



**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN BODIESEL DARI POME SEBAGAI  
ALTERNATIF ENERGI BARU TERBARUKA (EBT) TERHADAP UNJUK  
KERJA MESIN GENSET DIESEL**

Yovan Witanto<sup>1)</sup> dan Budiyanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

<sup>2)</sup>Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu  
Surel: yovanmail@ymail.com

**ABSTRACT**

Palm Oil Mill Effluent (POME) fraction is a low-quality oil that is usually discarded with other liquid waste in the pond. The utilization of POME fraction into biodiesel is expected to be used as a mixture of diesel fuel in order to reduce the operational costs of oil processing. The objective of this study was to analyze the effect of the use of POME biodiesel with load variations toward the performance of the diesel engine generator sets. In this study, the production of biodiesel was done through the stages of esterification and transesterification. The next stage was mixing biodiesel with pure diesel with the ratio 10-90 (B10). This biodiesel was then evaluated using stationary diesel engines by measuring the engine power at different load variations. The performance test showed that at low loads, the power generated by using biodiesel was slightly lower than the power generated by using pure diesel under the same operating conditions. However, the result of the fuel consumption test at low loads showed that the biodiesel was less consumed than the pure diesel.

Keywords: Biodiesel, POME The performance of diesel engine.

**ABSTRAK**

Fraksi minyak Palm Oil Mill Effluent (POME) merupakan minyak berkualitas rendah yang dibuang bersama cairan lain di kolam limbah. Pemanfaatan fraksi minyak POME menjadi biodiesel diharapkan dapat digunakan sebagai bahan bakar campuran solar murni untuk mengurangi biaya untuk operasional pabrik pengolahan kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan biodiesel dari POME sebagai bahan bakar pada variasi beban terhadap unjuk kerja mesin genset diesel. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan biodiesel melalui tahap esterifikasi dan transesterifikasi. Selanjutnya biodiesel dicampur dengan solar murni dengan perbandingan 10-90 (B10). Biodiesel yang diperoleh, selanjutnya diuji menggunakan mesin diesel stasioner dengan mengukur daya mesin dengan variasi beban yang berbeda. Hasil uji unjuk kerja menunjukkan bahwa pada beban rendah daya yang dihasilkan sedikit lebih rendah daripada daya yang dihasilkan saat menggunakan solar murni dengan kondisi operasi yang sama. Namun hasil pengujian konsumsi bahan bakar, pada beban rendah konsumsi bahan bakar sedikit lebih rendah daripada saat menggunakan solar murni.

Kata kunci: Biodiesel, POME, unjuk kerja mesin diesel.



## PENDAHULUAN

Pabrik pengolahan kelapa sawit (PPKS) memiliki peluang memanfaatkan fraksi minyak Palm Oil Mill Effluent (POME) untuk diolah menjadi biodiesel untuk mengurangi biaya operasi perusahaan, khususnya untuk pembelian BBM non subsidi. Hal ini dimungkinkan karena biodiesel yang dihasilkan dari minyak limbah dapat mencapai 1,2 ton/ hari, sedangkan kebutuhan pembelian solar industry untuk keperluan operasional pabrik berkisar antara 0,7 s/d 1 ton/hari. Nilai tambah atau penghematan pembelian solar non subsidi dapat digunakan untuk tambahan biaya peningkatan sarana transportasi dikawasan pabrik, khususnya untuk memperlancar pengiriman tandan buah segar (TBS) ke Pabrik. Untuk itu, optimasi pembuatan biodiesel menjadi sangat penting pada penelitian ini.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa biodiesel yang diperoleh dari POME tersebut memiliki kandungan asam lemak yang tinggi. Walaupun demikian, fraksi minyak tersebut mempunyai potensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel yang memiliki angka *cetane* (ukuran yang menunjukkan kualitas dari bahan bakar untuk diesel) yang memenuhi persyaratan biodiesel (Budiyanto *et al.*, 2007; Budiyanto *et al.*, 2008; Chew and Bhatia, 2008; Mahajan *et al.*, 2007). Pembuatan biodiesel dari fraksi minyak POME dilakukan melalui tahap esterifikasi dan transesterifikasi.

Konversi minyak limbah PPKS menjadi biodiesel dilakukan dengan dua tahap reaksi, tahap pertama reaksi esterifikasi dengan katalis  $H_2SO_4$  dan tahap kedua transesterifikasi dengan katalis NaOH. Biodiesel hasil konversi minyak limbah PPKS mempunyai kadar air dan angka asam yang tinggi sehingga memerlukan perlakuan tertentu untuk dapat memenuhi standar SNI 04-7182-2006 untuk biodiesel, (Budiyanto *et*

*al.*, 2007; Sundaryono, 2011). Minyak limbah cair Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (PPKS) dalam penelitian ini akan dikembangkan menjadi *biosolar* (bahan bakar setara solar) dengan kualitas memenuhi SNI, menggunakan cara *sonochemistry*. Hasil samping dari produksi CPO pada PPKS adalah limbah cair yang berasal dari kondensat.

