Jurnal Teknologi Industri Pertanian
22 (1):10-14 (2012)

OPTIMALISASI KINERJA PEMBUATAN DAN PENINGKATAN KUALITAS BIODISEL DARI FRAKSI MINYAK LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KELAPA SAWIT DENGAN MEMANFAATKAN GELOMBANG ULTRASONIK

OPTIMIZATION OF DEVELOPMENT PERFORMANCEANDQUALITY IMPROVEMENT OF BIODIESEL FROM OIL FRACTIONOF LIQUID WASTE OF PALM OIL PROCESS BY USING ULTRASONIC WAVES

Budiyanto*, Hasan Basri Daulay, dan Anita Fandra Aldiona

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu
Jl. Raya Kandang Limun, Kota Bengkulu 38371, Bengkulu, Indonesia
Email: budi.budiyanto@gmail.com

ABSTRACT

The objectives of the study were to evaluate the quantity and quality of biodiesel produced via conventional and ultrasonic methods using various acid catalysts; and to determine the most efficient methods in producing a good quality of biodiesel. Oil fraction from palm oil mill effluent (POME) was used. During esterification process, three variation of acid catalyst and two different reaction conditions were used. The result indicates that the use of mix 0.5% BF_3 and 0.5% H_2SO_4 could yield biodiesel more than the other method. Similarly, the quality of biodiesel produced complied with SNI No. as-782-2006, especially for the parameters of specific gravity, viscosity, cetane number, iodine number, and acid value.

Keywords: methyl ester, ultra sonic, ASTM, oil fraction of POME

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kuantitas dan kualitas biodiesel yang dihasilkan menggunakan metode konvensional dan teknologi ultrasonik dengan modifikasi katalis asam, serta menentukan metode pembuatan biodiesel yang lebih efisien dengan hasil yang optimal baik dari segi kuantitas dan kualitas. Bahan baku pada penelitian ini adalah fraksi minyak dari limbah cair pengolahan kelapa sawit. Pada proses esterifikasi digunakan tiga variasai penambahan katalis asam dan dua buah kondisi reaksi pembuatan biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan teknik ultrasonik dengan campuran katalis BF_3 0,5% + H_2SO_4 0,5% dapat menghasilkan rendemen yang lebih tinggi bila dibandingkan perlakuan lainnya. Begitu juga kualitas sudah dapat memenuhi SNI 04.7182.2006 untuk parameter mutumassa jenis, viskositas, angka setana, bilangan asam dan bilangan iodium.

Kata kunci: metil ester, fraksi minyak dari limbah cair sawit, teknologi ultrasonik

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi CPO akan memberikan dampak yang sangat berarti terhadap pendapatan masyarakat Indonesia pada umumnya dan petani sawit khususnya. Hal ini terjadi jika peningkatan produksi diikuti dengan upaya peningkatan nilai ekonomi CPO dengan produk bernilai ekonomi relatif tinggi.

Berdasarkan observasi di lapangan, pengolahan minyak kelapa sawit di dalam pabrik menghasilkan 20-22% CPO serta 5% dalam bentuk PKO. Selain itu, 0,5%-2,0% minyak hilang bersama limbah (*oil losses*), diantaranya 0,5-1% dari berat Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah merupakan minyak yang terikut dalam limbah cair. Jumlah fraksi minyak yang ada pada POME (*Palm Oil Mill Effluent*) relatif kecil, tetapi potensi minyak limbah yang terakumulasi pada kolam limbah pertama dapat mencapai 1,5-2 ton per hari untuk pabrik yang mengolah 400 ton TBS per hari.

Kualitas fraksi minyak POME sudah tidak memenuhi syarat kualitas sebagai CPO maupun minyak sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Budiyanto *et al.,* 2007). Salah satu kelemahan biodiesel dari minyak limbah pengolahan kelapa sawit adalah viskositasnya yang relatif masih lebih tinggi daripada standar viskositas solar, sehingga dilakukan berbagai upaya untuk menurunkan viskositas biodiesel, diantaranya melakukan *cracking* biodiesel menjadi hidrokarbon cair setara bensin (biobensin) (Sudaryono dan Budiyanto, 2011).

