

Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis CaCO_3 yang dipijarkan

Padil^{1*)}, Slamet Wahyuningsih¹⁾, dan Amir Awaluddin²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. Raya Soebrantas Km 12,5, Pekanbaru 28293

Diterima 23-04-2009

Disetujui 20-07-2010

ABSTRACT

Biodiesel is one of alternative fuels. Biodiesel can be made from coconut oil and is referred to as cocodiesel. This research studies the optimum condition of cocodiesel production by methanolysis reaction between coconut oil and methanol using heterogen catalyst of calcium carbonate (CaCO_3) is calcined for 1.5 hours at 900°C. In order to get optimum condition, several experimental parameters are applied such as catalyst concentration 1-3 %-wt and molar ratio of methanol/coconut oil 4:1-12:1. The optimum condition obtained from this experimental as follow: catalyst concentration was 2%, molar ratio of methanol/coconut oil was 8:1 at 60°C, produced the highest conversion of cocodiesel 75.02%. The cocodiesel meet the requirement of Standar Nasional Indonesia (SNI) specifications. Based on data analysis, the product has a qualification as diesel fuel. SNI Biodiesel is density (40°C) 850-890 Kg/m^3 , kinematic viscosity (40°C) 2,3-6,0 mm^2/s , cetane number min 51, iod number max 115 gr iod/100 gram, moisture content max 0,05 % volum, acid number max 0,8 mg KOH/g, flash point min 100°C.

Keywords: biodiesel, coconut oil, heterogen catalyst, methanolysis

PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak (BBM) hingga saat ini masih merupakan sumber energi utama di Indonesia. Berdasarkan data dari Sekretariat Panitia Teknis Sumber Energi, (2006), distribusi penggunaan sumber energi nasional untuk Bahan Bakar Minyak (BBM) sebesar 60%, gas 16%, batubara 12%, listrik 10% dan LPG 1% dari total 606,13 juta SBM (setara bahan bakar minyak). BBM yang dipakai pada saat ini berasal dari fosil yang merupakan sumber daya alam tak terbarukan, sehingga pada suatu saat akan semakin menipis dan sampai akhirnya akan habis. Minyak solar merupakan jenis BBM yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia (Prihandana *et al.*, 2006). Oleh sebab itu jika ingin menekan jumlah penggunaan BBM yang berasal dari fosil, maka caranya adalah mengurangi penggunaan solar dengan beralih ke biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari bahan mentah terbarukan (*renewable*). Salah satu bahan mentah biodiesel yang berpotensi besar di Indonesia adalah minyak kelapa. Perkebunan kelapa di Indonesia merupakan yang terluas di dunia, yaitu sekitar 31,2% dari total luas areal kelapa dunia.

Berdasarkan data dari Dinas Perkebunan Propinsi Riau (2007), Kabupaten yang terluas areal perkebunan kelapanya di Riau adalah Indragiri Hilir yaitu 377.263 ha dengan jumlah produksi sebesar 402.950 ton atau 68,24% dari jumlah total keseluruhan produksi kelapa di Propinsi Riau tahun 2005.

Agribisnis kelapa di Indragiri Hilir pada saat ini belum banyak terkait dengan industri hilir. Akibatnya tidak berhasil mendistribusikan nilai tambah kelapa secara optimal, sehingga tidak signifikan pengaruhnya terhadap penambahan pendapatan petani kelapa (Damanik, 2004).

Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas yang berdampak terhadap peningkatan pendapatan petani kelapa adalah pengembangan biodiesel dari minyak kelapa. Biodiesel dari minyak kelapa disebut dengan cocodiesel (Balai Besar Kimia & Kemasan, 2006). Cocodiesel merupakan salah satu jenis industri hilir yang memiliki potensi cukup besar untuk dikembangkan di daerah penghasil kelapa, khususnya Indragiri Hilir (Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2008). Selain untuk meningkatkan pendapatan petani kelapa, pengembangan cocodiesel

*Telp: +628157978419

Email: fadilpps@yahoo.com

juga sangat berguna untuk mengatasi cadangan minyak fosil yang semakin menipis serta dapat menurunkan harga eceran BBM di daerah terpencil (Allorerung, 2006).

