negeri. Itulah sebabnya masih dalam kaitan ini, diversifikasi merupakan tujuan dari kebijakan energi Indonesia dalam jangka panjang. Salah satu upaya diversifikasi tersebut adalah meningkatkan produksi dan pemanfaatan energi aternatif yang ramah lingkungan untuk dimanfaatkan di dalam negeri maupun untuk ekspor (*www.indobiofuel.com*).

Ide penggunaan minyak nabati sebagai pengganti bahan bakar diesel didemonstrasikan pertama kalinya oleh Rudolph Diesel (± tahun 1900). Penelitian di bidang ini terus berkembang dengan memanfaatkan beragam lemak nabati dan hewani untuk mendapatkan bahan bakar hayati (*biofuel*) dan dapat diperbaharui

(*renewable*). Perkembangan ini mencapai puncaknya di pertengahan tahun 80-an dengan ditemukannya alkil ester asam lemak yang memiliki karakteristik hampir sama dengan minyak diesel fosil yang dikenal dengan *biodiesel* (*www.usudigitallibrary.com*).

Penggunaan *biodiesel* sebagai bahan bakar memiliki beberapa kelebihan dibanding minyak solar, yakni tidak beracun (*nontoxic)*, dapat terurai secara alami *(biodegradable)*, dapat diperbaharui *(renewable)*, emisi gas yang dihasilkan rendah, mengurangi efek rumah kaca, dapat teroksigenasi relatif sempurna atau terbakar habis dan energi yang dihasilkan sama dengan minyak solar. Selain itu, *biodiesel* dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar pada mesin *diesel* tanpa modifikasi mesin atau dalam bentuk campuran *(blending)* dengan minyak solar pada berbagai konsentrasi (Darnoko, 2002).

Biodiesel atau metil ester juga dapat diolah lebih lanjut menjadi produk-produk oleokimia yang biasanya dibuat dari asam lemak nabati (*fatty acid*). Proses produksi oleokimia dari metilester lebih menguntungkan karena tidak korosif, lebih tahan terhadap oksidasi dan tidak mudah berubah warna (Darnoko, 2002).

Salah satu sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk membuat biodiesel adalah minyak Jarak. Indonesia adalah negara penghasil minyak nabati terbesar dunia yang merupakan potensi bahan baku yang besar untuk tujuan pengembangan BBM alternatif tersebut. Tujuan utama adalah bagaimana kita dapat memanfaatkan sumber yang melimpah di Indonesia menjadi lebih bermanfaat. Jika hal ini dilaksanakan maka keuntunganya adalah mengurangi impor minyak diesel yang menyita cadangan devisa negara. Menurut laporan

DitJen Migas (2001) kebutuhan bahan bakar diesel meningkat setiap tahunnya seperti disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1.1 Produksi dan Konsumsi Minyak Diesel di Indonesia (juta liter)

Tahun	Minyak Diesel	
	Produksi	Konsumsi
1996/97	11.866,2	16.342,0
1997/98	13.465,1	17.621,5
1998/99	14.345,0	19.706,2
1999/00	15.673,9	22.092,1
2000/01	16.208,9	22.423,4

Sumber : DitJen Migas dan Pusat Penelitian Energi ITB, 2001

Berdasarkan informasi yang diterima kemampuan memproduksi minyak solar dan diesel Indonesia saat ini sudah sesuai dengan kapasitas yang dimiliki sehingga ada kecendrungan akan meningkatnya impor di tahun-tahun mendatang walaupun di tahun 1999 kebutuhan bahan bakar diesel menurun tidak sesuai dengan perkiraan pada tabel di atas, namun setelah pasca krisis ekonomi di Indonesia kebutuhan diperkirakan akan meningkat kembali.

Di samping sumber bahan bakunya melimpah dan terbarukan, biaya produksi lebih murah. Rata-rata biaya produksinya antara Rp 600 hingga Rp1.000 per liter. Sebagai pionir biodiesel di Indonesia, BPPT telah mengembangkan teknik produksi biodiesel termasuk rancang bangun pabriknya. Upaya tersebut telah menghasilkan empat buah paten dan pabrik pengolahan berskala kecil 1,5 ton biodiesel per hari di Puspiptek Serpong dan skala menegah 8 ton per hari di Riau.