Upaya memperbaiki viskositas biodiesel dari fraksi minyak dari limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit telah dilakukan dengan melakukan *degumming* dan penjernihan menggunakan zeolit dan pemilihan katalis (Budiyanto, 2007; Heriwibowo, 2009). Hasil beberapa kajian perlakuan *degumming* dan penjernihan menggunakan zeolit berhasil memperbaiki kualitas biodiesel, khususnya warna/kejernihan biodiesel. Perlakuan *degumming*

**Penulis untuk korespondensi*

dan penjernihan yang dilanjutkan dengan menggunakan katalis BF_3 pada esterifikasi menghasilkan biodiesel dengan rendemen yang cukup tinggi dan menurunkan viskositas biodiesel mendekati viskositas solar (Heriwibowo, 2009).

Permasalahan yang belum terselesaikan pada pembuatan biodiesel dari minyak limbah cair pengolahan kelapa sawit adalah waktu atau lama proses pembuatan yang relatif panjang. Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yang diperlukan untuk pembuatan biodiesel memerlukan waktu selama enam jam dan diikuti dengan proses pengendapan dan pencucian untuk masing-masing reaksi selama delapan jam. Permasalahan yang lain adalah kualitas biodiesel yang harus ditingkatkan khususnya viskositas biodiesel yang harus diupaya-kan sama dengan viskositas solar sehingga biodiesel benar-benar dapat digunakan sebagai pengganti solar. Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, perlu dilakukannya berbagai upaya untuk mem-persingkat proses pembuatan biodiesel dan menurunkan viskositas biodiesel.

Studi tentang upaya mempersingkat reaksi transesterifikasi minyak nabati menjadi metil ester secara signifikan dilaporkan dapat dilakukan dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mem-percepat reaksi (Vyas *et al.,* 2010). Tujuan dari penelitian adalah: (1) Mengkaji kuantitas dan kualitas biodiesel yang dihasilkan menggunakan metode konvensional dan teknologi ultrasonik dengan modifikasi katalis asam bila dibandingkan dengan SNI biodiesel; dan (2) Menentukan metode pembuatan biodiesel yang lebih efisien dengan hasil yang optimal baik dari segi kuantitas dan kualitas.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan September 2011 di Laboratorium Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu dan PT. Bio Nusantara Teknologi (untuk pengambilan sampel limbah cair PKS). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: *waterbath* ultrasonik (Jaken PS-10A), gelas kimia (250 mL dan 500 mL), termometer, *hotplate* 1 buah, neraca analitik, gelas ukur (50 mL dan 500 mL), corong pemisah, erlenmeyer (500 mL), buret, pipet tetes, corong, saringan, pengaduk magnit, Viskometer Ostwald, tabung reaksi, oven, cawan petri, pendingin balik, kain saring, sudip, motor pengaduk/magnet pengaduk, piknometer. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fraksi minyak dari limbah cair PKS, aquades, NaOH, metanol 99% atau 95%, iodium dilarutkan dalam etanol dan merkuri klorida dilarutkan dalam etanol, $Na_2S_2O_3$ 0,1 N, HCl 4,5 M, indikator pati, kloroform, KI 15%, indikator phenolptealin, etanol 96%, KOH, BF_3, H_2SO_4, H_3PO_4 dan zeolit.

Rancangan percobaan penelitian menggunakan rancangan faktorial dengan 2 (dua) faktor yaitu metode pembuatan biodiesel (konvensional dan ultrasonik) dan 3 modifikasi katalis asam dengan 3 (tiga) kali pengulangan, sehingga total unit percobaan sebanyak 18 (delapan belas). Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah: rendemen, viskositas kinematik (ASTM.D.445), bilangan asam (ASTM.D.664), massa jenis (ASTM.D. 1298), titik kabut, bilangan penyabunan, bilangan iodium (ADCSCd. 1-25) dan angka setana (ASTM.D. 613) biodiesel yang dihasilkan.