Biodiesel dapat dihasilkan melalui reaksi antara minyak kelapa dengan alkohol menggunakan katalis heterogen. Pada penelitian ini jenis alkohol yang digunakan adalah metanol karena merupakan turunan alkohol yang memiliki berat molekul paling rendah sehingga kebutuhannya untuk proses alkoholisis relatif sedikit, lebih murah dan lebih stabil. Selain itu, daya reaksinya lebih tinggi jika dibandingkan dengan etanol (Prihandana et al., 2006). Sehingga reaksi untuk menghasilkan biodiesel disebut dengan reaksi metanolisis.

Katalis yang sering digunakan dalam produksi biodiesel adalah katalis homogen (KOH, NaOH). Namun, penggunaan katalis tersebut memiliki kelemahan, yaitu pemisahan katalis dari produknya cukup rumit. Sisa katalis homogen tersebut dapat mengganggu pengolahan lanjut biodiesel yang dihasilkan (Herman.S & Zahrina.I, 2006). Selain itu, katalis homogen tersebut dapat bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun sehingga akan mempersulit pemurnian, menurunkan *yield* biodiesel serta memperbanyak konsumsi katalis dalam reaksi metanolisis (Gozan et al., 2007; Nasikin et al., 2004).

Penggunaan katalis heterogen dalam produksi biodiesel dapat mengatasi beberapa kelemahan yang dimiliki oleh katalis homogen. Pemisahan katalis

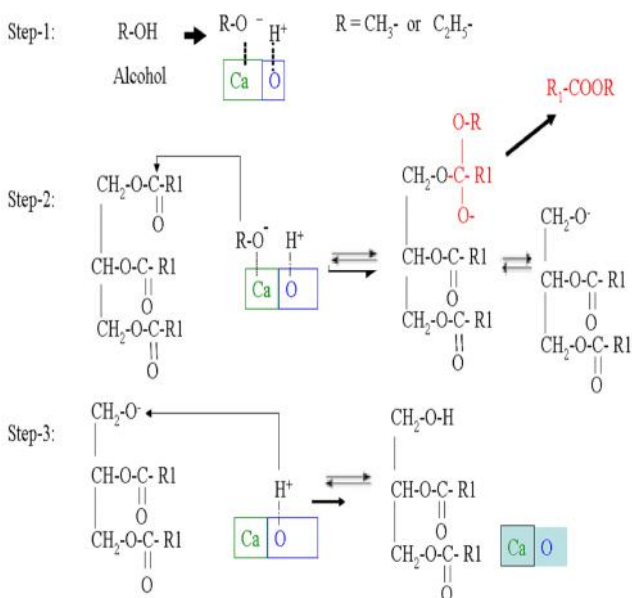
heterogen dari produknya cukup sederhana, yaitu dengan menggunakan penyaringan. Salah satu katalis heterogen yang dapat digunakan dalam reaksi metanolisis adalah kalsium karbonat (CaCO_3) yang dipijarkan pada suhu dan waktu tertentu. CaCO_3 yang telah dipijarkan akan terdekomposisi menjadi kalsium oksida (CaO) dan karbondioksida (CO_2). CaO merupakan oksida basa kuat yang memiliki aktivitas katalitik yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai katalis. Mekanisme reaksi metanolisis minyak kelapa menggunakan katalis CaO dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1, mekanisme reaksi metanolisis trigliserida menggunakan katalis basa heterogen (CaO) diawali dengan penyerapan alkohol (R-OH) pada permukaan katalis (*molecular adsorption*). Selanjutnya terjadi interaksi (*surface diffusion*) dan mengakibatkan pelemahan ikatan dari alkohol yang terjerap. Spesies aktif (RO^-) terjerap pada permukaan Ca . Tahap (2), RO^- menyerang atom karbon (C) pada gugus karbonil trigliserida sehingga berikatan pada atom C tersebut. Setelah berikatan, terjadi pemutusan ikatan sehingga dihasilkan satu alkil ester asam lemak dan digliserida anion. Tahap (3), proton (H^+) bermigrasi menuju digliserida anion dan berikatan dengan oksigen. Mekanisme ini terjadi dua kali lagi sehingga dihasilkan tiga alkil monoester (biodiesel) dan gliserol.

