

Pembuatan Biodiesel sebagai Bahan Bakar Alternatif: Transesterifikasi Minyak Kelapa dengan Metanol Menggunakan Katalis NaOH

Oleh :

Wega Trisunaryanti dan Chairil Anwar

I. PENDAHULUAN

Peningkatan volume konsumsi dan terbatasnya ketersediaan minyak diesel mendorong upaya pencarian sumber energi baru sebagai bahan bakar diesel alternatif. Minyak nabati merupakan bahan baku yang sangat potensial sebagai sumber energi. Pada umumnya, minyak nabati memiliki nilai pembakaran yang mirip dengan bahan bakar diesel, akan tetapi pemanfaatannya secara langsung dibatasi oleh viskositasnya yang terlalu tinggi.

Reaksi minyak nabati dengan alkohol fraksi ringan seperti metanol dapat memutus trigliserida dengan rantai karbon panjang dalam minyak nabati dan secara drastis menurunkan viskositasnya. Proses ini dikenal dengan transesterifikasi atau alkoholisis. Transesterifikasi merupakan reaksi pemindahan alkohol dari suatu ester oleh alkohol lain yang meliputi rangkaian tiga reaksi reversibel yang berurutan. Pertama adalah konversi trigliserida menjadi digliserida, diikuti dengan konversi digliserida menjadi monogliserida, dan terakhir monogliserida menjadi gliserin. Setiap tahap menghasilkan satu molekul ester, secara keseluruhan dapat direpresentasikan sebagai berikut:



Transesterifikasi dapat berlangsung dengan adanya katalis asam maupun basa (Allinger, 1976). Katalis basa merupakan katalis yang paling efektif dalam transesterifikasi. Dengan alasan ekonomis, natrium hidroksida (NaOH) merupakan pilihan terbaik. Wiratni (1995) dan Usman (1998) berhasil membuat biodiesel dari minyak jarak dengan menggunakan katalis basa dan menyatakan bahwa penggunaan katalis basa padat memberikan keuntungan dalam pemisahan hasil. Nainggolan (1990) menyatakan bahwa reaksi antara trigliserida dengan alkohol katalis basa, seperti natrium metoksida terjadi reaksi oksidasi reduksi.

Hasil transesterifikasi secara kuantitatif sangat ditentukan oleh variabel-variabel operasi meliputi jenis alkohol (Freedman *et al.*, 1984), jenis minyak nabati (Freedman *et al.*, 1984, Encinar *et al.* 2002), temperatur (Morrison, 1973; Yulianti, 2002), rasio molar pereaksi dan konsentrasi katalis (Encinar *et al.*, 2002; Freedman, 1984; Pasaribu, 2002; Tedjojuwono, 1992).

Alkil ester asam lemak yang sering disebut biodiesel, merupakan produk yang potensial untuk menggantikan bahan bakar diesel. Gliserin, sebagai hasil samping, juga mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Secara umum, biodiesel dapat diekstrak dari berbagai produk pertanian, misalnya minyak kelapa. Indonesia, sebagai negara tropis, merupakan negara yang sangat efektif dan potensial sebagai penghasil kelapa. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan tanaman perkebunan yang utama dan terluas di Indonesia (Anonim, 2003).

Teknologi pemanfaatan minyak kelapa sebagai bahan bakar alternatif yang bersifat ramah lingkungan, mudah secara teknis dan kompetitif secara ekonomis belum memasyarakat dan berkembang, sehingga diperlukan kajian yang lebih lanjut mengenai proses pembuatan biodiesel dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, baik pada skala laboratorium ataupun industri.

Pada penelitian ini akan dibuat biodiesel dengan kualitas tinggi melalui transesterifikasi minyak kelapa dengan metanol menggunakan katalis NaOH serta ditentukan karakter fisis dan komposisi kimiawinya, dikaji pengaruh temperatur dan konsentrasi katalis NaOH terhadap konversi (% b/b), karakter fisis serta komposisi kimiawi biodiesel yang dihasilkan. Terakhir, ditentukan kondisi reaksi optimum pembuatan biodiesel.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan penelitian: minyak kelapa (Lab. Kimia Fisika FMIPA UGM), metanol p.a (Merck),

natrium hidroksida p.a (Merck), natrium sulfat anhidrous p.a (Merck), gliserin (Merck).

Alat-alat penelitian: seperangkat alat gelas laboratorium (Lab. Kimia Fisika FMIPA UGM); seperangkat alat refluks (Lab. Kimia Fisika FMIPA UGM); seperangkat alat ekstraksi (Lab. Kimia Fisika FMIPA UGM); seperangkat alat distilasi (Lab. Kimia Fisika FMIPA UGM); kromatografi gas (GC) merk Hewlett Packard 5890 series II (Lab. Kimia Organik FMIPA UGM); kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) merk Shimadzu QP 5000 (Lab. Kimia Organik FMIPA UGM); metode tes ASTM D 1298, D 445, D 189, D 93, D 95, D 97, D 130, D 473, D 482 dan D 1500 (Lab. Teknologi Minyak Bumi FT UGM).

