



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL KIMIA 2011

**“ Penerapan Ilmu Kimia Dalam Menjawab
Tantangan Pembangunan Nasional “**



**Program Studi Pendidikan Kimia
Universitas Pattimura
Ambon, 28 Nopember 2011**

BIODIESEL FROM THE WASTE COOKING OIL CATALYZED BY EGG SHELL OF PUREBRED CHICKEN WITH METHANOL AS A SOLVENT

BIODIESEL DARI MINYAK GORENG BEKAS DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS DARI KULIT TELUR AYAM RAS DENGAN PELARUT METANOL

Priska Marisa Pattiasina, Hellna Tehubijuluw, dan I Wayan Sutapa¹

¹ Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science,
State University of Pattimura, Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Ambon 97123

ABSTRAK

Sintesis biodiesel dari minyak goreng bekas telah dilakukan dengan menggunakan katalis dari kulit telur ayam ras dengan pelarut metanol. Proses sintesis biodiesel dilakukan melalui dua tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Pada reaksi esterifikasi perbandingan mol metanol dan minyak goreng bekas sebesar 9:1, dengan menggunakan katalis H_2SO_4 . Transesterifikasi dilakukan dengan perbandingan mol metanol dan mol minyak goreng bekas sebesar 12:1, dengan menggunakan katalis CaO dari kulit telur ayam ras. Katalis CaO dihasilkan melalui proses kalsinasi kulit telur ayam ras pada suhu $1000^{\circ}C$ selama 2 jam. Hasil kalsinasi tersebut dikarakterisasi dengan XRD untuk menentukan pembentukan CaO. Biodiesel yang dihasilkan dikarakterisasi berdasarkan 1H -NMR, FTIR, GC-MS, dan ASTM (*American Standard Testing of Materials*). Besarnya biodiesel yang dihasilkan secara teoritis sebesar 40,298% dan secara eksperimen sebesar 36,779%. Komponen utama pada produk biodiesel yang dihasilkan adalah metil stearat (40,21%).

Kata Kunci : biodiesel, CaO, esterifikasi, transesterifikasi, minyak goreng bekas

PENDAHULUAN

Krisis bahan bakar minyak yang sedang melanda hampir seluruh negara di dunia membuat para peneliti mencoba menemukan bahan bakar alternatif yang dapat dipakai secara luas dalam masyarakat seperti biodiesel. Secara kimiawi, biodiesel merupakan metil ester dari asam lemak rantai panjang yang berasal dari lemak yang dapat diperbaharui seperti minyak nabati dan lemak hewani (Zhang dkk., 2003). Biodiesel mempunyai kelebihan yaitu biodegradable dan tidak toksik terhadap lingkungan (Zhang dkk., 2003).

Minyak nabati merupakan bahan dasar yang menjanjikan dalam membuat biodiesel karena tersedia di alam dalam jumlah yang besar. Namun, penggunaan bahan dasar pembuatan biodiesel lebih diarahkan pada pemanfaatan minyak yang bersifat non edible dan

pemanfaatan minyak goreng bekas atau yang dikenal dengan nama minyak jelantah. Hal ini dikarenakan, minyak jenis tersebut tidak dikonsumsi dan merupakan limbah yang sudah tidak dipakai lagi. Minyak goreng bekas mempunyai kandungan asam lemak bebas yang lebih tinggi dari minyak goreng baru yaitu sebesar 2-7 % (Mastutik, 2006). Salah satu cara untuk mengurangi kandungan asam lemak tersebut ialah dengan melakukan perlakuan awal yakni reaksi esterifikasi dengan asam sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi (van Gerpen dkk.,2003).

Transesterifikasi merupakan salah satu cara untuk dapat memproduksi biodiesel, dimana alkohol bereaksi dengan minyak dibantu adanya katalis kimia menghasilkan alkil ester asam lemak dan gliserol. Jenis alkohol yang sering dipakai adalah metanol karena rantai karbonnya pendek sehingga lebih cepat bereaksi.

Ada tiga jenis katalis yang dapat dipakai yaitu katalis asam, enzim, dan basa. Namun dilihat dari kecepatan reaksi dan ekonomisnya maka lebih banyak digunakan katalis basa. Katalis basa yang sering dipakai adalah basa homogen seperti natrium hidroksida, namun jika dilihat penggunaan katalis basa homogen ini dapat menyebabkan pembentukan sabun dan juga sangat sulit dipisahkan dari bahan yang terbentuk karena bersifat homogen. Selain katalis basa homogen dapat juga dipakai katalis basa heterogen seperti CaO dan MgO (Liu dkk.,2007; Serio dkk., 2007; Zabeti dkk.,2009). Namun karena harganya yang mahal sehingga jika dipakai untuk menghasilkan biodiesel akan membutuhkan biaya produksi yang cukup besar. Salah satu cara untuk menghasilkan biodiesel menggunakan katalis basa heterogen namun dengan biaya produksi rendah adalah dengan memanfaatkan kulit telur.

Pada umumnya sebagian besar limbah kulit telur dibuang tanpa *pretreatment* (Tsai dkk., 2008). Komposisi penyusun terbesar dari kulit telur adalah kalsium karbonat (94%), sehingga kulit telur berpeluang untuk menjadi bahan dasar yang akan dikonversi menjadi CaO dan dimanfaatkan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel (Stadelman., 2000).

Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk mengkaji tentang konversi biodiesel yang ramah lingkungan, dapat terurai secara alami, dengan harga yang terjangkau, dan tidak menghasilkan limbah yang berbahaya dengan judul penelitian : **“Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan menggunakan Katalis dari Kulit Telur Ayam Ras dengan Pelarut Metanol”**.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat gelas *pyrex*, satu set alat refluks *pyrex*, lumpang, ayakan ukuran 100 mesh, pemanas listrik *Mammert*, oven, pengaduk magnet (Science Ware), neraca analitik, termometer, tanur furnace 47900 (Merck), vacuum evaporator *Buchii*, difraktometer sinar -X Shimadzu Goniometer XD-3A, kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS Shimadzu QP-5000S), spektrometer $^1\text{H-NMR}$ JNM PMX 50 NMR, alat uji ASTM (Lab Teknologi Minyak Bumi FT UGM).

Bahan

Minyak goreng bekas, metanol (*Merck*), H_2SO_4 (*Merck*), kulit telur ayam ras, indikator fenolftalein, kertas saring Whatman 40, Na_2SO_4 *anhydrous*, etanol (*Merck*), KOH, akuades.

Prosedur kerja

Preparasi katalis

Kulit telur ayam ras dicuci dengan air hingga bersih. Selanjutnya bahan dasar katalis ini dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam. Bahan dasar katalis sebanyak 1 kg kemudian digerus dengan menggunakan lumpang hingga halus dan diayak hingga ukuran 100 mesh. Setelah itu padatan kulit telur sebanyak 2 g dikarakterisasi dengan menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD).

Sintesis CaO dari kulit telur

Padatan kulit telur ayam yang telah diayak kemudian ditimbang sebanyak 500 g. Sintesis CaO dilakukan dengan cara kalsinasi padatan pada suhu 1000°C selama 2 jam. Setelah itu CaO hasil kalsinasi sebanyak 2 g dikarakterisasi dengan menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD).

Preparasi minyak goreng bekas

Sebanyak 2 L minyak goreng bekas dipanaskan pada suhu 120°C untuk menguapkan air di dalam minyak tersebut. Setelah itu minyak disaring dengan kertas saring Whatman 40 untuk memisahkan pengotor padat yang berukuran besar. Minyak yang telah disaring tersebut selanjutnya dianalisis dengan spektroskopi infra-merah (IR) dan $^1\text{H-NMR}$.

Analisis asam lemak bebas

Sampel sebanyak 5 g dimasukkan dalam labu erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 50 mL etanol 96%. Setelah tercampur, tambahkan 3 tetes indikator fenolftalein. Kemudian larutan dititrasi dengan KOH 0,1 N sampai tepat warna merah jambu. Dihitung kadar asam lemak bebasnya.

Pembuatan biodiesel

Proses esterifikasi

Minyak bekas yang telah dipanaskan dan bersih sebanyak 150 g dimasukan ke dalam labu leher tiga, Perbandingan mol minyak terhadap metanol adalah 1 : 9, dengan asumsi berat molekul minyak bekas adalah 860 g/mol. Kemudian ditambahkan H_2SO_4 1,25% dari jumlah total minyak dan metanol kemudian direfluks pada temperatur 60 - 65 °C selama 2 jam. Akan dihasilkan 2 lapisan yaitu campuran metanol dan metil ester pada bagian atas dan trigliserida pada bagian bawah. Selanjutnya kedua lapisan tersebut dipisahkan.

Proses transesterifikasi

Trigliserida yang telah dipisahkan pada proses esterifikasi selanjutnya ditransesterifikasi dengan metanol (dengan perbandingan mol 1:12) dan ditambahkan dengan katalis basa CaO dari kulit telur dengan variasi berat 11% dari total minyak dan metanol. Kemudian campuran direfluks kembali pada temperatur 60 - 65 °C selama 5 jam. Campuran hasil reaksi didinginkan dan terbentuk 2 lapisan, yaitu metil ester (biodiesel) pada lapisan bagian atas dan gliserol pada lapisan bagian bawah. Kedua lapisan tersebut kemudian dipisahkan dari katalis CaO, dan selanjutnya dievaporasi untuk menghilangkan sisa metanol. Metil ester selanjutnya dicuci dengan akuades dalam corong pisah untuk melarutkan sisa gliserol. Langkah terakhir adalah dengan penambahan Na_2SO_4 *anhidrous* sebanyak 1,5 g untuk mengikat sisa-sisa air, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 40. Metil ester yang diperoleh dianalisis komposisi kimiawinya dengan GC-MS, IR dan 1H -NMR, selanjutnya diuji Karakter fisiknya dengan metode standar ASTM (kerapatan, viskositas, titik nyala, titik tuang, titik kabut, sisa *carbon codranson*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis dan karakterisasi CaO dari kulit telur ayam ras

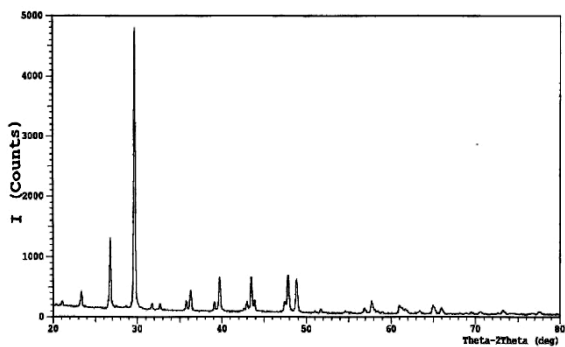
Sintesis CaO dari kulit telur ayam ras

Sintesis katalis CaO diawali dengan proses pembersihan dan pengeringan dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam untuk menghilangkan kotoran dan air, digerus dengan lumpang hingga halus dan diayak hingga ukuran tidak melewati 100 mesh. Proses pengayakan ini bertujuan untuk memperbesar permukaan padatan. Padatan kulit telur ayam ras tersebut dikalsinasi dengan suhu 1000°C selama 2 jam untuk mensintesis CaO. Proses pemanasan dengan suhu tinggi dapat menghilangkan CO₂ dari CaCO₃ sehingga dapat diperoleh CaO. Konversi CaO yang diperoleh dari kalsinasi 50 g kulit telur adalah sebesar 54,942%.