Tahapan Penelitian

Pembuatan biodiesel metode konvensional dengan menggunakan tiga modifikasi katalis asam. Pembuatan biodiesel menggunakan teknologi ultrasonik dengan tiga modifikasi katalis. Tahapan yang dilakukan sama seperti metode konvensional namun ada sedikit perbedaan pada kondisi reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi.

Penentuan metode pembuatan biodiesel yang paling efisien secara konvensional dan ultrasonik ditinjau dari waktu proses dan rendemen yang dihasilkan berdasarkan analisis dan pengolahan data.

Analisa Data

Data yang diperoleh dianalisa menggunakan uji ANAVA dan bila terdapat beda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Data hasil perhitungan rendemen, viskositas kinematik, bilangan asam, bilangan penyabunan, massa jenis, titik kabut, angka iodium, dan angka setana disajikan dalam bentuk diagram dan dibandingkan dengan mutu biodiesel pada SNI 04-7182-2006.

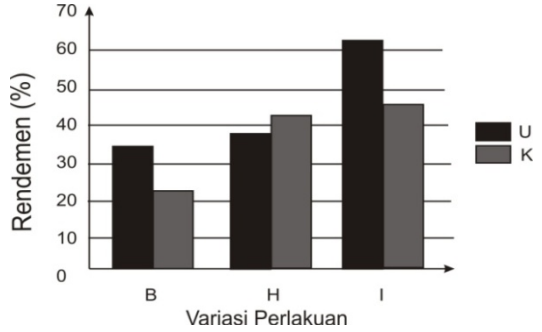
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Asam Lemak Bebas Bahan Baku Pembuatan Metil Ester

Fraksi minyak yang ada pada POME mengandung asam lemak bebas (ALB) 26,8%. Oleh karena itu proses pembuatan metil ester dilakukan secara dua tahap. Pada tahap pertama dilakukan esterifikasi dengan menggunakan katalis BF_3 dan H_2SO_4 dengan hasil memuaskan.

Rendemen Biodiesel

Dalam penelitian ini, bahan baku yang digunakan memiliki kandungan asam lemak bebas rata-rata sebesar 24,17% setelah perlakuan *degumming* dan *bleaching*. Rendemen biodiesel yang dihasilkan dari metode pembuatan serta penggunaan katalis yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh metode pembuatan serta modifikasi katalis asam terhadap rendemen biodiesel

Berdasarkan uji varian pada taraf 5% diperoleh F hitung < F tabel. Hal ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan. Rendemen tertinggi sebesar 62,7% yaitu pada perlakuan UJ (Ultrasonik – BF_3 0,5% + H_2SO_4 0,5%) sedangkan rendemen terendah sebesar 25,4 % yaitu pada perlakuan KB (Konvensional – BF_3 1%) seperti yang disajikan pada Gambar 1.

Pembuatan biodiesel dari minyak limbah pada studi lain dilaporkan oleh Budiyanto *et al.* (2007), Surahman (2008) dan Heriwibowo (2009). Rendemen biodiesel dipengaruhi oleh kualitas bahan baku. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Heriwibowo, 2009; Budiyanto, 2007; Surahman, 2008) menggunakan fraksi olein minyak limbah sebagai bahan baku pembuatan metil ester. Sedangkan pada penelitian ini, seluruh fraksi minyak limbah (fraksi olein dan stearin) digunakan sebagai bahan baku. Pada penelitian yang lain, penggunaan minyak bekas penggorengan pada suhu ruang pada pembuatan biodiesel dapat menghasilkan rendemen mencapai 77,4% (Hasibuan *et al.*, 2009).

Rendemen penelitian Budiyanto *et al.* (2007), Surahman (2008) dan Heriwibowo (2008) berturut-turut adalah 60,2%, 51,8% dan 61,6%. Bila jumlah fraksi stearin padaminyak limbah sebesar 30%, maka, pada penelitian ini, akan diperoleh rendemen metil ester sebesar 89% dari berat minyak (olein) yang digunakan sebagai bahan baku (Tabel 1).