Transesterifikasi minyak kelapa dengan metanol menggunakan katalis NaOH. Metanol (BM = 32,042 g mol⁻¹; 6 mol) dimasukkan ke dalam labu leher tiga berukuran 500 mL, ditambahkan NaOH 0,25% dari berat total metanol dan minyak kelapa sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Setelah terlarut sempurna, dimasukkan minyak kelapa (BM = 1334,8 g mol⁻¹; 1 mol) sedikit demi sedikit sambil diaduk, kemudian direfluks pada 27°C selama 120 menit. Setelah didinginkan, ditambahkan gliserin hingga terbentuk lapisan atas berupa campuran metil ester dan lapisan bawah berupa gliserin. Lapisan atas kemudian dimurnikan dengan distilasi pada 80 °C dilanjutkan dengan ekstraksi secara berturut-turut dengan akuades.

Terakhir, ditambahkan Na₂SO₄ anhidrous dan diikuti dengan filtrasi. Prosedur di atas diulangi untuk konsentrasi katalis NaOH 0,5%; 0,75%; 0,85% dan 1%. Keseluruhan prosedur di atas diulangi pada 75 °C.

Massa dan volume biodiesel diukur, kemudian ditentukan karakter fisisnya berdasarkan metode tes ASTM dan dianalisis menggunakan kromatografi gas. Konversi biodiesel (% b/b) ditentukan dengan mengurangi massa biodiesel (m_b) dengan massa minyak kelapa yang tidak bereaksi (m_s) kemudian dibandingkan dengan massa minyak kelapa mula-mula (m_m) seperti pada persamaan berikut:

$$konversi = \frac{m_b - m_s}{m_m} \times 100\%$$

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, variabel-variabel operasi yang dibuat tetap pada setiap percobaan adalah jenis alkohol (metanol), jenis minyak (minyak kelapa), rasio molar metanol/minyak kelapa (6:1) dan waktu reaksi (2 jam). Variabel-variabel yang dipelajari: temperatur (27 dan 75°C) dan konsentrasi katalis (0,25%; 0,50%; 0,75%; 0,85% dan 1,0% dari berat total metanol dan minyak kelapa).

Analisis Bahan Baku

Sampel minyak kelapa yang digunakan merupakan minyak kelapa hasil proses pemanasan. Densitas

Tabel 1
 Perbandingan karakter fisis dari minyak kelapa, minyak solar dan minyak diesel

Parameter	Minyak kelapa	Nilai maksimum	
		Minyak solar ⁺)	Minyak diesel ⁺⁺⁾
Kerapatan spesifik 60/60 °F	0,920	0,870	0,920
Viskositas kinematis pada 100 °F, cSt	29,292	5,800	7,000
Viskositas Redwood pada 100 °F, cSt ^{*)}	118,633	23,490	28,350
Nilai pembakaran kotor, BTU/lb ^{**)}	18,842	19,031	18,842
Nilai pembakaran bersih, BTU/lb ^{**)}	17,735	17,856	17,735

Keterangan:

+) spesifikasi minyak solar, Keputusan Dirjen Migas No. 113 K/72/DJM/1999.

++) spesifikasi minyak diesel, Keputusan Dirjen Migas No. 002/P/DM/MIGAS/1979.

*) dikonversikan dari viskositas kinematis

**) dikonversikan dari kerapatan spesifik pada 60/60 °F

minyak kelapa dan metanol ditentukan dengan piknometer, diperoleh masing-masing sebesar 0,918 g mL⁻¹ dan 0,792 g mL⁻¹.

Harga kerapatan spesifik 60/60 °F (SG) minyak kelapa terukur sebesar 0,920; apabila dikonversi menjadi nilai pembakaran diperoleh nilai pembakaran kotor (GHV) dan nilai pembakaran bersih (NHV) seperti pada Tabel 1. Minyak kelapa memiliki nilai pembakaran yang sama dengan minyak diesel, tetapi lebih rendah dibandingkan minyak solar. Hal ini menunjukkan bahwa minyak kelapa sangat potensial menggantikan minyak diesel. Sebaliknya, viskositas minyak kelapa tampak sangat tinggi, sekitar empat hingga enam kali lebih besar dibandingkan viskositas standar minyak solar maupun minyak diesel.

Penggunaan secara langsung minyak kelapa sebagai bahan bakar diesel akan menyebabkan aliran bahan bakar menjadi lambat dan sulit teratomisasi sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna, selanjutnya menghasilkan asap yang kotor serta terbentuk deposit dalam ruang bakar maupun piston. Syarat mutlak agar minyak kelapa dapat digunakan sebagai bahan bakar adalah viskositasnya harus diturunkan, salah satu cara yang efektif dan efisien yaitu melalui transesterifikasi minyak kelapa dengan metanol menggunakan katalis NaOH.

Pengaruh Temperatur

Secara normal, transesterifikasi basa minyak nabati dilakukan pada temperatur mendekati pada titik didih alkoholnya. Meskipun demikian, reaksi juga mungkin dikerjakan pada temperatur kamar. Pada penelitian ini dipelajari transesterifikasi minyak kelapa dengan

metanol menggunakan katalis NaOH pada 27°C dan 75°C.

