



BIODIESEL DARI CAMPURAN LEMAK SAPI (*Beef Tallow*) DAN MINYAK SAWIT

Wara Dyah Pita Rengga dan Rosidah Erlis Ernawati

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

ABSTRAK

Cadangan minyak bumi semakin menipis, sehingga dicari bahan bakar alternatif, salah satunya adalah biodiesel. Minyak nabati terutama minyak sawit merupakan bahan baku edible sedangkan lemak sapi merupakan bahan baku non-edible dengan biaya rendah dan memiliki ketersediaan tinggi pada produksi sapi. Pemanfaatan lemak sapi yang belum maksimal dapat digunakan bersama minyak sawit untuk menghasilkan biodiesel. Lemak sapi dicairkan supaya menjadi minyak sapi. Bahan baku minyak sapi dan minyak sawit dicampur dengan perbandingan 3:1. Campuran minyak ditransesterifikasi dengan metanol dengan perbandingan molar (1:6) dan katalis NaOH. Proses dilakukan selama 90 menit pada suhu $\pm 65^{\circ}\text{C}$. Hasil proses transesterifikasi adalah metil ester dan gliserol. Metil ester pada lapisan atas dipisahkan dari gliserol kemudian dilakukan pencucian. Metil ester atau biodiesel selanjutnya diuji angka asam, viskositas, densitas, dan analisis menggunakan GC-MS. Yield biodiesel yang dihasilkan dari campuran minyak sapi dan minyak sawit adalah 76%, angka asam 0,67124 mg-KOH/g, densitas 857,76 kg/cm³, dan viskositas 3,0074 mm²/s. Kesemua parameter tersebut sesuai dengan standart mutu SNI biodiesel. Kandungan metil ester dari minyak sawit dan lemak sapi adalah metiloleat dan metil palmitat.

Kata kunci: *biodiesel, lemak sapi, minyak sawit, transesterifikasi.*

ABSTRACT

The availability of the fossil fuel is decreasing; hence the finding of an alternative fuels is very important. One of those alternative fuels is biodiesel. Vegetable oil, especially palm oil is the edible raw material, while the beef tallow is the non-edible raw material with low cost production and the availability is huge in the cattle production. The beef tallow mixed with palm oil can be used as raw material for producing biodiesel. Firstly, the beef tallow was melted into beef oil. The raw materials of beef tallow and palm oil were mixed with the composition ratio of 3:1. The resulted mixed-oil was transesterificated by adding methanol with molar ratio of 1:6 and NaOH as catalyst. The transesterification process was carried for 90 minutes at $\pm 65^{\circ}\text{C}$. Transesterification process produces methyl ester and glycerol. The produced methyl ester on the upper layer was separated from the glycerol and then washed. The produced methyl ester was tested to determine the acid number, viscosity, and density. Analysis of the methyl ester components using GC-MS was also conducted. The experimental results show the yield of produced biodiesel from mixed-oil of beef tallow and palm oil (3:1) was 75.93%. The tested acid number, density, and viscosity were 0.67124 mg-KOH/g, 85.76 kg/cm³, and 3.0074 mm²/s, respectively. Data of the tested methyl ester properties are in accordance with the quality of

standard ISO for methyl ester. The content of the produced methyl ester from the mixed-oil of beef tallow and palm oil are metiloleat and methyl palmitate.

Keywords: *biodiesel, beef tallow, palm oil, transesterification.*

PENDAHULUAN

Adanya krisis energi di dunia telah mendorong para peneliti untuk mendapatkan bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar yang berasal dari minyak bumi. Bahan bakar alternatif yang layak dikembangkan adalah bahan bakar yang bersifat *renewable* atau terbarukan, salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani yang memiliki sifat seperti minyak diesel/solar dan lebih ramah lingkungan. Biodiesel dibuat dari minyak nabati seperti dari minyak sawit, minyak biji karet (Rengga, dkk, dan Kadarwati, 200), minyak dedak padi (Puspita, 2009), minyak kemiri, minyak kelapa. Indonesia adalah negara penghasil minyak nabati salah satunya adalah minyak sawit, sehingga pemilihan minyak sawit sebagai bahan bakar alternatif lebih menjanjikan dibanding dengan minyak nabati yang lain untuk masa datang. Minyak sawit terdiri atas senyawa gliserol dan asam lemak dalam bentuk trigliserida. Asam lemak yang terikat dalam minyak terdiri atas asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak tak jenuh yang terkandung dalam minyak sawit adalah 0,5-0,6% asam miristat, 32-45% asam palmitat, 2-7% asam stearat. Asam lemak tak jenuhnya adalah 38-52% asam oleat, 5-11% asam linoleat. Disamping minyak nabati, ada juga lemak hewani