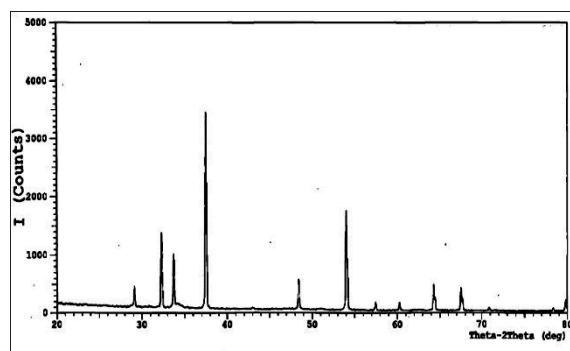
Karakterisasi CaO dari kulit telur ayam ras dengan difraktometer sinar-X (XRD)

Hasil XRD pada kulit telur ayam ras sebelum dikalsinasi diperlihatkan oleh difraktogram (Gambar 1) yang menghasilkan puncak-puncak 2θ dengan karakteristik CaCO₃. Diperlihatkan munculnya puncak-puncak pada $2\theta = 23,3209; 26,7654; 29,6767; 35,7421; 36,2533; 39,0923; 39,7038; 42,9632; 43,4632; 43,8545; 47,4152; 47,8133; 48,8031; 57,7074; 60,9839; 64,9793$. Dari 16 puncak yang terlihat terdapat 3 puncak yang paling kuat yaitu pada $2\theta = 29,6767$ dengan intensitas 3465, $2\theta = 26,7654$ dengan intensitas 850, dan pada $2\theta = 47,8133$ dengan intensitas 507.

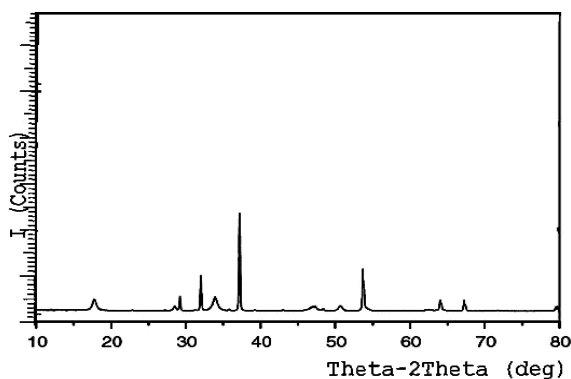
Difraktogram hasil XRD pada kulit telur ayam ras yang telah dikalsinasi pada suhu 1000 °C (Gambar 2) menghasilkan perubahan pola difraksi yang ditunjukkan oleh puncak-puncak pada $2\theta = 29,1246; 32,3139; 33,7399; 33,9632; 37,4728; 48,4321; 48,7092; 53,9871; 57,4708; 60,2812; 64,2897; 67,5088; 79,8062$. Dari 13 puncak yang terlihat terdapat 3 puncak yang paling kuat yaitu pada $2\theta = 37,4728$ dengan intensitas 2897, $2\theta = 53,9871$ dengan intensitas 1627, dan pada $2\theta = 32,3139$ dengan intensitas 1061. Hasil XRD kulit telur ayam ras yang telah dikalsinasi menunjukkan pola difraksi yang hampir sama dengan pola difraksi pada CaO murni (Gambar 3),