Mutu Biodiesel

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, mutu biodiesel yang di buat menggunakan katalis yang berbeda dan penggunaan gelombang ultrasonik menghasilkan mutu yang beragam. Mutu biodiesel yang meliputi massa jenis, viskositas, angka setana, bilangan asam, bilangan penyabunan, titik kabut dan angka iodium disajikan pada Tabel 2.

Hasil pengukuran parameter mutu yang bercetak tebal pada Tabel 2 adalah parameter yang memenuhi SNI untuk perlakuan dengan metode ultrasonik, metode Ultrasonik – BF_3 0,5% + $H_2SO_4$0,5% (UJ) dinilai dapat menghasilkan biodiesel dengan mutu yang dapat memenuhi SNI untuk biodiesel. Sedangkan untuk perlakuan secara Konvensional, yang memberikan hasil yang memenuhi SNI biodiesel adalah metode Konvensional – BF_3 0,5% + H_2SO_4 0,5% (KJ). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan katalis BF_3 BF_3 0,5% + H_2SO_4 0,5% baik dengan metode konvensional maupun ultrasonik, dapat menghasilkan biodiesel yang memenuhi SNI biodiesel.

Tabel 1. Rendemen biodiesel

Rendemen	Hasil Penelitian	Budiyanto *et al.* (2007)	Surahman (2008)	Heriwibowo (2009)
Rendemen dari fraksi olein minyak limbah (%)	89*	86	74	88
Rendemen dari fraksi total (olein+stearin) minyak limbah (%)	62,7	60,2*	51,8*	61,66*

* Hasil perhitungan

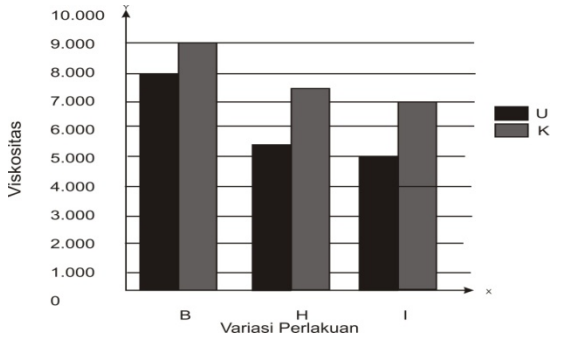
Tabel 2. Karakteristik mutu biodiesel

Parameter	Perlakuan						
	KB	KH	KJ	UB	UH	UJ	SNI
Massa Jenis	0,577	0,763	0,813	0,832	**0,81**	0,867	0,850-0,890
Viskositas	9,08	7,67	7,04	7,99	**5,84**	**5,19**	2,3-6,0
Angka Setana	448,501	88,912	80,17	200,637	**125,32**	**102,344**	Min.51
Bilangan Asam	0,795	0,748	0,795	0,608	**0,701**	**0,281**	Maks.0,8
Bilangan Penyabunan	38,335	135,575	153,34	47,685	81,345	94,435	3-25mg-KOH/g
Titik Kabut	21	19,7	18	19,7	18,3	19	Maks.18^{0}C
Titik tuang	14,7	12	13,3	15,7	18,3	14,3	Maks.-2^{0}C
Angka Iodium	16,58	10,7	13,87	7,93	**1,02**	**12,58**	Maks.115

Keterangan:
KB = Konvensional, BF3, 1%; KH=konvensional, H_2SO_4, 0,75%, BF3, 0,25%; KJ=konvensional, H_2SO_4,0,5%, BF30,5%.
UB = Ultrasonic, BF3, 1%; UH=Ultrasonic, H_2SO_4, 0,75%, BF3, 0,25%; UJ=Ultrasonic, H_2SO_4,0,5%, BF30,5%.