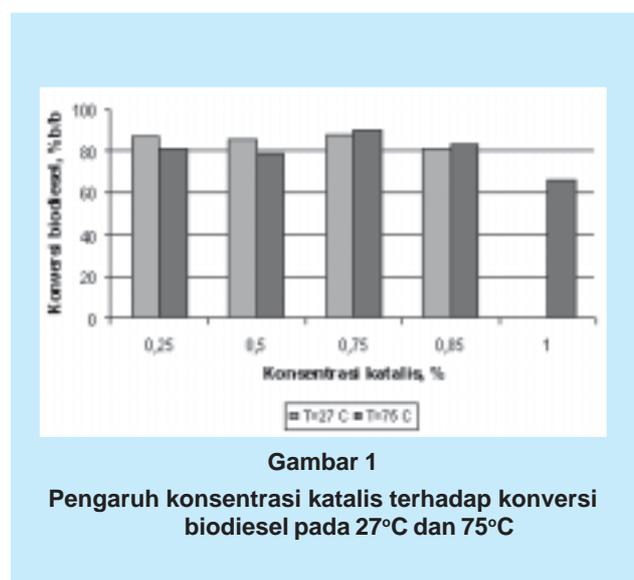
Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan temperatur tidak diikuti oleh kecenderungan bertambahnya konversi biodiesel. Secara lengkap, pengaruh temperatur terhadap konversi biodiesel disajikan pada Gambar 1.

Temperatur dengan konversi biodiesel tertinggi (90,26% b/b) ditunjukkan pada 75°C, konsentrasi katalis yang sama (0,75%) pada 27°C konversi biodiesel hanya 87,73%. Kenaikan temperatur, 27°C menjadi 75°C, tidak meningkatkan konversi biodiesel secara signifikan. Pada interval waktu reaksi yang sama (dua jam) tidak terjadi peningkatan reaktivitas yang berarti, konversi biodiesel yang sama juga dapat dicapai pada 27°C dengan menambah waktu reaksi.

Kecenderungan penurunan konversi biodiesel sebanding dengan kenaikan temperatur yang terjadi pada konsentrasi katalis 0,75% dan 0,85% dikarenakan adanya metanol yang teruapkan sebelum bereaksi dengan minyak kelapa sehingga reaksi terjadi kurang sempurna. Akan tetapi konversi biodiesel yang tinggi masih diperoleh karena rasio molar metanol/minyak kelapa yang dibuat berlebih (6:1). Adanya pemanasan (75°C) dapat mengurangi terjadinya emulsi dan pembentukan gel yang akan menaikkan viskositas. Konversi biodiesel pada konsentrasi katalis 1,00% (65,62% b/b) dapat diperoleh walaupun dengan konversi biodiesel yang rendah dengan adanya pemanasan.

Pengaruh temperatur terhadap beberapa karakter fisis biodiesel pada 27°C dan 75°C dapat dilihat pada Tabel 2. Kenaikan temperatur tidak seiring dengan peningkatan SG, nilai SG pada 27°C cenderung lebih tinggi dibandingkan pada 75°C. Nilai SG akan lebih bermakna jika telah dikonversi menjadi nilai pembakaran. Kenaikan temperatur tidak diikuti oleh peningkatan GHV, demikian pula dengan NHV. Nilai pembakaran yang lebih tinggi dicapai pada 27°C, peningkatan temperatur menjadi 75°C tidak meningkatkan nilai pembakaran biodiesel secara signifikan. Hal ini dikarenakan pada setiap percobaan digunakan pereaksi dan katalis yang sama, sehingga menghasilkan biodiesel dengan karakter yang mirip dan tingkat konversi yang tidak terlalu berbeda.

Kenaikan temperatur diikuti oleh kenaikan viskositas. Pada 75°C, biodiesel yang diperoleh memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan pada 27°C. Kenaikan viskositas merupakan hal yang harus dihindari dalam parameter bahan bakar diesel. Pada



Gambar 1

Pengaruh konsentrasi katalis terhadap konversi biodiesel pada 27°C dan 75°C

Tabel 2
Pengaruh temperatur terhadap karakter fisis biodiesel pada 27°C dan 75°C

Parameter	NaOH 0,25% ^{*)}		NaOH 0,50% ^{*)}		NaOH 0,75% ^{*)}		NaOH 0,85% ^{*)}		NaOH 1,0% ^{*)}
	27°C	7 °C	27°C	75°C	27°C	75°C	27°C	75°C	75°C
Kerapatan spesifik pada 60/60°F	0,893	0,906	0,884	0,893	0,882	0,899	0,895	0,891	0,897
Viskositas kinematis pada 100°F, cSt	5,889	12,197	4,026	6,270	3,890	7,193	4,612	5,617	4,665
Nilai pembakaran kotor, BTU/lb ^{**)}	18,944	18,895	18,978	18,946	18,986	18,924	18,937	18,952	18,931
Nilai pembakaran bersih, BTU/lb ^{**)}	17,801	17,769	17,822	17,802	17,828	17,787	17,796	17,856	17,792
Viskositas Redwood pada 100°F, cSt ^{***)}	23,850	49,398	16,305	25,394	15,755	29,132	18,671	22,749	18,897

Keterangan:

*) konsentrasi NaOH merupakan % berat NaOH terhadap berat total metanol dan minyak kelapa

***) dikonversikan dari kerapatan spesifik pada 60/60°F

***) dikonversikan dari viskositas kinematis

75°C, dengan adanya pemanasan, kenaikan viskositas akibat terbentuknya emulsi (*gel*) ketika katalis yang digunakan berlebih dapat dicegah, sehingga diperoleh biodiesel pada 75°C dengan konsentrasi NaOH 1%.