yang produksinya cukup besar di Indonesia adalah lemak/gajih sapi (*beef tallow*). Lemak sapi merupakan bahan baku *non-edible* dengan biaya rendah dan memiliki ketersediaan yang tinggi pada produksi sapi (Da Cunha dkk, 2009). Berdasarkan harga, lemak sapi lebih murah dibandingkan minyak sawit. Namun dari segi ketersediaannya, jumlah minyak sawit cukup banyak dibandingkan lemak sapi sehingga sangat menguntungkan apabila digunakan campuran minyak sawit dan lemak sapi pada pembuatan biodiesel. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan sintesis biodiesel dari campuran lemak sapi (*beef tallow*) dan minyak sawit dan karakteristik densitas dan viskositas.

METODE

Bahan baku dari minyak sawit yang berasal dari minyak sawit merek Bimoli dan lemak sapi berasal dari pusat pemotongan sapi di Kudus.

Kegiatan penelitian ini meliputi beberapa proses preparasi minyak sapi, proses pencampuran minyak sapi dan sawit, proses transesterifikasi, proses pencucian, dan analisis/pengujian. Proses preparasi lemak sapi menjadi minyak sapi diawali dengan pengeringan lemak sapi. Lemak sapi yang sudah kering kemudian dipanaskan pada suhu 65°C sampai lemak meleleh dan berubah menjadi minyak. Jika ada pengotor bisa dipisahkan dari minyak sapi

dengan cara disaring. Minyak sapi yang sudah disaring selanjutnya dicampur dengan minyak sawit dengan perbandingan 1:3. Pemanasan awal campuran minyak tersebut dilakukan pada suhu 65°C sambil diaduk sehingga tercampur sempurna.

Campuran bahan baku minyak sawit dan minyak sapi selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi. Pada proses ini minyak dipanaskan dalam labu alas hingga suhu 65°C. Pada saat yang bersamaan, NaOH 1% ditambahkan dengan ratio molar minyak dan metanol 1:6 dan diaduk hingga homogen. Minyak bersuhu 65°C ditambahkan dengan campuran metanol dan NaOH. Kemudian campuran minyak, metanol, dan NaOH di transesterifikasi selama 90 menit pada suhu $\pm 65^\circ\text{C}$. Campuran hasil transesterifikasi kemudian dimasukkan dalam corong pisah hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah adalah gliserol dan lapisan atas adalah metil ester yang merupakan minyak hasil transesterifikasi. Proses pencucian biodiesel hasil transesterifikasi dilakukan pada corong pisah dengan menambahkan air hangat bersuhu dengan 80°C sebanyak 75 mL. Proses pencucian ini dilakukan berkali-kali sampai diperoleh pH air bilasan cucian adalah netral.

Analisis/Pengujian

Pengujian/analisis biodiesel yang dilakukan meliputi uji bilangan asam, uji densitas (berat jenis) dan uji viskositas (kekentalan). Pengujian menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometri*) GC-MS (Shimadzu, QP-

5000) dilakukan untuk mengetahui jenis dan komposisi dari komponen yang terdapat dalam biodiesel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Lemak Sapi menjadi Minyak Sapi

Pada awal pemilihan bahan baku harus dipilih kualitas lemak sapi yang baik. Lemak sapi yang dipilih adalah yang segar dan berwarna putih susu yang diperoleh dari tempat pemotongan sapi di Kudus. Lemak sapi yang sudah dipilih kemudian dicuci lalu ditiriskan dan dikeringkan. Setelah lemak sapi bebas dari air cucian, lemak sapi dipanaskan pada suhu 65°C sampai meleleh dan lemak sapi berubah menjadi minyak sapi dengan warna cairan minyak kuning bening dan ada padatan yang berwarna hitam (kulit minyak). Minyak sapi kemudian disaring untuk memisahkan padatan. Hasil minyak sapi dari pelelehan lemak sapi adalah 51,2%, dengan warna kuning bening. Hal ini disebabkan kulit luar lemak sapi jika dipanaskan pada 65°C tidak dapat meleleh, sehingga mengurangi *yield* minyak sapi yang dihasilkan.