BAHAN DAN METODE

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kelapa yang berasal dari salah satu industri rumah tangga di Bone Raya Parit Empat, Desa Sungai Raya, Kecamatan Batang Tuaka, Kabupaten Indragiri Hilir. Sebelum digunakan sebagai bahan baku, minyak kelapa dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui beberapa karakteristiknya. Karakteristik bahan baku dapat dilihat pada Tabel 1. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalsium karbonat (CaCO_3), aquades, indikator *phenolphthalein* (PP) 0,5% dan 1%, etanol, kalium hidroksida (KOH), asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), asam klorida (HCl), kloroform (CHCl_3), kalium iodida (KI) dan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Katalis yang digunakan adalah katalis heterogen yaitu CaCO_3 yang dipijarkan pada suhu 900°C selama 1,5 jam.

Pada penelitian ini, digunakan variabel bebas dan variabel tetap. Variabel bebas yang akan dipelajari adalah konsentrasi katalis (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0%

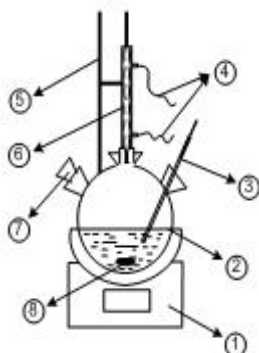


Gambar 1. Mekanisme Reaksi Metanolisis Trigliserida menggunakan Katalis Basa Heterogen (CaO) (Sumber: Mar, 2008)

berbasis minyak kelapa) dan rasio mol metanol/minyak kelapa (4:1; 6:1; 8:1; 10:1; 12:1). Sedangkan variabel tetapnya adalah kecepatan pengadukan, suhu (60°C) dan waktu reaksi (1,5 jam).

Reaksi metanolisis dilakukan dalam labu leher tiga dengan kapasitas 500 ml yang dilengkapi dengan termometer, kondenser dan pengaduk magnetik. Susunan seperangkat reaktor metanolisis yang digunakan di dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Langkah pertama dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dalam penelitian ini adalah minyak kelapa sebanyak 50 gr dimasukkan kedalam labu leher tiga, lalu dipanaskan hingga diatas titik didih air ± 105°C selama 1 jam. Kedalam wadah lainnya dilakukan pencampuran metanol dan katalis pada suhu kamar. Setelah 1 jam, suhu minyak di dalam labu leher tiga diturunkan hingga mendekati suhu reaksi. Air pendingin pada kondenser dialirkan, lalu campuran metanol dan katalis serta pengaduk magnetik dimasukkan kedalam labu leher tiga yang berisi minyak. Pemanas dihidupkan pada skala tertentu hingga dicapai suhu reaksi (60°C) dan *stirrer* pada *heating mantel* dihidupkan. Reaksi metanolisis dijaga pada suhu 60°C selama 1,5 jam. Setelah reaksi metanolisis selesai, hasil reaksi disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan katalis.

Filtrat ditampung didalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam untuk memisahkan *crude* biodiesel dari gliserol secara gravitasi. Setelah didiamkan selama 24 jam, didalam corong pisah akan terbentuk dua lapisan. Lapisan atas yang berwarna terang adalah *crude* biodiesel sedangkan lapisan bawah yang berwarna lebih gelap adalah gliserol. Gliserol dipisahkan dari *crude* biodiesel dengan membuka *valve* pada corong pisah secara perlahan-lahan, kemudian ditimbang. *Crude* biodiesel dicuci dengan menggunakan air hangat (50-60°C) dengan perbandingan biodiesel/