Meskipun baru tahap proyek percontohan, seluruh produksinya diserap pasar, khususnya untuk perusahaan yang dituntut menurunkan kadar emisi bahan bakar. Saat ini sudah ada sekitar sepuluh perusahaan swasta yang menjadi konsumen tetap Solarmax, nama dagang biodiesel, termasuk B10, untuk 35 kendaraan operasional di lingkungan BPPT. "Pabrik pengolahan biodiesel tidak membutuhkan biaya investasi besar sehingga dapat dikembangkan melalui unit kecil dan dikelola oleh usaha kecil dan menengah (UKM)," kata Makmuri. Sebagai gambaran, pabrik dengan kapasitas produksi 3 ton per hari hanya membutuhkan investasi Rp3,9 miliar dan masa pengembalian sekitar 3 tahun.

"Sebagai bagian *blueprint* pengelolaan energi nasional (PEN), target produksi biodiesel sebesar 720 kiloliter pada tahun 2009 untuk menggantikan 2 persen konsumsi solar hanya akan tercapai jika terdapat 25 unit pengolahan berkapasitas 30 ribu ton per tahun. Meskipun demikian untuk mencapai target mengganti 5 persen konsumsi solar 2025, tidak menutup kemungkinan pembuatan pabrik berkapasitas besar hingga 100 ribu ton per tahun yang memerlukan investasi masing – masing sekitar 100 miliar."

(http://www.kompas.co.id/teknologi/news/0509/14/144413.htm)

Meskipun demikian, sosialisasi penggunaan biodiesel tidak akan berarti tanpa dukungan dari pemerintah. Termasuk standardisasi produk untuk memberikan perlindungan kepada konsumen. Makmuri berharap standardisasi biodiesel dapat ditetapkan pemerintah sehingga teknologi pengolahan yang telah dikuasai BPPT dapat segera dikomersialkan.

Selain itu, kesiapan komersialisasi biodiesel ujung-ujungnya adalah harga jual, kata Direktur Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Yogo Pratomo saat melepas rombongan media yang akan meninjau lokasi energi terbarukan di Jawa Barat, Jumat (9/9/05). Untuk menekan biaya bahan baku dan mendorong investasi, sekarang sedang digodok bentuk insentif dengan Departemen Keuangan. Salah satu yang diusulkan adalah pembebasan pajak impor mesin pengolahan biodiesel seperti yang diterapkan di negara-negara lain.

Dengan demikian harga jual biodiesel dapat bersaing dengan harga solar yang cenderung terus naik tergantung pasokan impor minyak dunia.

Banyak penelitian telah menguji kemungkinan-kemungkinan penggunaan minyak nabati sebagai pengganti bahan bakar diesel (minyak solar) baik secara langsung maupun sebagai bahan pencampur. (Adams dkk, 1983 ; Klofeman dan Walk, 1983 ; Pryde, 1983 ; Srinivasa dan Gopalakrihnan, 1991 ; Irwan dan Didi, 2003.). Disamping itu minyak nabati sangat mudah didapat dan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui. Dari penelitian-penelitian tersebut menyatakan bahwa minyak nabati mempunyai potensi yang sangat baik sebagai bahan bakar alternatif apabila sifat-sifatnya dari minyak tersebut dapat diatasi dengan baik seperti kekentalan yang tinggi. Volalitas yang rendah dan reaktivitas (polimerisasi) dari rantai hidrokarbon tak jenuh. Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa kemungkinan yang terbaik untuk menggunakan minyak nabati sebagai bahan bakar disel adalah dengan proses transesterifikasi (Nye dkk, 1983 ; Oberlin Sidjabat dkk, 1995).