Proses Percampuran Minyak Sapi dengan Minyak Sawit

Minyak sapi dicampur dengan minyak sawit dengan perbandingan berat minyak sapi dan minyak sawit sebesar 3 : 1. Warna minyak sapi kuning bening sebanyak 75 gram ditambah dengan minyak sawit warna kuning tua bening sebanyak 25 gram saling larut menghasilkan 100

gram minyak kuning bening. Proses percampuran minyak sapi dan minyak sawit dilakukan dengan pemanasan $\pm 65^{\circ}\text{C}$ dan pengadukan sampai homogen.

Proses pemanasan bertujuan untuk menghindari pemadatan minyak sapi, dan proses ini tidak mengurangi berat minyak karena dilakukan di bawah titik didih minyak. Proses pengadukan dimaksudkan agar minyak dapat tercampur homogen dengan cepat. Campuran minyak selanjutnya diproses transesterifikasi untuk mereaksikan trigliserida dengan methanol menjadi metil ester.

Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dilakukan dari bahan baku minyak dari campuran minyak lemak sapi dan minyak sawit dan murni minyak sawit saja. Minyak hasil preparasi (campuran minyak sapi dan minyak sawit) ditransesterifikasi dengan suhu 65°C . Hal yang sama juga dilakukan dengan persentase perbandingan dan suhu yang sama oleh Purnavita dkk, 2009 namun jumlah katalis yang ditambahkan 1% berat. Jadi metanol yang sudah dicampur dengan katalis NaOH sebanyak 1% berat minyak kemudian dicampurkan dengan minyak. Kondisi reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu 65°C selama 1 jam. Setelah 1

jam, produk dipisahkan dalam corong pisah. Lapisan atas adalah metil ester dan lapisan bawah adalah gliserol. Produk yang dihasilkan adalah metil ester dan gliserol terlihat pada Tabel 1.

Campuran hasil trans-esterifikasi yang berwarna kuning keruh agak kecoklatan kemudian dimasukkan dalam corong pisah hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah merupakan gliserol dengan warna kuning kemerahan bening dengan sedikit gumpalan-gumpalan kecil yang berwarna putih dan lapisan bawah merupakan metil ester yang berwarna kuning bening. Perlakuan tersebut dilakukan pada minyak sawit sebagai pembanding. Warna dari gliserol yang dihasilkan adalah kuning kemerahan bening dengan sedikit gumpalan-gumpalan kecil yang berwarna putih dan metil ester dengan warna kuning bening.

Berdasarkan Tabel 1 proses transesterifikasi dari minyak campuran minyak sapi dan minyak sawit menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 76%, sedangkan transesterifikasi dari minyak sawit sebanyak 62,4%. Reaksi transesterifikasi juga dilakukan terhadap lemak sapi dengan etanol dengan bantuan enzim lipase menghasilkan *yield* yang tinggi 96,25%. Proses transesterifikasi itu dilakukan selama 48

Tabel 1. Hasil Proses Transesterifikasi Campuran Minyak Sapi dan Minyak Sawit

Nama Bahan	Berat Bahan (gram)	Angka asam	Metil Ester (gram)	Gliserol (gram)	<i>Yield</i> (%)
Campuran minyak sapi dan minyak sawit	100,09	0,97	76,00	49,61	75,93
Minyak sawit	100,01	2,50	62,42	40,42	62,41

jam dengan konsentrasi ester $64,74 \pm 1,45$ % berat (Silva dkk, 2012). Metil ester yang dihasilkan dari campuran minyak sapi dan minyak sawit lebih besar *yield*-nya dibandingkan dengan metil ester dari minyak sawit. Hal ini disebabkan perbedaan bilangan asam yang dimiliki minyak sawit lebih tinggi daripada minyak sapi yang pada akhirnya pada saat menjadi biodiesel, metil ester yang dihasilkan lebih tinggi pada biodiesel dari campuran minyak sawit dan minyak sapi.