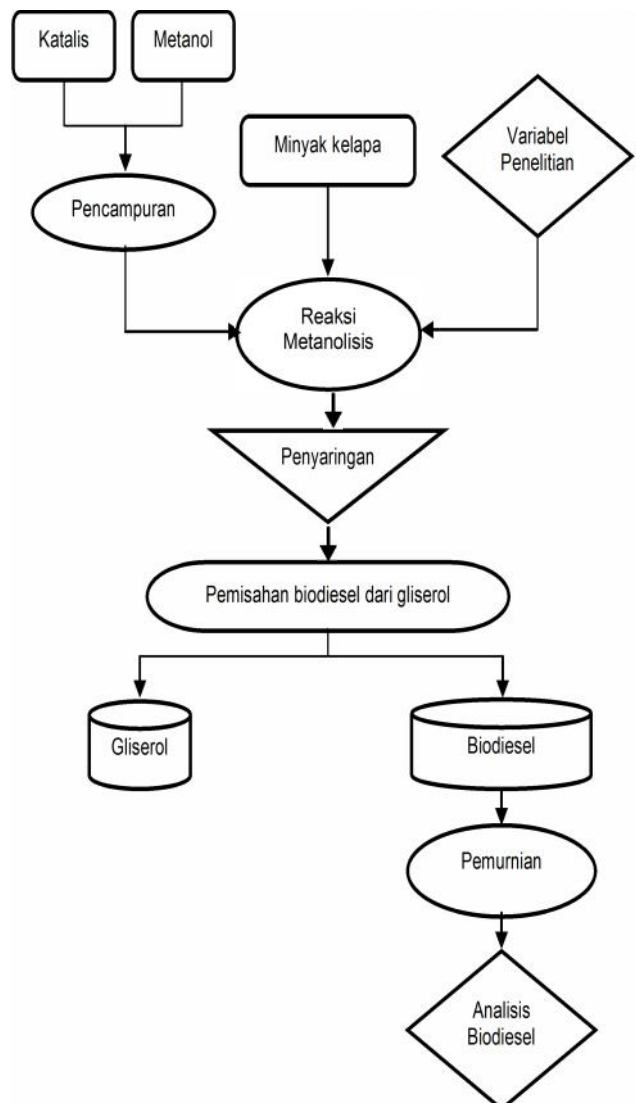


- Keterangan:
1. *Heating mantel*
 2. Labu leher tiga (reaktor)
 3. Termometer
 4. Selang air pendingin
 5. Statif
 6. Kondensor
 7. Sumbat karet/gabus
 8. Pengaduk magnetik

Gambar 2. Seperangkat Reaktor Metanolisis.

air pencuci = 1:1. Campuran kemudian dikocok selama ± 5 menit untuk melarutkan metanol dan sabun yang terdapat didalam *crude* biodiesel. Campuran kemudian didiamkan selama 24 jam. Kemudian akan terbentuk dua lapisan, lapisan atas yang berwarna terang adalah *biodiesel* sedangkan lapisan bawah yang berwarna putih susu adalah emulsi yang merupakan sabun dan metanol yang bercampur air pencuci. Biodiesel dipisahkan dari emulsi selanjutnya dianalisa. Dilakukan pengulangan perlakuan sebanyak dua kali untuk masing-masing variasi konsentrasi katalis (1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 %) dan rasio mol metanol/minyak kelapa (4:1; 6:1; 8:1; 10:1; 12:1). Adapun diagram alir pembuatan biodiesel melalui reaksi metanolisis dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari hasil penelitian akan diperoleh *yield* biodiesel sebagai fungsi konsentrasi katalis dan rasio mol metanol terhadap minyak kelapa. Data yang dihasilkan



Gambar 3. Diagram Alir Pembuatan Biodiesel melalui Reaksi Metanolisis

akan ditampilkan dalam bentuk grafik, selanjutnya akan ditentukan kondisi optimum dengan menggunakan *software* yaitu *excel solver*. Sedangkan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik produk yang dihasilkan akan dilakukan berbagai pengujian karakteristik biodiesel yaitu: massa jenis, viskositas kinematik, titik nyala (*flash point*), kadar air, angka setana, angka iodium, angka asam dan kromatografi gas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa karakteristik minyak kelapa yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 1. Karakteristik yang dianalisa antara lain adalah Kandungan asam lemak bebas (ALB), metode yang digunakan untuk penentuan ALB adalah dengan metode titrasi (Zahrina,2000), viskositas kinematik digunakan alat *viscometer Oswald* (Syarbaini, 2005), sedangkan penentuan massa jenis menggunakan alat piknometer (Wahyuni, 2008).