Berdasarkan konversi biodiesel yang dihasilkan, terlihat bahwa pada 75°C memberikan konversi biodiesel tertinggi (90,26%), akan tetapi karakter fisis biodiesel yang dihasilkan pada 27°C lebih baik. Berdasarkan dua pertimbangan yang bertolak belakang tersebut, direkomendasikan bahwa temperatur yang terbaik dalam pembuatan biodiesel adalah pada 27 °C. Selain itu, ditinjau dari aspek ekonomi, energi dan industri maka akan terjadi penghematan energi karena tidak perlu ada pemanasan. Dengan demikian akan menekan biaya produksi, dan akhirnya akan lebih menguntungkan.

Pengaruh Konsentrasi Katalis

Pada 27°C, suatu katalis NaOH dengan interval konsentrasi katalis 0,25 - 0,85% dari berat total minyak kelapa dan metanol menghasilkan 81,43 - 87,73% konversi biodiesel, seperti yang teramati pada Gambar 1. Konversi biodiesel tertinggi dicapai untuk konsentrasi katalis 0,75% (87,73%). Pada konsentrasi katalis yang lebih tinggi, konversi biodiesel cenderung menurun.

Sejumlah katalis NaOH berlebih memberikan kecenderungan pada pembentukan emulsi sehingga

meningkatkan viskositas dan menimbulkan terbentuknya gel sebelum waktu reaksi yang diinginkan tercapai. Hal ini menyulitkan dalam pemisahan gliserin, sebagai konsekuensinya harus dilakukan pemanasan/peleburan campuran metil ester, dan secara nyata konversi metil ester yang dihasilkan akan berkurang.

Kenaikan konsentrasi katalis (0,25 – 0,75%) seiring dengan pengurangan viskositas biodiesel baik viskositas kinematis maupun viskositas Redwood, pengurangan SG dan peningkatan nilai pembakaran. Sebaliknya, pada konsentrasi katalis lebih tinggi terjadi kenaikan viskositas serta penurunan nilai pembakaran dan SG. Fakta ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah dan konsentrasi katalis meningkatkan kecenderungan pembentukan emulsi sehingga viskositas dan SG akan semakin bertambah. Kenaikan SG mengakibatkan penurunan nilai pembakaran.

Nilai terendah untuk viskositas adalah pada konsentrasi katalis 0,75% (3,890 dan 15,755 cSt). Nilai terbaik untuk SG dan nilai pembakaran juga ditunjukkan pada konsentrasi katalis 0,75%. Nilai GHV dan NHV terbesar dicapai pada konsentrasi NaOH sebesar 0,75%, dengan nilai pembakaran 18,986 BTU/lb untuk GHV, dan 17,828 BTU/lb untuk NHV.

Pada 75°C, konsentrasi katalis dengan konversi biodiesel tertinggi (90,26% b/b) dicapai pada

konsentrasi NaOH 0,75% dari berat total metanol dan minyak kelapa. Semakin bertambah konsentrasi katalis maka konversi biodiesel cenderung bertambah, namun pada batas penambahan konsentrasi katalis tertentu akan terjadi penurunan konversi biodiesel.

Penurunan nilai SG terjadi seiring dengan kenaikan konsentrasi katalis, SG terbesar dicapai pada konsentrasi NaOH 0,25% (0,906) dan nilai terkecil pada konsentrasi NaOH 0,85% (0,891). Secara tidak langsung, kenaikan konsentrasi katalis berdampak pada kenaikan GHV maupun NHV. Nilai pembakaran biodiesel tertinggi (18,952 BTU/lb dan 17,856 BTU/lb) dicapai pada konsentrasi NaOH 0,85%. Kecenderungan penurunan viskositas kinematis maupun viskositas Redwood, juga terlihat seiring dengan kenaikan konsentrasi NaOH. Viskositas terendah (4,666 cSt dan 18,897 cSt) dicapai pada konsentrasi NaOH 1,00%

Secara umum, hasil percobaan transesterifikasi minyak kelapa dengan metanol menggunakan katalis NaOH pada 75°C dan 27°C mengindikasikan dua fakta yang mirip, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi katalis optimum dalam pembuatan biodiesel adalah 0,75% dari berat total metanol dan minyak kelapa.

Analisis Biodiesel dengan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS) dan Kromatografi Gas (GC). Biodiesel yang telah dimurnikan dianalisis dengan kromatografi gas (GC), untuk biodiesel pada kondisi optimum dilengkapi dengan analisis kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS).

Delapan puncak dengan waktu retensi yang berbeda terlihat pada kromatogram GC-MS, puncak-puncak tersebut menunjukkan adanya delapan metil ester yang terbentuk dari transesterifikasi minyak kelapa

dengan metanol pada 27°C dan konsentrasi NaOH 0,75%.. Kedelapan senyawa metil ester yaitu metil kaprilat, metil kaprat, metil laurat, metil miristat, metil palmitat, metil linoleat, metil oleat dan metil stearat.