Menurut Heriwibowo (2009) mutu biodiesel dipengaruhi oleh mutu bahan baku selama pengolahan dan penyimpanan. Kandungan ALB dan kadar air yang tinggi dalam bahan baku (minyak limbah PMKS) dapat menurunkan mutu biodiesel. ALB yang tinggi menyebabkan terjadinya *blocking* reaksi pembentukan metil ester, yaitu metanol yang seharusnya bereaksi dengan trigliserida terhalang oleh reaksi pembentukan sabun yang terbentuk oleh katalis basa kuat dengan asam lemak bebas (Sundaryono dan Budiyanto, 2011).

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki oleh fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi, biasanya dinyatakan dalam waktu yang dibutuhkan oleh fluida untuk mengalir pada jarak tertentu. Karakteristik ini sangat penting karena akan mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel.



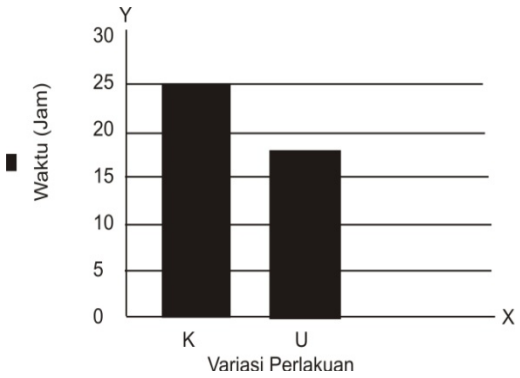
Gambar 2. Pengaruh penggunaan katalis dan pengunaan gelombang ultrasonik terhadap viskositas kinematik biodiesel

Gambar 2 menunjukkan bahwa KB memiliki nilai viskositas tertinggi yaitu sebesar 9,076 cSt, sedangkan yang terkecil UJ yaitu sebesar 5,188 cSt. Dari keseluruhan hasil penelitian hanya UH dan UJ yang memenuhi SNI biodiesel untuk viskositas kinematik pada suhu 40^0C (2,3-6,0 cSt). Tingginya viskositas yang dihasilkan dalam penelitian ini diduga karena masih terdapat bahan-bahan organik di dalam biodiesel yang dihasilkan.

Penentuan Metode Pembuatan Biodiesel yang Lebih Efisien

Waktu Pembuatan Biodiesel

Dalam penelitian ini, pembuatan biodiesel dilakukan melalui dua tahap yaitu esterifikasi dan transesterfikasi. Untuk metode konvensional masing-masing tahap memerlukan waktu 3 jam sehingga total waktu pembuatan biodiesel yaitu 6 jam. Metode ultrasonik masing-masing tahap memerlukan waktu 20 menit (0,33 jam) atau 0,66 jam (dua tahap reaksi) dan masing-masing metode membutuhkan waktu pengendapan dan pemisahan selama 18 jam. Bila metode ultrasonik dapat mengurangi waktu produksi hingga 89%. Total waktu pembuatan biodiesel pada tahap esterifikasi, transesterifikasi dan pengendapan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Total waktu pembuatan biodiesel pada tahap esterifikasi, transesterifikasi dan pengendapan

Jika ditinjau dari rendemen yang dihasilkan maka metode ultrasonik memiliki rendemen tertinggi 62,7%, sedangkan metode konvensional memiliki rendemen tertinggi sebesar 44,15%. Data hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode ultrasonik dapat memberikan efisiensi dalam pembuatan biodiesel dibandingkan metode konvensional.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penggunaan campuran katalis BF_3 0,5% + H_2SO_4 0,5% dapat menghasilkan rendemen yang lebih besar bila dibandingkan campuran katalis lainnya (62,7%). Begitu juga dari segi kualitas, sudah dapat memenuhi SNI 04-7182-2006 untuk parameter mutu massa jenis, viskositas, angka setana, angka asam dan bilangan iodium, akan tetapi untuk angka penyabunan, titik kabut dan titik tuang belum memenuhi SNI yang ditetapkan.