Hasil Uji Metil Ester dari Campuran Minyak Sapi dan Minyak Sawit, Minyak Sawit

Hasil uji dari metil ester campuran minyak sapi dan minyak sawit, minyak sawit murni dibandingkan dengan standar yang dimiliki Indonesia yaitu SNI 04-7182-2006.

Angka Asam

Pada Tabel 2 hasil percobaan diperoleh angka asam dari ester campuran minyak sapi dan minyak sawit adalah sebanyak 0,6712 mg KOH/g dan metil ester minyak sawit 0,7512 mg KOH/g. Angka asam keduanya memenuhi standar mutu SNI metil ester, karena batas SNI metil ester nilai maksimal untuk angka asam ada-

lah 0,8 mg-KOH/g, sehingga lemak sapi dapat digunakan sebagai substitusi terhadap minyak sawit pada pembuatan metil ester.

Densitas

Pada Tabel 2 densitas yang dihasilkan dari metil ester campuran minyak sapi dan minyak sawit adalah sebanyak $857,76 \text{ kg/cm}^3$ dan metil ester minyak sawit $866,86 \text{ kg/cm}^3$, ini sesuai dengan syarat mutu SNI metil ester adalah 850 - 890 kg/cm^3 . Ditinjau dari densitas maka lemak sapi layak digunakan sebagai substitusi terhadap minyak sawit pada pembuatan metil ester.

Viskositas

Viskositas pada percobaan metil ester minyak campuran minyak sapi dan minyak sawit adalah sebanyak $3,0074 \text{ mm}^2/\text{s}$ dan metil ester minyak sawit $3,4476 \text{ mm}^2/\text{s}$. Hal ini sesuai dengan syarat mutu SNI metil ester sebesar 2,3 – 6,0 mm^2/s . Lemak sapi mengandung asam lemak dengan jumlah atom karbon yang lebih banyak dibanding minyak sawit dan lemak sapi memiliki derajat kejenuhan yang lebih tinggi dibanding minyak sawit. Viskositas akan naik dengan kenaikan panjang rantai karbon dan kenaikan derajat kejenuhannya.

Tabel 2. Hasil Uji Syarat Mutu Metil Ester dari Minyak

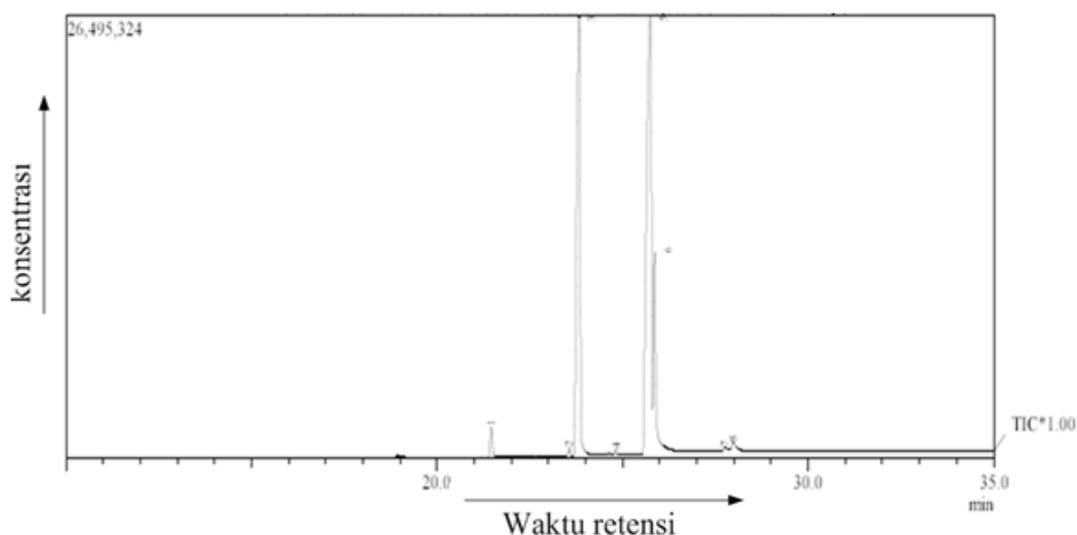
Parameter	Minyak campuran minyak sapi & minyak sawit	Minyak sawit murni	Menurut SNI
Angka Asam (mg-KOH/g)	0,67	0,75	Maks. 0,8
Densitas pada 40°C (kg/m^3)	857,76	866,86	850 – 890
Viskositas pada 40°C (mm^2/s)	3,01	3,45	2,3 – 6,0