Manfaat yang diharapkan dari penelitian trans-esterifikasi minyak biji jarak menjadi bahan bakar,antara lain :

A. Untuk pembangunan Negara

- Mengatasi krisis energi bahan bakar.
- Mengurangi ketergantungan pada impor luar negeri.

B. Untuk ilmu pengetahuan dan teknologi

Penerapan prinsip penggunaan katalisator dalam proses transesterifikasi minyak biji jarak dengan metanol untuk mencapai perolehan hasil (yield) semaksimal mungkin,serta penerapan teknologi alternatif terhadap sumber daya alam yang dapat diperbaharui.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1. Jarak

Jarak, termasuk dalam family Euphorbiaceae, satu famili dengan karet dan ubi kayu. Genus Jatropha, spesies Jatropha curcas Lin. Jarak pagar *(jatropha curcas)*tumbuh di dataran rendah sampai krtinggian sekitar 500 m dpl. Namun tanaman ini dapat tumbuh pada daerah dengan curah hujan antara 300 – 2380 mm/tahun.Mulai berbuah pada umur 1 tahun dengan usia produktif hingga 50 tahun.Satu hektar lahan dapat ditanami 2500 Tanaman jarak agar *(jatropha curcas)*. Satu pohon Tanaman jarak agar *(jatropha curcas)* dapat menghasilkan 12,5 ton/tahun/Ha.

Kisaran suhu yang sesuai untuk bertanam jarak adalah 20 -26 °C. Pada daerah dengan suhu terlalu tinggi (di atas 35°C) atau terlalu rendah (di

bawah 15°) akan menghambat pertumbuhan serta mengurngi kadar minyak dalam biji dan mengubah komposisinya.

Tanaman jarak pagar *(Jatropha curcas)* mempunyai system pembakaran yang mampu menahan air dan tanah sehingga tahan terhadap kekeringan serta berfungsi sebagai tanaman penahan erosi.

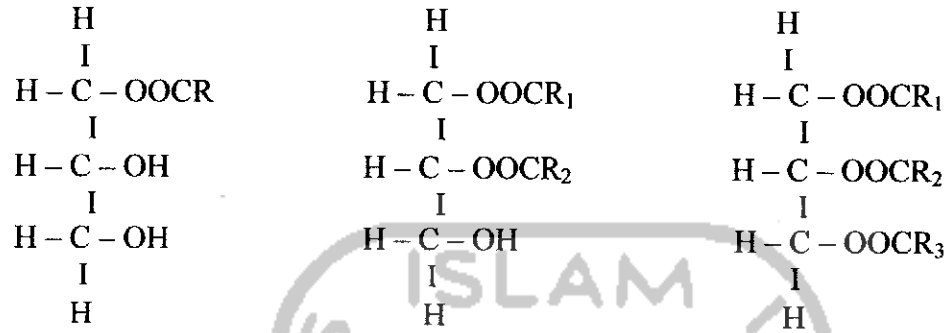
Tanaman jarak agar *(jatropha curcas)* berupa perdu dengan tinggi 1 – 7 m, bercabaang tidak teratur. Batangnya berkayu, silindris, dan bila terkupas batangnya mengeluarkan getah. Daun jarak pagar *(jatropha curcas)* adalah daun tunggal berlekuk dan bersudut 3 atau 5. Daunnya lebar dan berbentuk jantung atau bulat telur melebar dengan panjang 5 -15 cm. Helai daunnya bertoreh, berlekuk, dan ujungnya meruncing. Tulang daun menjari dengan jumlah 5 – 7 tulang daun utama. Panjang tangkai daun antara 4 – 15 cm.