Gambar 1. Difraktogram kulit telur ayam ras kalsinasi



Gambar 2. Difraktogram CaO hasil kalsinasi



Gambar 3. Difraktogram CaO murni

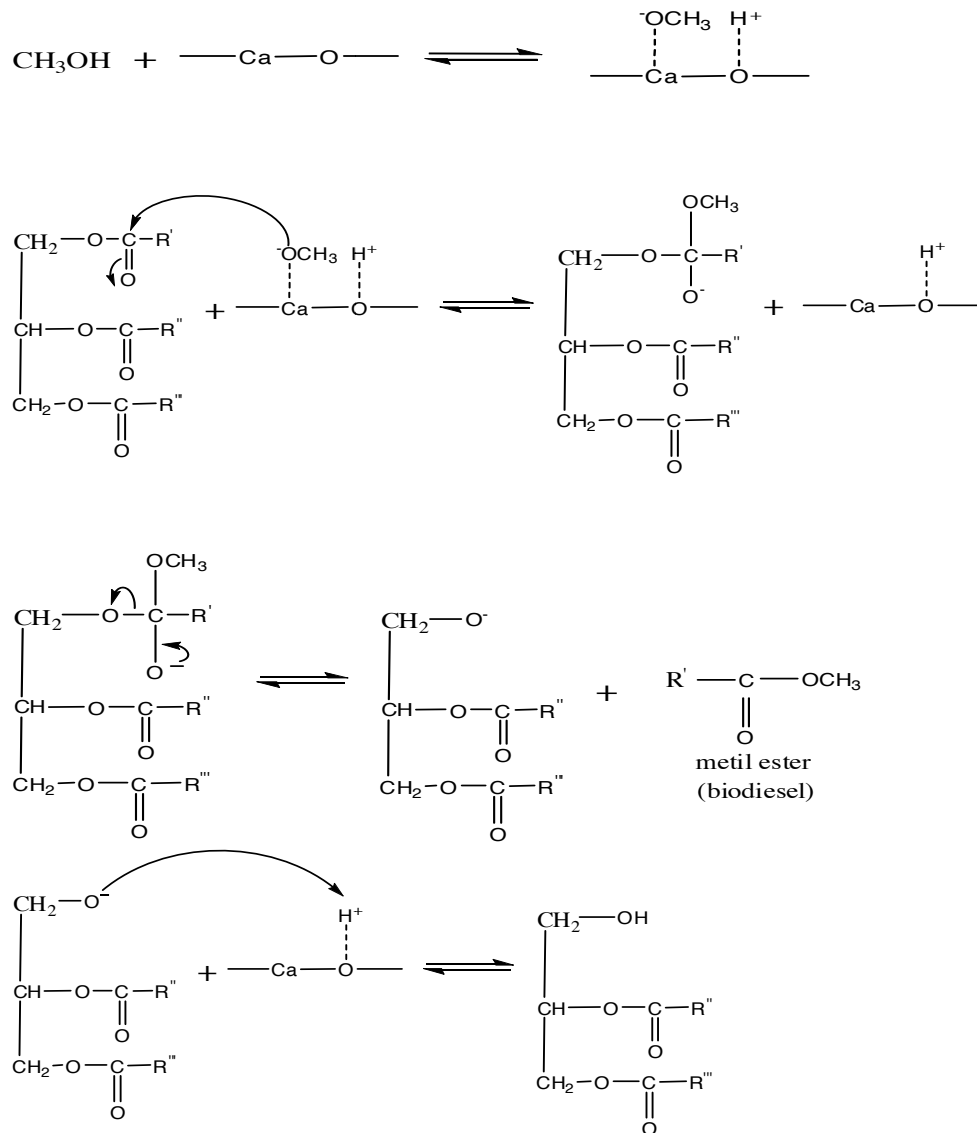
Sintesis biodiesel

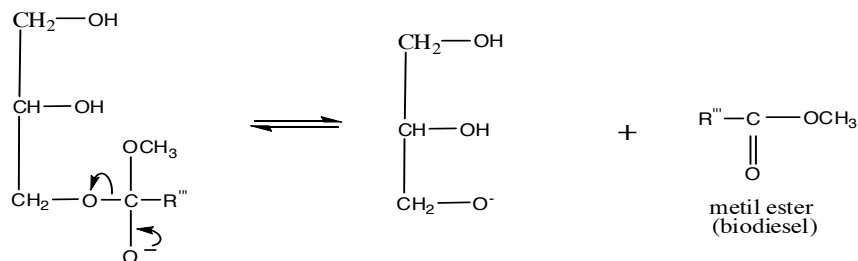
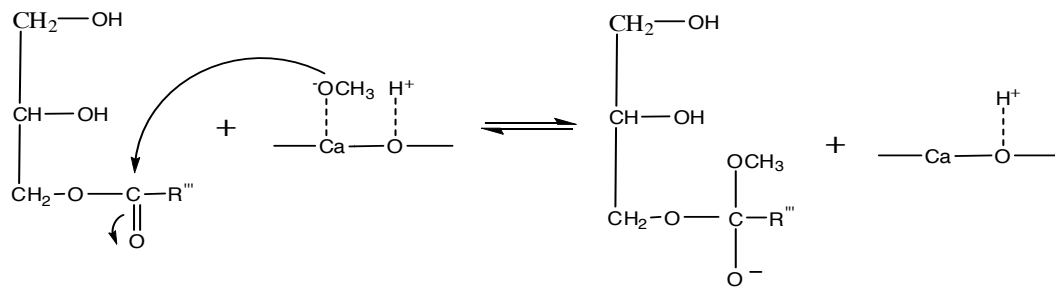
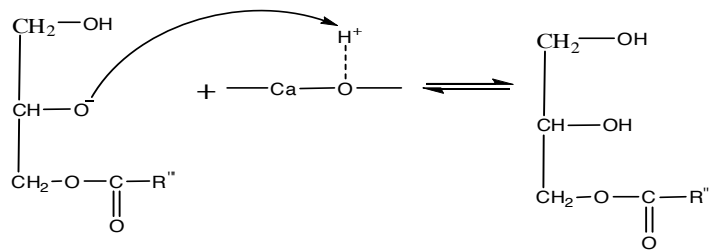
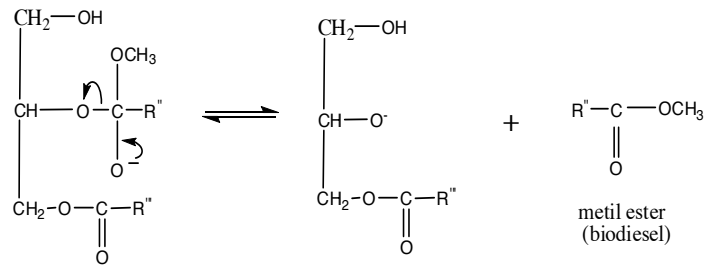
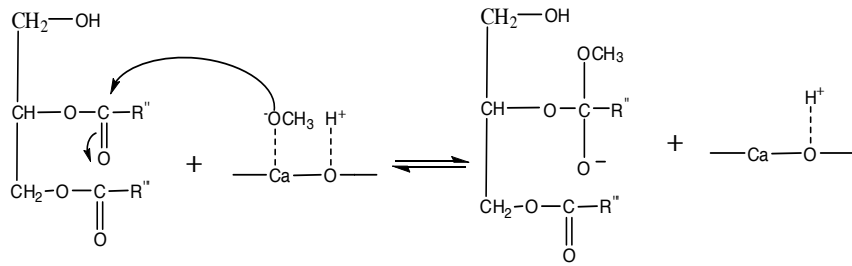
Proses esterifikasi