Jika dilihat dari sudut pandang sifat bahan bakar, maka minyak dan lemak cukup dekat dengan bahan bakar diesel. Namun jika dilihat dari sudut pandang fisik, sifat dari minyak dan lemak tidak mirip dengan bahan bakar diesel. Salah satu sifat fisik yang penting dari minyak nabati dan lemak adalah viskositas. Pada viskositas minyak lebih kental daripada solar. Pemakaian bahan bakar dengan viskositas yang tinggi sangat berpengaruh pada kompresi mesin pengapian, sehingga perlu adanya modifikasi fisik.

Uji GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometri*)

Identifikasi dengan GC-MS dilakukan untuk meyakinkan bahwa hasil sintesis yang diperoleh memang benar merupakan senyawa metil ester. Hasil analisis sampel biodiesel campuran minyak sapi dan minyak sawit dengan kromatografi gas tersebut terlihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 menunjukkan adanya delapan puncak dengan waktu retensi dan area (%) seperti pada Tabel 3.



Gambar 1. GS-MS Metil ester Campuran Minyak Sapi dan Minyak Sawit

Tabel 3. Data Waktu Retensi dan Luas Puncak Kromatogram Kromatografi Gas serta Senyawa Sampel Biodiesel Campuran Minyak Sapi dan Minyak Sawit

No.	Waktu retensi	Area %	Senyawa
1	21,458	1,58	Metil Miristat
2	23,568	0,37	Metil Palmitat
3	23,829	36,88	Metil Palmitat
4	24,815	0,19	Metil heptadecanoat
5	25,744	49,41	Metil oleat
6	25,867	10,49	Metil Stearat
7	27,758	0,34	11-Eicosenoic
8	27,917	0,74	Arachidic Acid
Jumlah		100	

Tabel. 4. Konversi Metil ester pada Bahan Utama Lemak Sapi

Bahan utama	Katalis	Alkohol	Rasio molar	T, °C	Waktu (jam)	Konversi (%)	Referensi
Lemak sapi	H ₂ SO ₄ 1%	Methanol	6:1	60	48	13,0	Alcantara dkk, 2000
Lemak sapi	KOH 2%	Methanol	-	65	1,5	>95	Moraes dkk, 2008
Lemak sapi	Polystyrene tersulfonasi	Methanol	100:1	64	18	70	Soldi dkk, 2009
Minyak sawit dan minyak sapi	NaOH 1%	Methanol	1:6	65	1,5	75	penelitian

Data GC-MS di atas menyatakan bahwa hasil sintesis memang benar merupakan senyawa biodiesel, yakni metil ester. Senyawa metil ester yang diperoleh adalah metil oleat, metil palmitat, dan metil stearat. Dengan kandungan terbesar yaitu metil oleat sebanyak 49,41% pada titik 5, metil palmitat sebanyak 36,88% pada titik 3, dan metil stearat sebanyak 10,49% pada titik 6. Senyawa metil ester yang diperoleh tersebut sesuai dengan kandungan trigliserida yang terdapat pada bahan dasar minyak campuran minyak sapi dan minyak sawit yang digunakan untuk sintesis adalah trigliserida dengan kandungan asam lemak oleat, palmitat dan stearat. Jumlah metil ester yang terdapat dalam produk adalah 98,92%, sedangkan 1,08% masih berupa asam lemaknya. Konversi campuran minyak sawit dan minyak sapi adalah 75% menjadi metil ester dan beberapa peneliti lainnya disajikan pada Tabel 4. Metil ester dapat dilakukan dengan katalis asam pada transesterifikasinya, tetapi konversinya kecil, sedangkan jika menggunakan

katalis basa dihasilkan yield metil ester yang tinggi.