Bunga tanaman jarak agar *(jatropha curcas)* mempunyai 5 mahkota bewarna keunguan, setia tandan terdapat lebih dari 15 bunga. Buah tanaman jarak agar *(jatropha curcas)* barupa buah kotak berbentuk bulat telur dengan diameter 2 – 4 cm. Panjang buah 2 cm dengan ketebalan 1 cm. Buah bewarna hijau ketika muda serta abu – abu kecoklatan atau kehitaman ketika masak

1.2.2. Minyak Nabati

Minyak nabati merupakan ester-ester asam lemak dan gliserol, dengan demikian disebut juga gliserida. Gliserol adalah suatu terhidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon. Tiap atom karbon memiliki gugus OH. Satu molekul gliserol dapat mengikat satu,dua atau tiga molekul asam lemak dalam

bentuk ester, tergantung jumlah OH yang digantikan dengan asam lemak. Kita kenal mono-,di-.dan trigliserida dengan rumus-rumus bangun sebagai berikut :



Monogliserida Digliserida Trigliserida

Pada di – dan trigliserida asam-asam lemaknya mungkin sama ($R = R_1 = R_2$). Atau juga mungkin berbeda ($R \neq R_1 \neq R_2$) (Kirk and Othmer,1951).

Pada umumnya asam lemak mempunyai jumlah atom karbon genap. Beberapa asam lemak yang umum terdapat sebagai ester dalam tumbuhan atau hewan.

Tabel 1.2 Beberapa Asam Lemak yang Umum.

Nama	Rumus	Titik Lebur (°C)
Asam Lemak Jenuh :		
• Asam Butirat	C_3H_7COOH	-7,9
• Asam Kaproat	$C_5H_{11}COOH$	14,1 – 15,3
	$C_{15}H_{31}COOH$	14,1 -15,3
• Asam Palmiat	$C_{17}H_{35}COOH$	3,7 - 9,8

• Asam Stearat		
Asam Lemak Tidak Jenuh :		
• Asam Oleat	$C_{17}H_{33}COOH$	34,3 – 45,8
• Asam Linoleat	$C_{17}H_{31}COOH$	29,0 – 44,2
• Asam Linolenat	$C_{17}H_{29}COOH$	Cair pada suhu sangat rendah

Sumber Gubitz, et al., 1999

Tabel 1.3 Sifat – sifat minyak biji jarak pagar

Sifat :	
Densitas pada suhu 15°C	0,9177 g/cm³
Viskositas pada suhu 30°C	49,15 mm²/s
Residu karbon	0,34 %(m/m)
Kadar abu sulfat	0,007 %(m/m)
Titik tuang	- 2,5°C
Titik nyala	236 °C
Kadar air	935 ppm
Kadar sulfur	<1 ppm
Bilangan Iod	96,5 g iod/100 g minyak
Bilangan asam	4,75 mg KOH/g

Pengunaan minyak nabati secara langsung sebagai bahan bakar disel menimbulkan berbagai masalah seperti penyumbatan penyaring bahan bakar,penyumbatan injector,pembentukan endapan karbom diruang pembakaran,perlengketan cincin,dan kontaminasi minyak pelumas. Karena itu digunakan beberpa modifikasi untuk mengubah sifat dari minyak nabati tersebut, terutama untuk menurunkan viskositasnya. Sifat minyak nabati itu dapat diubah menggunakan beberapa cara diantaranya : (Ma.Fangrui,Hanna,Milford A.,1999)

- Pirolisis

  Pada proses pirolisis minyak nabati mengalami dekomposisi termal dengan kehadiran udara/nitrogen (jika tidak diinginkan kehadiran oksigen). Dekomposisi termal minyak nabati ini menghasilkan berbagai jenis senyawa termasuk alkana, alkena, alkadiena, aromatil dan asam karboksilat. Komposisi hasil dekomposisi sangat bervariasi tergantung dari minyak nabati yang digunakan. Fraksi-fraksi cair dari minyak nabati yang terdekomposisi termal cukup mendekati karakter minyak disel. Minyak nabati terpirolisis mengandung jumlah sulfur, air dan endapan dalam jumlah yang dapat diterima, demikian juga dengan korosi tembaganya, namun terdapat juga abu dan residu karbon dalam jumlah yang tidak diterima. Penggunaan minyak nabati terpirolisis pada mesin dibatasi untuk pemakaian jangka pendek.

- Mikroemulsifikasi.