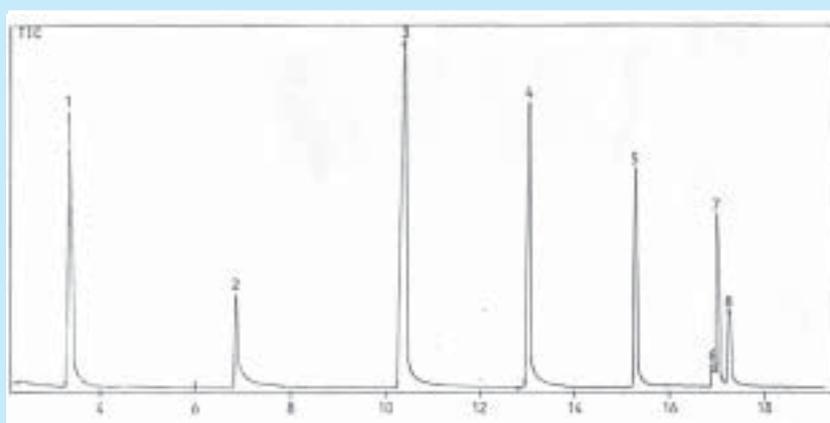
Secara lengkap hasil interpretasi kromatogram GC-MS berdasarkan spektra massa metil ester yang terbentuk disajikan pada Tabel 3.

Biodiesel yang sama dianalisis juga dengan GC Hewlett Packard 5890 series II, diperoleh kromatogram seperti pada Gambar 3.

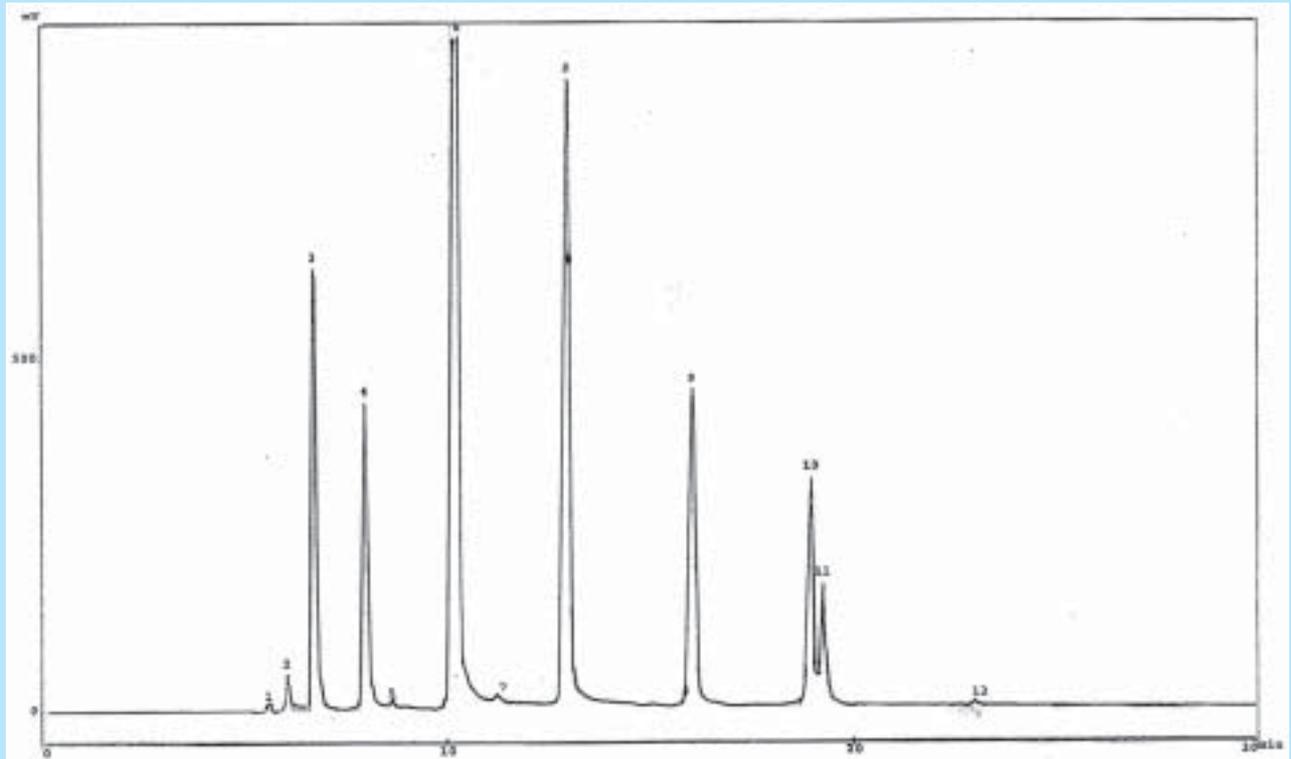
Korelasi antara hasil analisis GC-MS Shimadzu QP 5000 dan GC Hewlett Packard 5890 series II secara lengkap disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3
Hasil interpretasi kromatogram dan spektra massa GC-MS

Puncak	Waktu, menit	Konsentrasi relatif, %	Senyawa	BM
1	3,333	11,70	metil kaprilat	158
2	6,857	4,86	metil kaprat	186
3	10,458	43,72	metil laurat	214
4	13,067	18,00	metil miristat	242
5	15,292	9,89	metil palmitat	270
6	16,917	0,70	metil linoleat	294
7	16,992	7,79	metil oleat	296
8	17,258	3,34	metil stearat	298