Tabel 1 menunjukkan bahwa minyak kelapa yang digunakan merupakan bahan baku biodiesel yang cukup baik karena memiliki kadar ALB rendah (<1 %). Dengan demikian tidak diperlukan perlakuan pendahuluan (netralisasi atau esterifikasi) dan minyak dapat langsung direaksikan dengan metanol untuk menghasilkan biodiesel. Demikian juga dengan kadar air sebesar 0,152%, kadarnya berada dibawah batas maksimum yang diizinkan (0,5%) sehingga tidak diperlukan *treatment* untuk mengurangi kadar air dalam minyak tersebut. Namun, dalam pelaksanaan penelitian ini tetap dilakukan pemanasan minyak terlebih dahulu hingga diatas titik didih air ($\pm 105^{\circ}\text{C}$) sebelum direaksikan dengan metanol. Hal ini bertujuan agar kadar air dapat serendah mungkin di dalam campuran yang bereaksi sehingga jumlah sabun yang terbentuk dapat diminimalisasi.

Grafik yang menunjukkan pengaruh variasi konsentrasi katalis terhadap *yield* biodiesel dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa

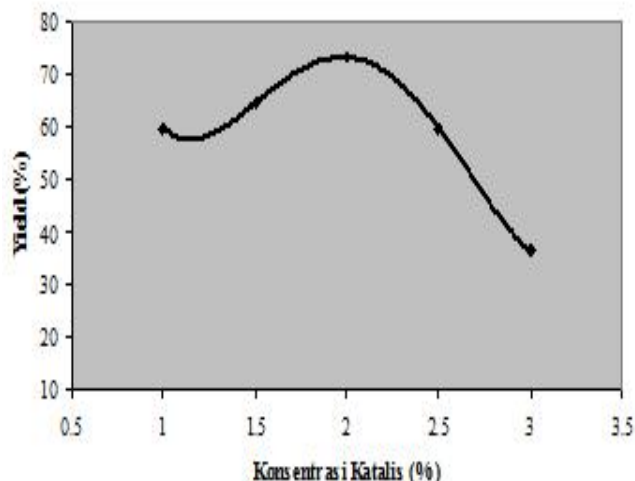
Tabel 1. Karakteristik Minyak Kelapa sebagai Bahan Baku dalam Pembuatan Biodiesel

NO.	Karakteristik	Satuan	Nilai
1	Kandungan asam lemak bebas (ALB)	%	0,656
2	Kandungan air	%	0,152
3	Massa jenis	kg/m ³	923,4
4	Viskositas kinematik	mm ² /s	10,29

konsentrasi katalis yang optimum adalah 2% dengan *yield* biodiesel sebesar 73,34%. Sedangkan optimasi dengan menggunakan metode *excel solver*, diperoleh konsentrasi optimum 1,98% dengan *yield* sebesar 73,38%. Hasil optimasi dari pengamatan langsung pada Gambar 4 dan metode *excel solver* tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa konsentrasi katalis 2% merupakan konsentrasi optimum.

Pada Gambar 4 tersebut juga terlihat bahwa penambahan jumlah katalis setelah dicapai kondisi optimum (2%) tidak mengakibatkan *yield* biodiesel meningkat, justru akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena, penggunaan katalis yang berlebihan dapat menyebabkan terbentuknya emulsi berlebihan akibat reaksi penyabunan. Menurut Yoeswono *et al.*, (2007), reaksi penyabunan tersebut akan mengambil sejumlah metil ester yang telah terbentuk dan juga metil ester lainnya dimungkinkan terjebak dalam emulsi yang terbentuk.

Grafik yang menunjukkan pengaruh variasi rasio mol metanol-minyak terhadap *yield* biodiesel dapat dilihat pada Gambar 5. Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa peningkatan rasio mol metanol diikuti dengan meningkatnya *yield* biodiesel yang dihasilkan hingga optimum pada rasio mol 8:1 dengan *yield* sebesar 75,02%. Sedangkan optimasi dengan menggunakan metode *excel solver*, diperoleh rasio mol metanol-minyak optimum 8,16:1 dengan *yield* sebesar 75,07%. Hasil optimasi dari pengamatan langsung pada Gambar 5 dan metode *excel solver* tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa rasio mol 8:1 merupakan rasio mol optimum.