  Adalah disperse dari minyak, air, sulfation dan terkandung suatu molekul ampilik yang dinamakan konsurfaction. Hasil disperse ini adalah suatu

tetesan (droplet) yang isotropic, jernih dan stabil secara termodinamika. Suatu mikroemulsi dapat dibuat dari minyak nabati dengan suatu ester dan dispersan (kosolven), atau dari suatu minyak nabati,suatu alkohol dan suatu sulfaction,dengan atau tanpa minyak disel. Namun alkohol memiliki kalor penguapan yang tinggi dan karenanya dapat menurunkan suatu ruang pembakaran dan memudahkan terjadinya penyumbatan. Suatu mikroemulsi dan methanol denganminyak nabati memiliki kelakuan yang mirip dengan minyak disel

- Pengenceran.

Minyak nabati diencerkan dengan bahan tertentu,seperti minyak disel, suatu pelarut atau etanol. Penelitian yang telah memperlihatkan adanya efek yang tidak diinginkan pada pemakaian jangka panjang seperti penyumbatan injector, pengentalan pelumas dan penumpukan karbon pada katup pemanas.

- Transesterifikasi.

Pada transesterifikasi minyak nabati direaksikan dengan suatu alkohol sehingga terbentuk 3 molekul, metal-ester asam lemak,dan gliserol. Metil ester asam lemak ini selanjutnya disebut biodesel, sifat biodesel ini sangat mendekati minyak disel dan tidak menimbulkan dampak yang buruk pada pemakaian jangka panjang, sehingga sangat menjanjikan untuk digunakan sebagai pengganti atau pencampur minyak disel.

1.2.3. Variabel-Variabel Proses Produksi

Variabel-variabel proses yang mempengaruhi waktu reaksi dan konversi adalah :

- Kadar air dan asam lemak bebas

  Terdapatnya air dalam trigliserida menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi, yang dapat menurunkan tingkat efisiensi katalis. Jika kandungan asam lemak bebasnya tinggi maka akan dibutuhkan banyak basa (katalis, yaitu KOH)

- Perbandingan Alkohol dan Trigliserida

  Agar reaksi dapat bergeser ke arah produk, alkohol yang ditambah harus berlebih dari kebutuhan stokiometrinya. Penelitian menyatakan dalam penerapan praktis, perbandingan yang digunakan adalah antara 3,3 sampai 5,25 : 1,contoh lain menyatakan bahwa perbandingan yang digunakan adalah 4,8 : 1,dengan perolehan metil ester yang dihasilkan 97 – 98,5 %. Dalam industri biasanya digunakan perbandingan 6 : 1, dan diperoleh konversi lebih besar dari 98 %. Peningkatan alkohol terhadap trigliserida akan meningkatkan konversi, tetapi menyulitkan pemisahan gliserol (Ma, Fangrui,Hanna,Milford A.,1999)

- Katalis

  Penggunaan katalisator berguna untuk menurunkan tenaga aktifasi sehingga reaksi berjalan dengan mudah bila tenaga aktifasi kecil maka harga konstanta kecepatan reaksi bertambah besar. Ada

tiga golongan katalis yang dapat digunakan yaitu asam, basa dan enzim. Sebagian besar proses transesterifikasi komersial dijalankan dengan katalis basa,karena reaksinya berlangsung sangat cepat yaitu empat ribu kali lebih cepat dibanding dengan katalis asam.

- Temperatur Reaksi

  Transesterifikasi dapat dilakukan pada berbagai temperatur, tergantung dari jenis trigliserida yang digunakan. Jika temperatur semakin tinggi, laju reaksi akan semakin cepat. Konversi akhir trigliserida hanya sedikit dipengaruhi oleh temperatur reaksi. Temperatur reaksi yang telah digunakan dalam berbagai penelitian adalah antara 20 – 80 °C (Ma,Fangrui)

- Kemurnian Reaktan

  Pada kondisi reaktan yang sama, konversi untuk reaksi dengan bahan baku minyak nabati mentah berkisar antara 67 – 84 %. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan asam lemak bebas di minyak nabati mentah,namun masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan temperatur dan tekanan reaksi yang tinggi.

