

THE UTILITATION OF BEEF TALLOW INTO BIODIESEL WITH  
HETEROGENOUS CATALYST

PENGOLAHAN LEMAK SAPI MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS  
HETEROGEN

A.Bandjar<sup>1</sup>, I Wayan Sutapa<sup>1</sup>, Rosmawaty<sup>1</sup>, Nurlina Mahulau<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Pattimura University, Kampus Poka, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon 97134

Received: January 2014 Published: July 2014

ABSTRACT

The research of utilitasion of beef tallow into biodiesel with heterogenous (CaO) catalyst has been conducted. Biodiesel production initially by esterification reaction with catalyst H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% (toward oil and methanol weight) with molar ratio oil : methanol (1:9). After esterification process, trygliceride separated from methanol and continued by transesterification step with molar ratio 1:12 (oils and methanol) and CaO catalyst 11% wt. Esterification and transesterification process carried out for 2 hours and 6 hours respectively at 65 °C. Composition of the biodiesel was analyzed by <sup>1</sup>HNMR, Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and their physical properties analyzed by ASTM method. Result of biodiesel conversion is 93.99% while based on GC-MS analysis showed that mayor component of biodiesel were mixture of methyl esters with methyl octadecanoat as the major coumpound (40.65%). Based on data from ASTM, biodiesel produced from beef tallow have qualified as diesel fuel.

**Keywords :** Biodiesel, Heterogenous catalyst, esterification, beef tallow, methanol, transesterification

PENDAHULUAN

Berkurangnya cadangan minyak bumi dunia dan meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan hidup menyebabkan adanya permintaan yang besar untuk sumber bahan bakar alternatif. Dengan adanya peningkatan kebutuhan minyak, maka dampak lingkungan yang ditimbulkan juga meningkat. Usaha pengelolaan yang amat potensial adalah dengan pengembangan teknologi sumber daya energi terbarukan seperti biodiesel. Salah satu sumber energi alternatif adalah biodiesel. Biodiesel adalah bahan bakar rendah emisi, pengganti bahan bakar diesel yang terbuat dari sumber daya terbarukan dan limbah lipid (Knothe, 2000, Encinar dkk., 2002).

Biodiesel merupakan campuran metil ester dengan asam lemak rantai panjang dan biasanya dibuat dari nontoksik. Sumber daya hayati biodiesel seperti minyak sayur, lemak hewan, atau bahkan menggunakan minyak goreng. Biodiesel pada umumnya diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak

hewan dengan alkohol rantai pendek (umumnya metanol) menggunakan katalis (Ma dan Hanna, 1999; Di. Serio dkk., 2008; Huber dkk., 2006). Biodiesel memiliki keunggulan seperti ramah lingkungan, tidak beracun, secara esensial bebas sulfur dan benzena yang karsinogenik, hasil pembakarannya adalah CO<sub>2</sub> yang dapat dikonsumsi oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis (siklus karbon), dapat teroksidasi relatif sempurna atau terbakar habis, nontoksik, dan terurai secara alami (*biodegradable*).

Lemak hewani seperti lemak sapi cenderung bersifat jahat karena banyak mengandung asam lemak jenuh (*saturated fatty acid*) sehingga tidak baik untuk dikonsumsi secara berlebihan. Meskipun kurang baik bagi kesehatan manusia, tetapi karena lemak sapi memiliki kandungan lemak yang dapat digunakan sebagai bahan dasar konversi menjadi biodiesel, lemak ini akan memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan lemak hewani yang lain (Issariyakul dkk., 2008, Knothe, 2002).