Dengan adanya biodiesel yang merupakan campuran antara minyak nabati dan lemak sapi dapat digunakan untuk biodiesel khusus untuk karakterisasi densitas dan viskositasnya menurut SNI, sedangkan performa lainnya pendukung parameter biodiesel belum diujikan. Demikian juga perlu adanya uji performa mesin dengan beberapa persentase substitusi terhadap solar. Performa mesin untuk setiap 10% penggantian bahan bakar diesel dengan tallowate metil dan etanol menunjukkan bahwa ada 1,1% pengurangan daya (Ali dan Hana, 1996). Di Brazil proses produksi biodiesel di pabrik percontohan menggunakan lemak sapi murni tanpa adanya minyak nabati sebagai bahan baku dengan metanol dan kalium hidroksida sebagai katalis. Transesterifikasi lemak hewani dengan metanol menghasilkan biodiesel dengan kualitas tinggi dengan densitas 0,872 dan viskositas kinematik 5,3 yang sesuai dengan spesifikasi Brazil

(resolusi 42).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa maka disimpulkan bahwa lemak sapi dari tempat pemotongan sapi di Kudus dijadikan minyak sapi dengan pemanasan menghasilkan 51,2%. Campuran minyak sapi dan minyak sawit (3:1) dari proses transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis NaOH menghasilkan metil ester dengan rendemen 75,93%, angka asam 0,67124 mg-KOH/g, densitas 857,76 kg/cm³, dan viskositas 3,0074 mm²/s. Kandungan metil ester dari minyak sawit dan minyak sapi adalah metil oleat dan metil palmitat. Semua pengujian kualitas metil ester/biodiesel sesuai dengan standart mutu SNI metil ester. Namun demikian perlu uji parameter lainnya dan uji performa mesin terhadap pemakaian biodiesel dari campuran minyak sawit dan lemak sapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcantara, R., Amores, J., Canoira, L., Fidalgo, E., Franco, M. J., & Navarro, A. (2000). *Catalytic production of biodiesel from soy-bean oil, used frying oil and tallow*. *Biomass and Bioenergy*, Vol.18, No.6, (June 2000), pp. 515-527, ISSN 0961-9534
- Ali, Y. dan Hanna M.A, (1996). *Beef Tallow as a Biodiesel Fuel*. *Proceedings of the Third Liquid*, Fuels Conference September 15-17, Nashville, TN. Liquid Fuels and Industrial Products from Renewable Resources; hlm 59-72
- Da Cunha M. E. , Krause L.C., Moraes M.S.A., Faccini, S.C., Jacques, R.A., Almeida, S.R., Rodrigues, M.R.A. Caramão, E.B., 2009, *Beef tallow biodiesel produced in a pilot scale*, *Fuel Processing Technology* 90, hlm. 570–575.
- Moraes, M. S. A., Krause, L. C., da Cunha, M. E., Faccini, C. S., de Menezes, E. W., Veses, R. C., Rodrigues, M. R. A., & Caramão, E. B. (2008). *Tallow Biodiesel: Properties Evaluation and Consumption Tests in a Diesel Engine*. *Energy & Fuels*, Vol.22, No.3, hlm. 1949-1954.
- Purnavita, S., Hermawati R, L., dan Asih P, M., (2009), *Seminar Nasional Himpunan Kimia Indonesia Jawa Tengah. Subtitusi Lemak Sapi (Beef Tallow) Terhadap Minyak Sawit pada Pembuatan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan*, hlm [C-10]. Akademi Kimia Industri Santo Paulus Semarang.
- Puspita, A.S., (2009), *Kinetika Reaksi Esterifikasi pada Penbuatan Biodiesel dari Minyak Dedak Padi*. *Skripsi*, UNDIP Semarang.
- .Rengga, W.D.P., Kusumaningtyas, R.D., Nasikin, M., Trisnani, D, (2010), *Sintesis Aditif Octane Booster dari Minyak Biji Karet dengan Proses Perengkahan Katalitik*, *Saintekno*, Jurnal Sain dan Teknologi, Vol. 8, hlm. 151-161.
- Silva, G.A.M., Da Rós, P.C.M., Souza, L.T.A., Costa, A.P.O dan de Castro, H.P. (2012). *Physico-Chemical, Spectroscopical and Thermal Characterization of Biodiesel Obtained by Enzymatic Route as A Tool to Select The Most Efficient Immobilized Lipase*, *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 29, hlm 39-47.
- Soldi, R. A., Oliveira, A. R. S., Ramos,

Wara Dyah Pita Rengga dan Rosidah Erlis Ernawati

L. P., & César-Oliveira, M. A. F. (2009). *Soybean oil and beef tallow alcoholysis by acid heteroge-*

neous catalysis. *Applied Catalysis A:General*, Vol. 361, hlm 42–48.