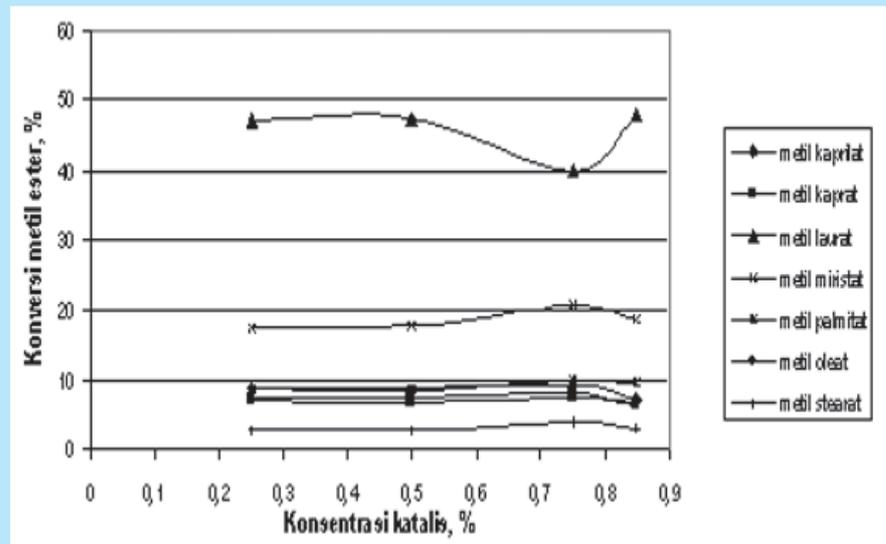
Gambar 2
Kromatogram GC-MS biodiesel (T = 27°C, [NaOH] = 0,75%)



Gambar 3
 Kromatogram GC biodiesel (T = 27°C, [NaOH] = 0,75%)

Berdasarkan korelasi puncak kromatogram GC dan kromatogram GC-MS dapat diperoleh komposisi kimiawi biodiesel pada berbagai variasi konsentrasi katalis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 masing-masing pada 27°C dan 75°C. Kenaikan konsentrasi katalis menyebabkan metil ester yang terbentuk cenderung meningkat, baik pada 27°C maupun 75°C.

Konsentrasi relatif metil ester yang terbentuk pada berbagai variasi temperatur cenderung mirip. Urutan metil ester penyusun biodiesel dari konsentrasi relatif terbesar hingga konsentrasi relatif terkecil, adalah sebagai berikut:



Gambar 4
 Pengaruh konsentrasi katalis terhadap konversi metil ester dari biodiesel pada 27°C

Tabel 4
 Korelasi puncak kromatogram GC dan kromatogram GC-MS

Kromatogram GC			Kromatogram GC-MS			Senyawa
Puncak	Waktu retensi, menit	Persentase, %	Puncak	Waktu retensi, menit	Persentase, %	
1	5,626	0,06	-	-	-	-
2	6,080	0,63	-	-	-	-
3	6,723	9,44	1	3,333	11,70	metil kaprilat
4	7,984	7,43	2	6,857	4,86	metil kaprat
5	8,638	0,05	-	-	-	-
6	10,207	39,88	3	10,458	43,72	metil laurat
7	11,364	0,02	-	-	-	-
8	12,929	20,64	4	13,067	18,00	metil miristat
9	15,981	10,00	5	15,292	9,89	metil palmitat
-	-	-	6	16,917	0,70	metil linoleat
10	18,923	7,98	7	16,992	7,79	metil oleat
11	19,213	3,80	8	17,258	3,34	metil stearat
12	23,088	0,05	-	-	-	-

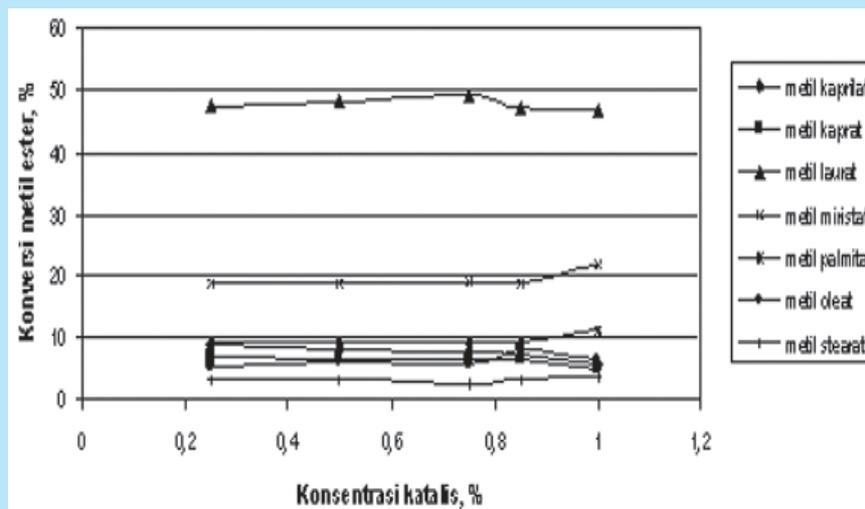
metil laurat, metil miristat, metil palmitat, metil kaprilat, metil kaprat, metil oleat dan metil stearat.