Proses konvensional hasil produksi biodiesel ditransesterifikasi dari minyak atau lemak menggunakan katalis homogen. Namun proses katalis homogen memiliki beberapa kekurangan yaitu, produksi air limbah yang tak terelakkan dari proses pencucian residu katalis dan katalis ini tak dapat digunakan kembali (Macleod dkk., 2008, Sigh dkk., 2010). Saat ini produksi biodiesel menggunakan katalis heterogen. Katalis heterogen dapat mengatasi kekurangan katalis homogen, salah satunya adalah dapat dengan mudah digunakan kembali. Selain itu, langkah netralisasi produksi air limbah dalam jumlah besar dapat dihilangkan (Kawashima dkk., 2008). Beberapa katalis heterogen telah digunakan dalam produksi biodiesel, diantaranya MgO, CaO, dan hidrokatalitis (Liu dkk., 2008; Di Serio dkk., 2007; Zabeti dkk., 2009, van Gerpen dkk., 2004). Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka telah dilakukan penelitian dengan judul “Pengolahan Lemak Sapi menjadi Biodiesel dengan menggunakan Katalis CaO”.

## METODOLOGI

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: satu set alat refluks (*pyrex*), alat-alat gelas (*pyrex*), pemanas listrik (*mammert*), pengaduk magnet (*science ware*), neraca analitik, lumping, oven (*mammert*), termometer 1000 °C, kromatografi Gas-Spektrometer Massa (GC-MS Shimadzu QP-5000S), spektrometer <sup>1</sup>H-NMR JNM PMX 50 NMR, vakum evaporator *Buchii*, ayakan/tapisan, alat uji ASTM.

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : lemak sapi dari pasar Mardika kota Ambon, CaO (*merck*), metanol (*merck*), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (*merck*), KOH (*merck*), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat (*merck*), alkohol 95%, indikator fenoltalein, akuades, kertas saring Whatman 42, kertas saring

## a. Prosedur Kerja

### a.1 Preparasi katalis

CaO dihaluskan terlebih dahulu menggunakan lumpang yang terbuat dari porselin sampai terbentuk serbuk, kemudian serbuk CaO tersebut diletakkan di atas permukaan cawan porselin. Untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung dalam CaO maka serbuk CaO dimasukkan ke

dalam oven dan dikeringkan pada suhu 200°C selama 60 menit.

### a.2 Preparasi lemak sapi

Lemak sapi dipanaskan pada suhu 120 °C untuk menguapkan air. Setelah dipanaskan lemak cair disentrifuge untuk memisahkan pengotor padatan yang terlarut kemudian disaring dengan kertas saring untuk memisahkan pengotor padat yang berukuran besar. Hasil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi dengan instrument <sup>1</sup>H-NMR.

### a.3 Analisis asam lemak bebas

Sampel sebanyak 5 g dimasukkan dalam labu erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 50 mL alkohol 95 %. Selanjutnya dilakukan pemanasan selama beberapa menit dalam penangas air sampai mendidih. Kemudian didinginkan dan ditambahkan beberapa tetes indikator fenoltalein. Setelah itu dilakukan titrasi dengan KOH 0,1 N sampai tepat warna merah jambu. Dihitung kadar asam lemak bebasnya.

### a.4 Sintesis biodiesel melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi

Lemak sebanyak 50 g yang telah dipanaskan dan bersih dimasukkan ke dalam alat refluks, kemudian diesterifikasi asam lemak bebasnya dengan metanol (perbandingan minyak dan metanol 1:9) dan ditambahkan dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M 1% dari berat campuran. Campuran direfluks pada temperatur 65 °C selama 2 jam. Setelah campuran diesterifikasi, kemudian campuran ditransesterifikasi dengan metanol (perbandingan minyak dan metanol 1 : 12) dan ditambahkan dengan katalis basa alkali CaO dengan berat 11% berat campuran. Campuran direfluks kembali pada suhu 65°C selama 6 jam. Campuran hasil reaksi didinginkan dan terbentuk 2 lapisan, yaitu berturut-turut dari atas ke bawah metil ester (biodiesel), kemudian gliserol. Lapisan metil ester dan gliserol dipisahkan dengan menggunakan corong pisah. Kemudian metil ester dievaporasi untuk menghilangkan sisa metanol. Metil ester selanjutnya dicuci dengan akuades dalam corong pisah untuk melarutkan sisa gliserol. Langkah terakhir adalah dengan penambahan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat untuk mengikat sisa-sisa air, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman 42.