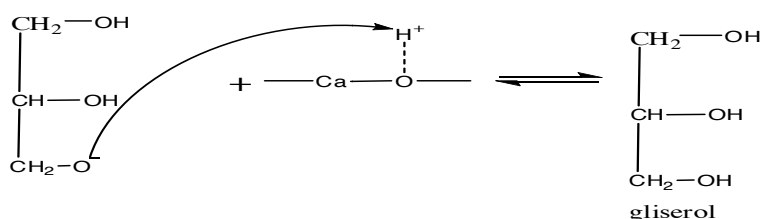
Reaksi esterifikasi perlu dilakukan terlebih dahulu agar mengurangi kandungan asam lemak bebas pada minyak goreng bekas. Walaupun minyak goreng bekas yang dipakai memiliki jumlah asam lemak bebas yang tidak terlalu besar yaitu 2,3% namun keberadaannya tidak dapat diabaikan karena dapat mengurangi jumlah metil ester yang didapat sehingga proses esterifikasi ini perlu dilakukan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mastutik, 2006 yang menyatakan bahwa minyak atau lemak yang memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi seperti minyak jelantah (2 - 7 %) dan lemak hewan (5 - 30 %) perlu dilakukan dua langkah dengan katalis asam dan katalis basa untuk mengatasi asam lemak bebas yang tinggi dalam memproduksi biodiesel.

Proses transesterifikasi

Proses Transesterifikasi dilakukan dengan menggunakan katalis basa heterogen CaO yang diperoleh dari kulit telur ayam ras yang dtelah dikalsinasi. Secara eksperimen diperoleh konversi metil ester (biodiesel) sebesar 36,779%. Mekanisme reaksi transesterifikasi dapat diperkirakan seperti pada Gambar 4.





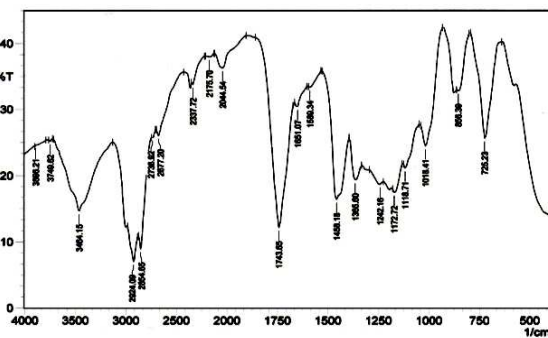
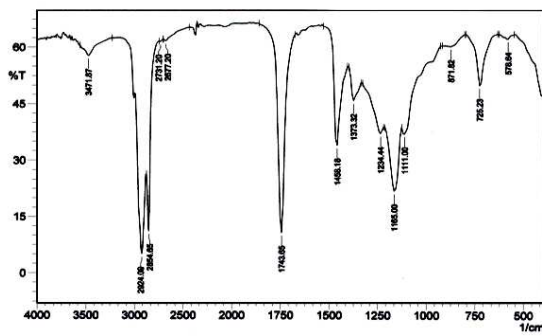


Gambar 4. Mekanisme reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol menggunakan katalis basa heterogen CaO (Liu dkk, 2007)

Karakterisasi biodiesel

Analisis biodiesel dengan spektroskopi infra merah (FTIR)

Pengujian FT-IR dilakukan untuk membuktikan adanya ester pada produk transesterifikasi. Adanya ester, dapat dilihat dari serapan khas pada gugus C=O dan C-O. Gambar 5 dan Gambar 6, memperlihatkan perbandingan antara spektra minyak goreng bekas dan spektra biodiesel. Terdapat persamaan serapan yang kuat pada kedua spektra di daerah bilangan gelombang $1743,65\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan rentangan C=O (gugus karbonil) dan serapan pada daerah bilangan gelombang $2924,09\text{ cm}^{-1}$ dan $2854,65\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan serapan untuk gugus $\text{-C}_{\text{sp}^3}\text{-H}$ dari rantai asam lemak, yang dibuktikan dengan adanya gugus $\text{-CH}_2\text{-}$ pada bilangan gelombang $1458,18\text{ cm}^{-1}$ dan gugus $\text{-CH}_3\text{-}$ pada bilangan gelombang $1365,60\text{ cm}^{-1}$. Juga terdapat serapan pada daerah bilangan gelombang $725,23\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan serapan untuk gugus $\text{-C}_{\text{sp}^2}\text{-H}$. Pada spektra minyak goreng bekas (Gambar 5) terdapat serapan pada daerah bilangan gelombang $3471,87$ yang merupakan serapan untuk gugus -OH yang terdapat dalam asam lemak bebas. Sedangkan gugus -OH pada daerah bilangan gelombang $3484,15$ pada spektra biodiesel (Gambar 6) merupakan -OH dari gliserol.