  (Srivastava, A.,2000)

- Kecepatan Pengadukan.

  Setiap reaksi dipengaruhi oleh tumbukan antar molekul yang larut dalam reaksi dengan memperbesar kecepatan pengadukan maka jumlah tumbukan antar molekul zat pereaksi akan semakin besar, sehingga kecepatan reaksi akan bertambah besar.

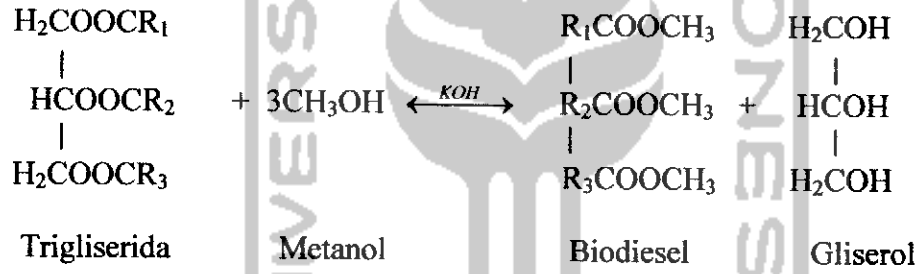
1.2.4. Landasan Teori

Biodiesel dapat berupa metil ester maupun etil ester, tergantung dari jenis alhkohol yang digunakan. Beberapa proses pembuatan biodiesel yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut :

1. Transesterifikasi / alkoholisis.

   Pada proses ini biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi dari minyak jarak dan methanol menggunakan katalisator logam, asam atau basa. Namun katalisator yang paling baik adalah KOH. Reaksi ini akan menghasilkan gliserol sebagai hasil samping. (Darnoko dan Cheryan, 2000)

   Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



   Produk yang dihasilkan selanjutnya dipisahkan menggunakan decanter. Biodiesel yang terbentuk kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa katalis, garam dan metanol. Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara batch atau kontinyu pada tekanan 1 atm dan suhu 50 – 70 °C (Darnoko, 2002).

2. Esterifikasi

   Pembuatan bidiesel dengan reaksi esterifikasi antara asam lemak dan metanol dapat dilakukan pada suhu 200 – 250 °C dibawah tekanan atmosferik. Untuk memperoleh yield yang tinggi, metanol harus berlebihan dan air yang dihasilkan selama reaksi harus dibuang secara kontinyu.

Proses ini dapat pula berlangsung secara batch dan kontinyu. Proses secara kontinyu dapat dilakukan dalam kolom reaksi counter-current menggunakan superheated metanol. Proses ini membutuhkan waktu reaksi yang lebih lama daripada proses transesterifikasi (Choo, 2000).

Reaksi esterifikasi asam lemak jauh lebih terbatasi kesetimbangan dan, sekalipun sudah dibantu katalis, berlangsung lebih lambat dari pada reaksi alkoholisis trigliserida. Kedua reaksi juga akan berlangsung makin lambat dengan makin besarnya molekul alkohol (metanol, etanol, propanol, dan seterusnya).

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$RCOOH + CH_3OH \xleftrightarrow{katalisatorasam} RCOOCH_3 + H_2O$$

Standar yang paling banyak dijadikan acuan untuk biodiesel adalah standar Jerman DIN V51606 tahun 1997. Spesifkasi dari standar DIN V51606 tahun 1997 tersebut dapat dilihat pada tabel 1.2.3 sebagai berikut:

Tabel 1.4 Standar biodiesel DIN V51606.

Standar / spesifikasi	DIN V51606
Aplikasi	*Fatty acid metil ester*
Densitas pada 15 °C , gr/cm^3	0,875-0,9
Viskositas pada 40 °C, mm^2/sekon	3,5-5
Titik nyala °C	>110
Kadar air, mg/kg	<300
Angka cetan	>49
Metanol, %massa	<0,3
Ester, %massa	-

Gliserida, %massa	<1,6
Gliserol, %massa	<0,25
Angka iodine	<115