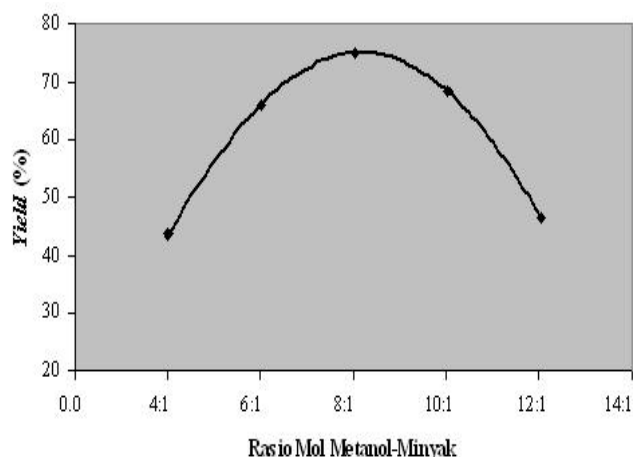


Gambar 4. Grafik Hubungan antara *Yield* Biodiesel terhadap Konsentrasi Katalis pada Suhu 60°C, Waktu Reaksi 1,5 Jam dan Rasio Mol Metanol-Minyak 6:1.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa terjadi penurunan *yield* biodiesel pada rasio mol 10:1 dan 12:1. Hal ini disebabkan karena penggunaan metanol yang berlebihan akan meningkatkan pembentukan gliserol. Menurut Yitnowati *et al.*, (2008), keberadaan gliserol yang tinggi dalam larutan alkil ester akan mendorong reaksi berbalik ke kiri membentuk monogliserida, sehingga *yield* alkil ester (biodiesel) menjadi berkurang.

Untuk mengetahui kualitas biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini, maka dilakukan beberapa pengujian karakteristik dari biodiesel tersebut. Karakteristik yang diuji antara lain adalah massa jenis pada 40°C (metode uji ASTM D 1289), viskositas kinematik pada 40°C (ASTM D 445), titik nyala (ASTM D 93), angka setana (ASTM D 613), kadar air (ASTM D 2709), angka iod (AQCS Cd 1-25), angka asam (AQCS Ca 12-55). Selanjutnya, hasil pengujian tersebut dibandingkan dengan karakteristik biodiesel yang telah ditetapkan dalam SNI 04-7182-2006 seperti terlihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa biodiesel yang dihasilkan dari penelitian sebagian besar karakteristiknya berada dalam rentang standar yang ditetapkan. Biodiesel dengan massa jenis 860 kg/m³ dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara *Yield* Biodiesel Rasio Mol Metanol-Minyak pada Suhu 60°C, Waktu Reaksi 1,5 Jam dan Konsentrasi Katalis 2%.

Menurut Prihandana *et al.*, (2006), biodiesel yang memiliki massa jenis melebihi ketentuan akan menghasilkan reaksi pembakaran tidak sempurna. Sehingga akan meningkatkan emisi dan keausan mesin. Begitu juga dengan viskositas kinematik, dengan nilai 2,44 mm²/s dapat dikatakan biodiesel ini mampu menghasilkan kinerja injektor mesin diesel dan atomisasi bahan bakar yang lebih baik.

Hasil penelitian Diaz dan Galindo (2007), biodiesel dari minyak kelapa memiliki titik nyala 107°C. Namun dalam penelitian ini biodiesel yang dihasilkan memiliki titik nyala 110°C. Hal ini menunjukkan bahwa bahan bakar ini aman, sehingga mudah dalam penyimpanan dan penanganannya. Demikian juga dengan kadar air yang cukup rendah, maka biodiesel yang dihasilkan tidak akan terhidrolisis dan tidak menimbulkan korosif pada mesin diesel.