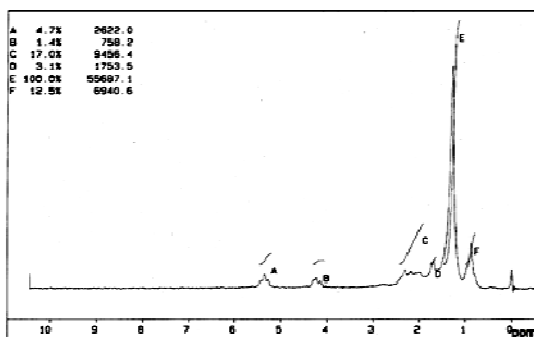
Gambar 5. Spektra FTIR pada minyak goreng bekas

Gambar 6. Spektra FTIR pada biodiesel

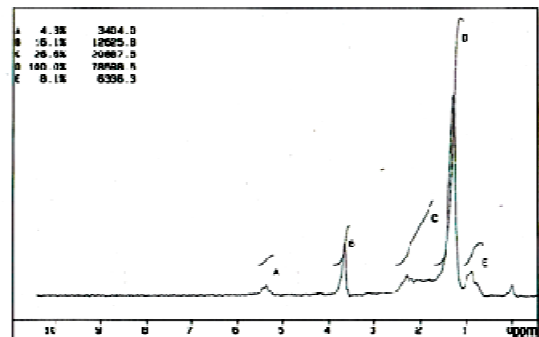
Pada kedua spektra terdapat perubahan serapan pada daerah bilangan gelombang $1165,00\text{ cm}^{-1}$ menjadi $1172,72\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan rentang gugus C-O yang merupakan gugus metil ester.

Analisis biodiesel dengan spektroskopi $^1\text{H-NMR}$

Biodiesel yang telah didapat melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi kemudian dianalisis dengan spektroskopi $^1\text{H-NMR}$ untuk mengetahui persentasi konversi biodiesel dari minyak goreng bekas tersebut.



Gambar 7. Spektra $^1\text{H-NMR}$ minyak goreng bekas



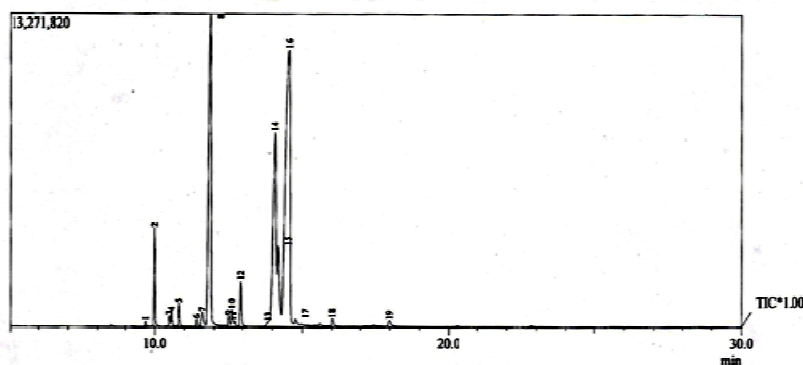
Gambar 8. Spektra $^1\text{H-NMR}$ biodiesel

Konversi metil ester (biodiesel) yang diperoleh secara teoritik sebesar 40,298 %. Puncak yang digunakan untuk menentukan konversi metil ester (*biodisel*) adalah puncak pada pergeseran kimia 3,7 ppm yang merupakan spektra metil ester (B), dan puncak pada pergeseran kimia 2,3 ppm yang merupakan spektra dari gugus α -CH₂ (C).

Analisis biodiesel dengan kromatografi GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan terhadap biodiesel hasil reaksi esterifikasi dengan katalis H₂SO₄ dan reaksi transesterifikasi dengan katalis CaO dari kulit telur ayam ras. Melalui GC-MS dapat diketahui jenis metil ester yang terkandung dalam biodiesel dari minyak goreng bekas yang dihasilkan dari reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Jumlah puncak pada kromatogram menunjukkan jumlah metil ester hasil esterifikasi yang masing-masing terpisah sempurna menghasilkan puncak-puncak dengan waktu retensi yang berbeda-beda.

Kromatogram hasil analisis GC-MS (Gambar 9) menunjukkan adanya 19 puncak yang terdeteksi sebagai metil ester asam lemak. Tiga puncak dengan persen area terbesar dihasilkan oleh puncak keenambelas yang merupakan metil stearat (40,21%) dengan rumus molekul C₁₉H₃₈O₂, puncak kedelapan yang merupakan metil palmitat (24,50%) dengan rumus molekul C₁₇H₃₄O₂, puncak keempatbelas yang adalah metil oleat (18,68%) dengan rumus molekul C₁₉H₃₆O₂. Selain itu dalam ketentuan biodiesel terdapat syarat adanya bilangan setana dimana memiliki atom C sebanyak 16. Jadi ketiga jenis metil ester ini yakni metil stearat, metil palmitat dan metil oleat memenuhi ketentuan untuk dikatakan sebagai biodiesel karena memiliki atom C lebih dari 16.



Gambar 9. Kromatogram metil ester (biodiesel)

Analisis sifat fisik biodiesel dengan metode ASTM

Analisis sifat fisik biodiesel dari minyak goreng bekas yang diperoleh melalui metode pemeriksaan ASTM (*The American Society for Testing and Materials*) akan dibandingkan dengan standar minyak diesel dan SNI biodiesel.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kerapatan spesifik biodiesel dari minyak goreng bekas yaitu sebesar 0,8780 telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel. Nilai viskositas kinematik yang dihasilkan oleh biodiesel yaitu sebesar 5,000 juga telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel. Secara umum dapat dikatakan bahwa nilai viskositas kinematik sangat tergantung pada tingkat persentasi konversi biodiesel. Pada tingkat konversi yang rendah dimungkinkan biodiesel masih mengandung molekul gliserida baik berupa tri-, di- dan mono- gliserida, di mana gugus hidroksida pada molekul digliserida dan monogliserida dapat menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen yang sangat kuat sehingga menambah kerapatan antar molekul gliserida. Akibat pembentukan ikatan hidrogen antar molekul tersebut juga akan meningkatkan viskositas kinematik dari senyawa tersebut.