Analisis Laju Konversi Biodiesel

Berdasarkan perbandingan massa minyak kelapa yang digunakan dan massa biodiesel yang dihasilkan, maka dapat diperoleh konversi total (x) dan ditentukan harga konstanta laju konversi (k) untuk setiap variasi konsentrasi katalis pada 27 °C dan 75 °C berdasarkan persamaan:

$$k = \frac{-\ln(1-x)}{t}$$

Pengaruh temperatur dan konsentrasi katalis terhadap

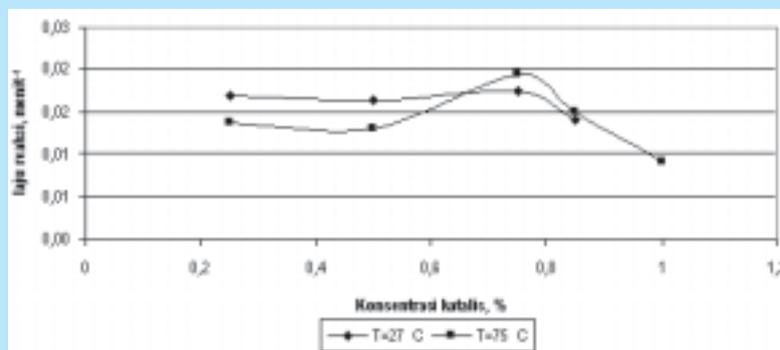


Gambar 5
 Pengaruh konsentrasi katalis terhadap konversi metil ester dari biodiesel pada 75°C

Tabel 5
 Karakter fisis dan komposisi kimiawi biodiesel
 (T = 27°C, [NaOH] = 0,75%)

Parameter	Nilai terukur
Karakter fisis	
Kerapatan spesifik 60/60 °F	0,882
Viskositas kinematik pada 100 °F, cSt	3,890
Viskositas Redwood pada 100 °F, cSt [*])	15,746
Titik kabut, °F	30
Titik tuang, °F	40
Sisa karbon Conradson, % berat	0,174
Warna ASTM	0
Titik nyala, °F	240
Korosi lempeng tembaga (3 jam/100 °C)	1b
Kadar air, % volume	0,25
Kadar abu, % berat	0,013
Nilai pembakaran kotor, BTU/lb ^{**})	18,986
Nilai pembakaran bersih, BTU/lb ^{**})	17,828
Komposisi kimiawi (dalam persentase)	
Metil kaprilat	11,70
Metil kaprat	4,86
Metil laurat	43,72
Metil miristat	18,00
Metil palmitat	9,89
Metil oleat	7,79
Metil stearat	3,34

Keterangan: *) dikonversikan dari viskositas kinematis
 **) dikonversikan dari kerapatan spesifik pada 60/60 °F



Gambar 6
 Pengaruh konsentrasi katalis terhadap konstanta laju konversi biodiesel pada 27°C dan 75°C

konstanta laju konversi biodiesel dapat dilihat pada Gambar 6. Konstanta laju konversi biodiesel pada 27°C dan 75°C terlihat tidak berbeda jauh pada berbagai variasi konsentrasi NaOH. Fakta ini merupakan konsekuensi logis dari konversi biodiesel selama waktu reaksi 2 (dua) jam yang tidak jauh berbeda pada berbagai variasi konsentrasi katalis dan temperatur.

Analisis Hasil Akhir
 Berdasarkan konversi, karakter fisis dan komposisi kimiawi biodiesel yang diperoleh pada penelitian ini serta pertimbangan aspek energi dan ekonomi, maka kondisi optimum pembuatan biodiesel dicapai pada 27°C dan konsentrasi NaOH 0,75% dari berat total minyak kelapa dan metanol. Karakter fisis dan komposisi kimiawi biodiesel pada kondisi optimum disajikan pada Tabel 5.

Perbandingan karakter fisis biodiesel pada kondisi optimum dengan karakter fisis minyak kelapa serta spesifikasi bahan bakar diesel di Indonesia disajikan pada Tabel 6.

Perubahan yang sangat drastis dari viskositas kinematis minyak kelapa (22,292 cSt) yang semula jauh di atas batasan viskositas kinematis minyak diesel (4,5 - 7 cSt), setelah ditransesterifikasi diperoleh viskositas kinematis biodiesel (3,890 cSt) di bawah persyaratan spesifikasi minyak diesel akan tetapi masih memenuhi spesifikasi minyak solar (1,6 - 5,8 cSt). Titik tuang minyak kelapa (70°F) yang semula berada di atas spesifikasi minyak diesel ($\leq 65^\circ\text{F}$) menjadi titik tuang biodiesel (30°F) yang memenuhi spesifikasi minyak diesel maupun minyak solar. Penurunan nilai SG minyak kelapa (0,920) menjadi SG biodiesel (0,882) setelah minyak

Tabel 6
Perbandingan karakter fisis minyak kelapa dan biodiesel dengan spesifikasi bahan bakar diesel

Karakter fisis	Minyak kelapa	Biodiesel	Minyak solar ⁺⁾		Minyak diesel ⁺⁺⁾	
			Min	Maks	Min	Maks
Kerapatan spesifik 60/60 °F	0,920	0,882	0,815	0,870	0,840	0,920
Viskositas kinematis pada 100 °F, cSt	22,292	3,890	1,6	5,8	4,5	7
Viskositas Redwood pada 100 °F, cSt ^{*)}	118,633	15,746	6,480	23,490	18,225	28,350
Titik tuang, °F	70	30		65		65
Sisa karbon Conradson, % berat	0,318	0,174		0,1		1
Warna ASTM	0	0		3,0		3,0
Titik nyala, °F	486	240	150		150	
Korosi lempeng tembaga (3 jam/100 °C)	1a	1b		1		1
Kadar air, % volume	trace	0,25		0,05		0,25
Kadar abu, % berat	0,014	0,013		0,01		0,02
Nilai pembakaran kotor, BTU/lb ^{**)}	18,941	18,986	19,031	19,220	18,841	19,145
Nilai pembakaran bersih, BTU/lb ^{**)}	17,798	17,827	17,856	17,977	17,735	17,929

Keterangan : +) spesifikasi minyak solar, Keputusan Dirjen Migas No. 113 K/72/DJM/1999.
 ++) spesifikasi minyak diesel, Keputusan Dirjen Migas No. 002/P/DMM/MIGAS/1979.
 *) dikonversikan dari viskositas kinematis
 **) dikonversikan dari kerapatan spesifik pada 60/60 °F

kelapa ditransesterifikasi, kedua nilai SG tersebut yang memenuhi spesifikasi minyak diesel tetapi terlalu tinggi untuk minyak solar. Peningkatan kadar air minyak kelapa (*trace*) menjadi kadar air biodiesel (0,25% volume) juga terlihat pada Tabel 6.