Angka setana yang tinggi (65,94), menunjukkan bahwa biodiesel dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah sehingga akan mudah terbakar di dalam silinder pembakaran mesin dan tidak terakumulasi (Prihandana *et al.*, 2006). Angka iod biodiesel yang dihasilkan juga sangat kecil, hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar biodiesel disusun oleh asam lemak dengan rantai hidrokarbon jenuh. Menurut Diaz dan Galindo (2007), bahan bakar mesin diesel yang ideal adalah bahan bakar yang merupakan rantai hidrokarbon jenuh seluruhnya. Angka asam yang dimiliki biodiesel dari minyak kelapa ini juga sangat rendah, hal ini berarti biodiesel mengandung asam lemak bebas yang sangat sedikit. Dengan demikian, biodiesel tersebut tidak bersifat korosif dan tidak membahayakan injektor mesin diesel.

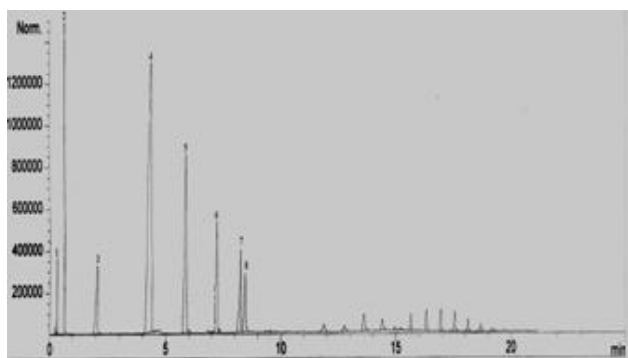
Sedangkan untuk mengidentifikasi campuran metil ester (biodiesel) yang diperoleh dari reaksi metanolisis minyak kelapa, maka dilakukan analisis dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC). Kromatogram campuran metil ester (biodiesel) dari minyak kelapa hasil analisa GC dapat dilihat pada

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Biodiesel Hasil Penelitian dengan Biodiesel Standar dalam SNI 04-7182-2006

Karak-Teristik	Satuan	Biodiesel Hasil Penelitian	SNI Biodiesel
Massa jenis	Kg/m ³	860	850 – 890
Viskositas kinematik	mm ² /s	2,44	2,3 – 6,0
Titik nyala	°C	110	min. 100
Kadar air	%-volum	0,039	max. 0,05
Angka setana	-	65, 94	min. 51
Angka iod	gr Iod/100 gr	6,35	max. 115
Angka asam	mg KOH/g	0,049	max. 0,8

Gambar 6. Sedangkan data puncak-puncak utama kromatogram biodiesel tersebut terdapat pada Tabel 3.

Kandungan metil ester dari biodiesel pada masing-masing asam lemak ditentukan dari luas area masing-masing metil ester tersebut. Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa biodiesel yang dihasilkan dari reaksi metanolisis minyak kelapa sebagian besar disusun oleh metil ester dari asam lemak jenuh yaitu 88,23%. Oleh sebab itu, biodiesel dari minyak kelapa tersebut merupakan bahan bakar yang cocok untuk mesin diesel karena memiliki rantai hidrokarbon jenuh cukup besar. Hal ini sesuai dengan pendapat Diaz dan Galindo (2007), bahwa bahan bakar mesin diesel yang ideal adalah bahan bakar yang merupakan rantai hidrokarbon jenuh seluruhnya.



Gambar 6. Kromatogram Campuran Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Kelapa

Tabel 3. Data Puncak-puncak Utama Kromatogram Biodiesel (Metil Ester) dari Minyak Kelapa

No. Puncak	Waktu retensi menit	Luas Area (%)	Metil Ester (Biodiesel)
1	0,322	0,69466	metil kaproat
2	0,654	7,84177	metil kaprilat
3	2,070	5,87717	metil kaprat
4	4,401	41,02881	metil laurat
5	5,899	15,59048	metil miristat
6	7,229	7,18185	metil palmitat
7	8,255	5,71172	metil oleat
8	8,453	4,30482	metil linoleat