Tabel 1. Perbandingan sifat fisik biodiesel dari minyak goreng bekas dengan minyak diesel

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas	SNI Biodiesel *)	Batasan Solar **)
1	Kerapatan Spesifik 60/60 °F, kg/m ³	ASTM D 1298	0,878	0,850 - 0,890	0,815 - 0,870
2	Viskositas Kinematis 40 °C, mm ² /s	ASTM D 445	5,000	2,3 - 6,0	2,0 - 5,0
3	Titik Nyala - PM.cc, °C	ASTM D 93	170,5	min. 100	min. 60
4	Titik Tuang, °C	ASTM D 97	12	maks. 18	maks.18
5	Titik Kabut, °C	ASTM D 2500	18	maks. 18	maks. 18

6	Sisa Karbon Conradson, %wt	ASTM D 4530	0,241	maks.0,30	maks.0,30
---	----------------------------	-------------	-------	-----------	-----------

*) = SNI-04-7182-2006 diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006

***) = Spesifikasi solar sesuai SK Dirjen Migas No. 3675K/24/DJM/2006

Viskositas metil ester sangat berkaitan dengan kerapatan spesifik, di mana semakin tinggi viskositas maka kerapatan spesifik akan semakin besar. Bahan bakar dengan kerapatan spesifik tinggi akan sulit mengalir sehingga memperlambat proses pembakaran. Viskositas kinematik biodiesel dari minyak goreng bekas cukup rendah sehingga jika digunakan sebagai bahan bakar pada mesin diesel, hasil injeksi dalam ruang pembakaran mudah membentuk kabut dan memudahkan pembakaran.

Titik nyala yang tinggi akan memudahkan dalam proses penanganan, penyimpanan, dan pengangkutan karena dapat mengurangi resiko penyalaaan. Juga aman pada daerah yang beriklim tropis yang panas. Apabila titik nyala bahan bakar rendah maka bahan bakar tersebut mudah terbakar dalam penyimpanannya. Hasil uji titik nyala biodiesel dari minyak goreng bekas yaitu sebesar 170,5 (Tabel 1) ini telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel dan nilainya sangat tinggi jika dibandingkan dengan batasan minyak solar. Nilai titik nyala ini membuat biodiesel dari minyak goreng bekas aman disimpan walaupun terjadi kenaikan suhu di atas suhu kamar.

Pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa titik tuang biodiesel dari minyak goreng bekas yaitu sebesar 12 telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel. Titik tuang menunjukkan suhu di mana minyak mulai membeku atau berhenti mengalir. Titik tuang yang tinggi akan membuat mesin sulit dinyalakan pada suhu yang rendah. Nilai titik tuang biodiesel dari minyak goreng bekas ini membuat penggunaan biodiesel pada mesin diesel akan mudah menyala pada suhu rendah.

Titik kabut biodiesel dari minyak goreng bekas yaitu sebesar 18 telah memenuhi spesifikasi minyak diesel dan SNI biodiesel. Titik kabut adalah suhu suatu minyak mulai keruh bagaikan berkabut, tidak lagi jernih pada saat didinginkan. Jika suhu diturunkan lebih lanjut akan didapat titik tuang. SNI menetapkan titik kabut maksimum 18 °C sehingga aman untuk digunakan di daerah tropis.

Sisa karbon *conradson* adalah nilai karbon yang tertinggal setelah penguapan dan pembakaran habis. Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa sisa karbon conradson biodiesel dari

minyak goreng bekas yaitu sebesar 0,241 telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel. Tingkatan residu karbon tergantung pada jumlah asam lemak bebas dan jumlah trigliserida (Prihandana dkk., 2006). Nilai sisa karbon yang semakin rendah menunjukkan bahwa penguraian trigliserida yang terjadi semakin mendekati sempurna.

Dari uraian yang telah dikemukakan dapat diketahui bahwa biodiesel yang dihasilkan dari minyak goreng bekas dengan katalis CaO dari kulit telur ayam ras mempunyai kelebihan dibanding minyak diesel, di mana biodiesel mempunyai titik nyala yang tinggi yaitu 170,5 sehingga dapat memudahkan dalam proses penyimpanan karena dapat mengurangi resiko penyalaan, biodiesel juga mempunyai titik tuang yang lebih rendah sehingga pada suhu yang rendah tidak akan membeku dan masih bisa digunakan, serta mempunyai sisa karbon *conradson* yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi polusi udara.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Melalui proses kalsinasi kulit telur ayam ras pada suhu 1000 °C diperoleh CaO sebesar 54,942 %. Dan pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan menggunakan katalis CaO menghasilkan konversi sebesar 40,298 %.
2. Karakterisasi biodiesel yang dihasilkan dari minyak goreng bekas dengan menggunakan katalis dari kulit telur ayam ras memiliki kualifikasi sebagai bahan bakar diesel dan mendekati karakter minyak diesel menurut ASTM.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A.K., dan Das, L.M. 2001. Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines. *J. Eng. Gas Turbines Power* 123, 440-447.
- Canakei, M., dan van Gerpen, J. 2003. A Pilot Plant to Produce Biodiesel from High Free Fatty Acids Feedstocks. *Am. Soc. Agric.Eng.*, 46, 945 –954.
- Boey, P.L., Maniam, G.P., dan Hamid, S.A. 2009. Biodiesel Production via Transesterification of Palm Olein using Waste Mud Crab (*Scylla serrata*) Shell as a Heterogeneous Catalyst. *Bioresour. Technol.* 100, 6362–6368.
- Elisabeth, J., dan Haryati, T. 2001. Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan, Peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan.