### 3.3.5 Karakterisasi biodiesel

Metil ester yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi dengan ASTM, instrument <sup>1</sup>HNMR dan GC-MS. Karakteristik biodiesel yang dianalisis dengan metode ASTM adalah kerapatan spesifik 60/60 °F (ASTM D 1298), viskositas kinematik 40 °C (ASTM D 445), titik tuang (ASTM D 97), titik nyala (ASTM D 93), dan sisa *carbon codranson* (ASTM 189).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Analisis Asam Lemak Bebas

Lemak sapi dari pasar Mardika kota Ambon sebelumnya dianalisis kadar asam lemak bebasnya (FFA) dan diperoleh kadar asam lemak bebas sebesar 11,28%. Analisis kadar asam lemak bebas dilakukan bertujuan untuk menentukan proses pembuatan biodiesel selanjutnya. 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 (Mastutik, 2006, Viriya-empikul dkk., 2010).

### b. Sintesis Biodiesel melalui Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi

Esterifikasi asam lemak bebas pada lemak sapi merupakan langkah pertama untuk mengurangi adanya asam lemak bebas. Dengan esterifikasi, asam lemak bebas dikonversi menjadi metil ester. Hasil yang diperoleh setelah esterifikasi adalah campuran trigliserida dengan metil ester. Esterifikasi asam lemak bebas dan metanol dapat dilakukan dengan mudah dengan katalis asam. Esterifikasi dengan katalis asam berlangsung dengan cepat.

Reaksi esterifikasi lemak sapi dilakukan dengan mereaksikan metanol dengan sampel (lemak sapi), dengan perbandingan 1:9 menggunakan katalis asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 1% berat. Proses esterifikasi dilakukan pada temperatur 65 °C selama 2 jam. Penggunaan katalis asam lebih baik dari katalis basa karena tidak menghasilkan sabun dan dapat meningkatkan produksi biodiesel. Hal tersebut dikarenakan reaksi esterifikasi merupakan reaksi pembentukan suatu ester (Macleod dkk, 2008).

Reaksi transesterifikasi trigliserida dalam lemak sapi dilakukan dengan rasio mol minyak

terhadap metanol 1:12 yang sebelumnya telah direaksikan bersama katalis CaO kulit telur 11% berat minyak dan metanol, kemudian direfluks pada suhu 65°C selama 6 jam. Pencampuran katalis CaO dan metanol bertujuan untuk mengaktifkan sifat katalitik dari kalsium oksida tersebut, karena reaksi antara CaO dengan metanol akan membentuk senyawa kalsium metoksida Ca(CH<sub>3</sub>O)<sub>2</sub> pada permukaan katalis sehingga meningkatkan aktifitas katalitik dari katalis tersebut pada reaksi transesterifikasi karena anion metoksida memiliki sifat basa yang kuat.

Setelah reaksi transesterifikasi terbentuk tiga lapisan berturut-turut metil ester (biodiesel), gliserol dan katalis CaO yang telah memadat sehingga mudah dipisahkan. Lapisan metil ester yang terbentuk (biodiesel) kemudian dipisahkan dari gliserol dengan menggunakan corong pisah. Gliserol yang terbentuk berada pada lapisan bawah. Biodiesel yang terbentuk kemudian dievaporasi untuk menghilangkan sisa metanol. Hasil evaporasi kemudian dicuci, pada proses pencucian metil ester (biodiesel) dengan menggunakan akuades. Proses pencucian ini sendiri bertujuan untuk menghilangkan gliserol, sisa-sisa metanol dan sisa-sisa katalis yang masih terkandung di dalam metil ester. Selanjutnya ditambahkan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat untuk mengikat sisa-sisa air.