Metode ultrasonik dengan campuran katalis BF3 0,5% + H_2SO_4 0,5% lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional dalam proses pembuatan biodiesel. Metode ultrasonik hanya membutuhkan waktu 40 menit untuk satu kali produksi, sedangkan metode konvensional membutuhkan waktu 360 menit.

Saran

Perlu dilakukan penelitian pengaruh frekuensi gelombang ultrasonik pada reaksi transesterifikasi dan penentuan waktu reaksi yang optimum.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih sampaikan pada Dirjen DIKTI yang telah mendanai penelitian melalui Program Hibah Bersaing.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2010. *Biodiesel Ultrasonik.* http://www.Ristek.go.id. [13 Juni 2011].

Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2006. *Klasifikasi dan Spesifikasi Mutu Bahan Bakar Minyak Jenis Diesel (SNI 04-7182-2006).* Jakarta: BSN Indonesia.

Budiyanto, Sundaryono, dan Pupanosa. 2007. Kajian Rendemen Dan Karakteristik Metil Ester dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Industri Pengolahan Kelapa Sawit. Di dalam Prosiding Seminar Nasional Sains & Teknolog. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung, 27-28 Agustus 2007.

Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. 2002. *Statistik Perminyakan Indonesia 2002*. Jakarta.

Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2011. *Pemakaian Energi Indonesia*. Jakarta.

Hambali E, Mujdalipah S, Tambunan AH, Pattiwiri AW, Hendroko R. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Haryanto B. 2002. Bahan Bakar Alternatif Biodiesel. http://library.USU.ac.id/download/fmipa/kimia-Haryanto.pdf. [11 Juni 2011].

Hasibuan S, Ma'ruf A, dan Sahirman. 2009. Biodiesel from Low Grade Used Frying Oil using Esterification Transesterification Process. *Makara Sains.* 13 (2): 105 – 110.

Heriwibowo N. 2009. Kajian Pengolahan Minyak Limbah Cair Pabrik Mengolah Kelapa Sawit (PMKS) Menjadi Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi Dua Tahap Dengan Metanol Menggunakan Katalis BF_3 dan NaOH. [Skripsi]. Bengkulu: Universitas Bengkulu.

Kac A. 2006. The Foolproof Way to Make Biodiesel. http://journey to forever.org/biodiesel_foolproof process.html. [27 Juli 2011].

Prihandana R, Noerwijan K, Adinurani PG, Setyaningsih D, Hendroko R. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan.* Jakarta: Agromedia Pustaka.

Sari Y. 2009. Karakterisasi Biodiesel Campuran Sebagai Hasil Reaksi Transesterifikasi dari Limbah Cair Pengolahan CPO (*Crude Palm Oil*) Serta Implementasinya di SMA 3 Kota Bengkulu. [Skripsi]. Bengkulu: Universitas Bengkulu.

Sumarni H. 2008. Kajian Pemanfaatan *Crude Palm Oil* (CPO) dan Minyak Limbah Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) Dalam Pembuatan Metil Ester. [Skripsi]. Bengkulu: Universitas Bengkulu.

Sumarna D. 2006. Proses Degumming CPO (Crude Palm Oil) Menggunakan Membran Ultrafiltrasi. *J Teknol Pert.* 2 (1): 24-30.

Sudaryono A dan Budiyanto. 2011. Pembuatan Bahan Bakar Hidrokarbon Cair Melalui Reaksi *Cracking* Minyak Pada Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit. *J Tek Ind Pert.* 20 (1): 14-19.

Surahman. 2008. Kajian Tentang Rendemen dan Mutu Metil Ester Dari Minyak Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. [Skripsi]. Bengkulu: Universitas Bengkulu.

Untoro P. 2010. Dengan Suara Ultra Biodiesel Dapat Diproduksi. http://xteknologi.blogspot.com/teknologi-ultrasonik-untuk-biodiesel.htms [13 Juni 2011].

Vyas AP, Verma JL, dan Subramanyam N. 2010. A Review on FAME Production Processes. *Fuel.* 89: 1-9.