- Fessenden, J.R. dan Fessenden S.J. 1982. *Kimia Organik*. Edisi ketiga. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardjono, A. 2001. *Teknologi Minyak Bumi*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Helwani, Z., Othman, M.R., Aziz, N., Kim, J., dan Fernando, W.J.N. 2009. Solid Heterogeneous Catalysts for Transesterification of Triglycerides with Methanol: a review. *Appl. Catal. A* 363, 1–10.
- Hidayat, D. S. 2008. Pengaruh katalis H-Zeolit pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Bekas menggunakan Reaktor Biodiesel Berkapasitas 10L. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada.
- <http://www.astm.org/Standars/htm>. akses 6 Juni 2010.
- Kardiawarman. 1996. *Sinar-X*. FMIPA Fisika IKIP, Bandung.
- Kawashima, A., Matsubara, K., dan Honda, K. 2008. Development of Heterogeneous Base Catalysts for Biodiesel Production. *Biores. Technol.* 99, 3439–3443.
- Knothe, G. 2000. Monitoring a Progressing Transesterification Reaction by Fiber-Optic Near Infrared Spectroscopy with correlation to H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, *Jpn. AM. Oil. Chem. Soc.* 77, J 9483, 489-493.
- Kuncoro, H. 2009. Konversi Lemak Ayam menjadi Biodiesel dengan Katalis Zeolit Alam Klaten Teraktifasi H_2SO_4 pada Reaktor Biodiesel Sederhana. *Tesis*. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Liu, Y., Lotero, E., Goodwin Jr., J.G., dan Mo, X. 2007. Transesterification of Poultry Fat with Methanol using Mg–Al Hydrotalcite Derived Catalysts. *Appl. Catal. A* 331, 138–148.
- Macleod, C.S., Harvey, A.P., Lee, A.F., dan Wilson, K. 2008. Evaluation of the Activity and Stability of Alkali-Doped Metal Oxide Catalysts for Application to an Intensified Method of Biodiesel Production. *Chem. Eng. J.* 135, 63–70.
- Mastutik, D. 2006. Transesterifikasi Minyak Jelantah Kelapa Sawit menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis NaOH tanpa Proses Esterifikasi dan Katalis Asam (H_2SO_4 dan zeolit-Y) melalui Proses Esterifikasi. *Tesis*. FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Mulja, M. 1994. *Perkembangan Instrumentasi Kromatografi Gas*. Penerbit Universitas Airlangga, Surabaya.
- Nakatani, N., Takamori, H., Takeda, K., dan Sakugawa, H. 2009. Transesterification of Soybean Oil using Combusted Oyster Shell Waste as a Catalyst. *Bioresour. Technol.* 100, 1510–1513.
- Pinto, A. C., Guarieiro, L.L.N., Rezende, M.J.C., Ribeiro, N.M., dan Torres, E.A., Lopes, W.A., Pereira, P.A.P., Andrade, J.B. 2005. Biodiesel: an overview. *J. Braz. Chem. Soc.* 16, 1313–1330.

- Prihandana, R., Hendroko, R., Nuramin, M. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. PT. Agro Media Pustaka : Jakarta Selatan.
- Sastrohamidjojo, H. 1991. *Spektroskopi*. Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Serio, M. D., Cozzolino, M., Giordano, M., Tesser, R., Patrono, P., dan Santacesaria, E. 2007. From Homogeneous to Heterogeneous Catalysts in Biodiesel Production. *Ind. Eng. Chem. Res.* 46, 6379–6384.
- Serio, M. D., Tesser, R., Pengmei, L., dan Santacesaria, E. 2008. Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production, *Energy Fuels* 22, 207–217.
- Stadelman, W.J. 2000. *Eggs and Egg Products*. In: Francis, F.J. (Ed.), *Encyclopedia of Food Science and Technology, second edition*, John Wiley and Sons, New York, pp.593–599.
- Surdia, N. M. 1993. *Ikatan dan Struktur Molekul*. FMIPA Kimia ITB, Bandung.
- Triasmoyo, S. 2006. Pengaruh Konsentrasi Nb₂O₅(3%)-y-Al₂O₃ terhadap Konversi Biodiesel Total pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. *Skripsi*. FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Tsai, W.T., Hsien, K.J., Hsu, H.C., Lin, C.M., Lin, K.Y., dan Chiu, C.H. 2008. Utilization of Ground Eggshell Waste as an Adsorbent for the Removal of Dyes from Aqueous Solution. *Biores. Technol.* 99, 1623–1629.
- Van Gerpen, J., Shanks, B., dan Pruszko, R. 2004. *Biodiesel Production Technology National Renewable Energy Laboratory*, Colorado.
- Wei, Z., Xu, C., dan Li, B. 2009. Application of Waste Eggshell as Low-Cost Solid Catalyst for Biodiesel Production. *Bioresour. Technol.* 100, 2883–2885.
- Zabeti, M., Wan Daud, W.M.A., dan Aroua, M.K. 2009. Activity of Solid Catalysts for Biodiesel Production: a review. *Fuel Process. Technol.* 90, 770–777.
- Zappi, M., Hernandez, M., Spark, D., Horne, J., dan Brough, M. 2003. *A Review of the Engineering Aspects of the Biodiesel Industry*, MSU Anvironmental Technology Research and Applications Laboratory Dave C. Swalm School of Chemical Engineering Missisipi State University, Missisipi.
- Zhang, Y., M.A. Dubè, McLean, D.D., dan Kates, M. 2003. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: 1. Process Design and Technological Assessment ; Review Paper. *Bioresource Technology*, 89, 1-16.