### c. Karakterisasi Metil Ester (Biodiesel)

#### Analisis campuran metil ester dengan Gas Chromatography – Mass Spectroscopy (GC – MS)

Untuk analisis kualitatif, metil ester dianalisis dengan GC-MS. Kromatogram hasil analisis GC-MS menunjukkan adanya sepuluh puncak dan terdapat lima puncak yang terdeteksi sebagai metil ester asam lemak. Puncak yang dapat terdeteksi yaitu puncak pertama adalah metil meristat, puncak ketiga adalah metil palmitat, puncak kelima adalah metil margarat (metil heptadekanoat), puncak ketujuh adalah metil oleat, dan puncak kesepuluh adalah metil stearat (metil oktadekanoat).

#### Karakteristik biodiesel lemak sapi berdasarkan metode ASTM

Hasil analisis biodiesel dengan metode ASTM yang dibandingkan dengan spesifikasi ASTM untuk biodiesel dapat dilihat pada Tabel

1. Biodiesel hasil reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan CaO 11% memenuhi 6 kriteria yang penting sebagai bahan bakar.

Viskositas metil ester berkaitan dengan kerapatan spesifik, di mana viskositas semakin tinggi kerapatan spesifik semakin besar. Bahan bakar dengan kerapatan spesifik tinggi akan sulit mengalir sehingga memperlambat proses pembakaran. Viskositas biodiesel dari lemak sapi mempunyai viskositas rendah, dan jika digunakan sebagai bahan bakar mesin, hasil injeksi dalam ruang pembakaran mudah membentuk kabut yang memudahkan pembakaran.

Titik nyala biodiesel dari lemak sapi sangat tinggi (180,5 °C). Titik nyala yang tinggi memudahkan penyimpanannya. Titik nyala biodiesel dapat disimpan dengan mudah dan aman pada daerah beriklim tropis yang panas. Jika titik nyala bahan bakar rendah, bahan bakar tersebut mudah terbakar dalam penyimpanannya. Biodiesel dari lemak sapi tergolong mempunyai titik tuang dan titik kabut yang tinggi. Titik tuang dan titik kabut yang tinggi mengakibatkan mesin sulit dinyalakan pada temperatur rendah.

Nilai sisa karbon *Condradson* biodiesel yang dihasilkan dari lemak sapi adalah 0,087% dan telah memenuhi standar mutu ASTM biodiesel. Nilai sisa karbon yang semakin rendah menunjukkan bahwa penguraian trigliserida yang terjadi semakin mendekati sempurna.

Dari enam kriteria sifat biodiesel yang telah diuraikan di atas, maka biodiesel yang dihasilkan dari lemak sapi mendekati karakteristik biodiesel sesuai dengan standar mutu ASTM biodiesel, dimana biodiesel memiliki titik nyala yang tinggi 180,5 sehingga dapat memudahkan dalam proses penyimpanan karena dapat mengurangi resiko penyalan, serta mempunyai sisa karbon *conradson* yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi polusi udara.

Tabel 1. Perbandingan antara spesifikasi biodiesel dengan spesifikasi ASTM untuk biodiesel

No	Sifat fisik	Spesifikasi ASTM untuk biodiesel	Biodiesel
1.	Kerapatan spesifik 60/60 ° F	0,87-0,89	0,8713
2.	Viskositas kinematik 40°C.mm <sup>2</sup> /S	2,3-6,0	5,092
3.	Titik nyala, °C	Min.100	180,5
4.	Titik kabut, °C	Maks.18	24
5.	Titik tuang, °C	Maks. 18	21
6.	Sisa karbon Condradson,% wt	Maks.0,1	0,099

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Konversi metil ester secara teoritis yang diperoleh adalah sebesar 93,99% pada reaksi transesterifikasi katalis CaO 11% berat minyak dan metanol (rasio molar 1:12).
2. Metil ester yang dihasilkan dari proses transesterifikasi menggunakan katalis CaO yaitu : metil ester tetradekanoat (2,02%), metil ester heksadekanoat (24,02%), metil ester heptadekanoat (2,27%), metil ester 9-oktadekanoat (18,86%), metil ester oktadekanoat (40,65%).
3. Biodiesel yang dihasilkan dari lemak sapi memiliki kualifikasi sebagai bahan bakar diesel karena telah mendekati karakteristik minyak diesel sesuai dengan standar ASTM yaitu kerapatan spesifik 60/60 °F (0,8703), viskositas kinematik 40 °C.mm<sup>2</sup>/S (4,954), titik nyala °C (180,5), titik kabut °C (24), titik tuang °C (21), sisa karbon *Condradson* (0,087).