Walaupun biodiesel yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi minyak solar, namun dibandingkan minyak diesel kelebihan-kelebihan biodiesel antara lain: sisa karbon biodiesel lebih sedikit sehingga akan mengurangi deposit karbon pada piston dan silinder, dan mengurangi polusi udara; titik tuang biodiesel lebih rendah sehingga biodiesel tidak mudah membeku dan dapat digunakan pada temperatur rendah; titik nyala biodiesel lebih tinggi sehingga tidak menimbulkan resiko penyalaan pada penanganan, penyimpanan dan pengangkutan; dan kadar abu biodiesel lebih rendah sehingga akan mengurangi terjadinya deposit pada mesin. Keistimewaan lain dari biodiesel hasil penelitian ini adalah warnanya yang jernih.

IV. KESIMPULAN

Dari uraian yang terdapat dalam hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Biodiesel yang dibuat melalui transesterifikasi minyak kelapa dengan metanol menggunakan katalis NaOH, relatif memiliki keunggulan karakter fisis yakni sisa karbon, kadar abu, titik tuang dan titik nyala dibandingkan dengan minyak diesel standar.
2. Peningkatan konsentrasi katalis (0,25%; 0,50%; 0,75%; 0,85% dan 1,0% dari berat total metanol dan minyak kelapa) akan cenderung meningkatkan konversi biodiesel, menurunkan kerapatan spesifik 60/60 °F, menurunkan viskositas kinematis, menurunkan viskositas Redwood, meningkatkan nilai pembakaran kotor dan meningkatkan nilai pembakaran bersih. Kondisi optimum dicapai pada

konsentrasi katalis 0,75% dari berat total minyak kelapa dan metanol.

3. Peningkatan temperatur (27°C dan 75°C) berpengaruh pada tingkat konversi dan karakter fisis biodiesel. Peningkatan temperatur cenderung diikuti dengan kenaikan konversi biodiesel, kenaikan kerapatan spesifik 60/60°F, kenaikan viskositas kinematis, kenaikan viskositas Redwood, penurunan nilai pembakaran kotor dan penurunan nilai pembakaran bersih.
4. Metil laurat (43,72%), metil miristat (18,00%), metil kaprilat (11,70%), metil palmitat (9,89%), metil oleat (7,79%), metil kaprat (4,86%) dan metil stearat (3,34%) merupakan ketujuh metil ester utama penyusun komposisi kimiawi biodiesel.
5. Kondisi optimum pembuatan biodiesel dicapai pada 27 °C dan konsentrasi NaOH 0,75% dari berat total minyak kelapa dan metanol yang menghasilkan konversi biodiesel 87,73%.
6. Hasil biodiesel yang diperoleh memenuhi spesifikasi minyak diesel tetapi tidak memenuhi minyak solar. Oleh karena itu hanya dapat diuji penggunaannya pada mesin diesel berputaran rendah, tetapi tidak pada mesin diesel otomotif.

KEPUSTAKAAN

1. Allinger, N. L., 1976, *Organic Chemistry*, 2nd edition, Worth Publisher Inc., New York, hal 56–57, 512–518.
2. Anonim, 2003, *Arang Tempurung Kelapa*, <http://www.kompas.com>, diakses tanggal 6 Juli 2004.
3. Encinar, J. M., Gonzales J. F., Rodriguez J. J., and Tejedor A., 2002, Biodiesel Fuels from Vegetable Oils: Transesterification of *Cynara cardunlus L.* Oils with Ethanol, *Energy & Fuels. J. A. C. S.* , 16, 443-450.
4. Freedman, B., Pryde, E. H., and Mounts, T. L., 1984, Variable Affecting the Yields of Fatty Esther from Transesterified Vegetables Oils, *JAACS*, 61, 1636-1642.
5. Pasaribu, R., 2002, *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Variasi Perbandingan Pereaksi dan Waktu*, Laporan Penelitian, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
6. Puppung, P. L., 1985, Beberapa Minyak Nabati yang Memiliki Potensial sebagai Bahan Bakar Alternatif untuk Mesin Diesel, *Lembaran Publikasi Lemigas*, 4, 34-35.
7. Tedjojuwono, N. P., 1992, *Metanolisis Minyak Kelapa Sawit untuk Mendapatkan Gliserol, Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
8. Usman, J., 1998, *Penelitian Metanolisis Minyak Jarak dengan Katalisator Basa*, Laporan Penelitian, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
9. Wiratni, 1995, *Penelitian Hidrolisis Etanolisis Minyak Jarak dengan Katalis*, Laporan Penelitian, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
10. Yulianti, N., 2002, *Pembuatan Biodiesel-Oil dari Minyak Kelapa*, Laporan Penelitian, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. •