KESIMPULAN

Kondisi optimum dalam produksi biodiesel dari minyak kelapa melalui reaksi metanolisis dengan menggunakan katalis CaCO_3 yang telah dipijarkan adalah konsentrasi katalis 2% (berbasis minyak kelapa) dan rasio mol metanol-minyak kelapa sebesar 8:1 dengan *yield* 75,02%. Biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum tersebut memiliki massa jenis 860 kg/m^3 (SNI 850-890 kg/m^3), viskositas kinematik $2,441 \text{ mm}^2/\text{s}$ (SNI 2,3-6,0 mm^2/s), titik nyala 110°C

(SNI min 100°C), angka setana 65,94 (SNI min 51), angka lod 6,35 gr lod/100 gr (SNI max 115 gr lod/100 gr), angka asam 0,049 mg KOH/g (SNI max 0,8 mg KOH/g) dan kadar air 0,039%-v (SNI max 0,05 %-v). Seluruh karakteristik yang telah diuji tersebut seluruhnya berada dalam rentang standar yang direkomendasikan di dalam SNI 04-7182-2006.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Higher Education - Implementation Unit (HEI-IU) Indonesia - Managing Higher Education for Relevance and Efficiency (I-MHERE)* No. 32/SG/I-MHERE/UNRI/2008 yang telah membiayai penelitian ini hingga selesai dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Allorerung.** 2006. Biodiesel dari kelapa. <http://www.sinarharapan.co.id>. (20 September 2007).
- Balai Besar Kimia dan Kemasan.** 2006. *Biodiesel Bahan Bakar Alternatif Pengganti Solar*. Jakarta: Balai Besar Kimia dan Kemasan.
- Damanik, S.** 2004. Strategi Pengembangan Agribisnis Kelapa (*Cocos nucifera*) untuk Meningkatkan Pendapatan Petani di Kabupaten Indragiri Hilir Riau, <http://perkebunan.litbang.deptan.go.id>. (31 Desember 2008).
- Diaz, R.S. & Galindo, F.C.** 2007. *Coco Metil Ester (CME) – The Perfect Diesel*. <http://moritz.botany.ut.ee>. (18 November 2008).
- Dinas Perkebunan Propinsi Riau.** 2007. Kelapa. www.litbang.deptan.go.id. (20 September 2007).
- Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian.** 2008. Pengembangan Coconut Biodiesel, <http://www.agribisnis.deptan.go.id>, (31 Desember 2008).
- Gozan, M., Nasikin, M., Wijanarko, A. & Hermansyah, H.** 2007. Riset Bahan Bakar Hayati (*Bioethanol dan Biodiesel*). Jakarta: Universitas Indonesia.
- Herman, S. & Zahrina, I.** 2006. Kinetika reaksi metanolisis minyak sawit Menggunakan katalis Heterogen. *Jurnal Sains dan Teknologi*. **5(2)**: 1412-6257. Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Nasikin, M., Nurhayanti, W. & Sukirno.** 2004. Penggunaan metode netralisasi dan pre-esterifikasi untuk mengurangi asam lemak bebas pada CPO (*Crude Palm Oil*) dan Pengaruhnya terhadap *Yield* Metilester. *Jurnal Teknologi* No. 1, Tahun XVIII.
- Prihandana R., Hendroko R. & Nuramin M.** 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- Yitnowati, U., Yoeswono, Wahyuningsih, T., D. & Tahir, I.** 2008. Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Sawit sebagai Sumber Katalis Basa (K_2CO_3) pada Pembuatan Biodiesel Minyak Jarak *Ricinus communis*. <http://iqmal.staff.ugm.ac.id>. (14 Desember 2008).
- Yoeswono, Triyono. & Tahir, I.** 2007. Pemanfaatan limbah abu tandan kosong sawit sebagai katalis basa pada pembuatan biodiesel dari minyak sawit. <http://iqmal.staff.ugm.ac.id> (11 Desember 2008).
- Zahrina, I.** 2000. Studi Evaluasi Efektifitas Katalis Abu tandan Sawit pada Metanolisis Stearin, *Tesis Magister*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Syarbaini, E.Y.** 2005. Penuntun Praktikum Kimia Fisika, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Wahyuni.** 2008. Pengaruh Kalsinasi CaCO_3 pada Produksi Biodiesel dengan Bahan Baku Crude Palm Oil (CPO) dan Proses Pemurniannya, *Skripsi S1*, Universitas Riau, Pekanbaru.