## DAFTAR PUSTAKA

- Di Serio, M., Tesser, R., Pengmei, L., dan Santacesaria, E., 2008, Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production, *Energy Fuels*, **22**, 207-217.
- Encinar, JM, González, JF, dan Rodríguez-Reinara, A., 2002, Biodiesel fuels from vegetables oils transesterification of *Cynaracardulus L* oils with ethanol. *Energy and Fuels*.16; 443-450.
- Huber, G.W., Iborra, S., dan Corma, A., 2006, Synthesis of Transportation Fuels from Biomass: Chemistry, Catalyst, and Engineering, *Chem. Rev.* **106**, 4044-4098.
- Issariyakul, T., Kulkarni, M.G., Meher, L.C., Dalai, A.K., dan Bakhshi, N.N., 2008, Biodiesel Production from Mixtures of Canola Oil and Used Cooking Oil, *Chem. Eng. J.*, **140**, 77-85.
- Jacobs, D., dan Adams, D., 2001, Used Frying Oil to Diesel: An Opportunity for Micro-Enterprise Creation, *Thesis*, University of Cape Town, South Africa.
- Kawashima, A., Matsubara, K., dan Honda, K., 2008, Development of Heterogeneous Base Catalysts for Biodiesel Production, *Bioresou. Technol.*, **99**, 3439-3443.

- Knothe, G., 2000, Monitoring a Progressing Transesterification Reaction by Fiber-Optic Near Infrared Spectroscopy with Correlation to  $^1\text{H}$  Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **77**; 489–493.
- Knothe, G., 2002, Biodiesel and Renewable Diesel: A Comparison, *Progress in Energy and Combustion Science*, **36**, 364–373
- Liu, X., He, H., Wang, Y., Zhu, S., dan Piao, X., 2008, Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using CaO as A Solid Base Catalyst, *Fuel*, **87**, 216–221.
- Ma, F, dan Hanna, M.A., 1999, Biodiesel Production: A Review. *Bioresource Technology*, **70**, 1-15.
- Macleod, C. S., Harvey, A. P., Lee, A. F., dan Wilson, K., 2008, Evaluation of The Activity and Stability of Alkali-doped Metal Oxide Catalyst for Application to An Intensified Methode 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 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan zeolit-Y) melalui Proses Esterifikasi*, Tesis. FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Singh, S.P., dan Singh, D., 2010, Biodiesel Production through the Use of Different Sources and Characterization of Oils and their Esters as the Substitute of Diesel: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **14**, 200–216.
- Triasmoyo, S., 2006, Pengaruh Konsentrasi  $\text{Nb}_2\text{O}_5(3\%)\text{-y-Al}_2\text{O}_3$  terhadap Konversi Biodiesel Total pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas, *Skripsi*, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Van, Gerpen, J., Shanks, B., dan Pruszkowski, R., 2004, *Biodiesel Production Technology*, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Viriya-empikul, N., Krasae, P., Puttasawat, B., Yoosuk, B., Chollacoop, N., dan Faungnawakij, K., 2010, Waste Shells of Mollusk and Egg as Biodiesel Production Catalysts, *Bioresource Technology*, **110**, 3765–376
- Zabeti, M., Wan Daud, W. M. A., dan Aroua, M. K., 2009, Activity of Solid Catalyst for Biodiesel Production: A Review, *Fuel Process, Technol.*, **90**, 77.