Fraksi minyak dari POME dapat diolah menjadi biodiesel yang dapat digunakan untuk menggantikan solar industri dan peningkatan transportasi jalan untuk kegiatan operasi pabrik (Sundaryono, 2011). Pemanfaatan fraksi minyak POME menjadi biodiesel juga dapat memperpendek waktu dan meningkatkan kualitas pengolahan limbah, serta berpotensi menghemat pengeluaran untuk pembelian solar industri. Pembuatan biodiesel dari fraksi minyak POME dilakukan melalui tahap esterifikasi dan transesterifikasi.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa biodiesel yang diperoleh dari POME tersebut mempunyai potensi untuk digunakan sebagai biofuel karena mempunyai angka *cetane* yang memenuhi persyaratan biodiesel (Budiyanto *et al.*, 2007; Budiyanto *et al.*, 2008; Chew & Bhatia, 2008; Mahajan *et al.*, 2007; Setiawan, 2012; Taswin, 2012). Biodiesel dari minyak POME dengan menggunakan gelombang ultrasonic dapat menghasilkan biodiesel dengan viskositas yang rendah yang telah memenuhi standard SNI untuk minyak solar. Hal ini mengindikasikan bahwa biodiesel dari minyak kelapa sawit berpotensi untuk dapat digunakan sebagai campuran pada solar murni dengan proporsi yang lebih besar.

Optimasi pembuatan biodiesel melalui beberapa pendekatan dilaporkan oleh beberapa peneliti, diantaranya, memperpendek waktu reaksi (Budiyanto *et al.*, 2012; Stavarache *et al.*, 2007); Optimasi berdasarkan mol rasio, yield (rendeman) dan lama reaksi reaksi esterifikasi dan transesterifikasi (Charoenchaitrakool &

Thienmethangkonn, 2011); Penggunaan berbagai katalis pada reaksi transesterifikasi (Di Serio *et al.*, 2008; Kawashima *et al.*, 2009; Refaat *et al.*, 2008; Vyas *et al.*, 2010).

Guna mendapatkan kelayakan pemakaian CPO sebagai bahan bakar diesel, sifat-sifat minyak perlu dimodifikasi agar sesuai dengan bahan bakar biodiesel sehingga dimungkinkan digunakannya 100% biodiesel untuk mengganti solar (Zuhdi & Rahayu, 2005). Kelayakan tersebut ditinjau dari unjuk kerja mesin (Hasoloan, 2008; Murni, 2010), analisis gas buang yakni kadar emisi gas buang (NO<sub>x</sub>, HC, CO) (Siagian & Silaban 2011) dan kepekatan asap (opasitas) seperti pada penelitian (Hasoloan, 2008). Pengujian tingkat korosi pada media yang bereaksi dengan Biodiesel dilakukan dengan metode kehilangan berat (Raksodewanto, 2010). Penelitian ini hanya mengkaji kelayakan ditinjau dari unjuk kerja mesin saja. Unjuk kerja mesin didapatkan dari pengukuran daya mesin yang disambungkan ke generator AC fasa tunggal menurut Maleev dalam penelitian Murni, 2010:

$$N_b = \frac{E \times I \times P_f}{746 C_g}$$

Keterangan :

N<sub>b</sub> = daya mesin (HP)

E = voltmeter (Volt]

I = ampermeter (Amp)

P<sub>f</sub> = faktor daya untuk fasa tunggal = 1

C<sub>g</sub> = efisiensi generator listik untuk mesin kecil dibawah 50 kva = 0,87 % - 0,89 %  
Untuk generator yang menggunakan sabuk V, daya yang dihasilkan dibagi dengan C<sub>g</sub>= 0,9.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh unjuk kerja mesin diesel dengan campuran 10% biodiesel (B10), yang selanjutnya dibandingkan dengan biodiesel B10 dari bahan minyak bimoli dan dari CPO, serta dibandingkan dengan penggunaan Solar murni non subsidi (untuk industri). Konsumsi bahan bakar saat penggunaan campuran B10 ini juga akan diukur, kemudian dibandingkan saat penggunaan solar murni.

## **BAHAN DAN METODE**

Minyak solar murni yang digunakan langsung dalam penelitian dengan komposisi 100% maupun yang dicampur dengan biodiesel (B10) dibeli langsung di SPBU Pertamina, dari solar murni non subsidi (untuk industri). Pembuatan Biodiesel dilakukan di Universitas Bengkulu dengan pasokan bahan baku (minyak limbah) dari industri mitra (PT Bio Nusantara Teknologi). Optimasi kualitas biodiesel dan kinerja pembuatan biodiesel dengan memanfaatkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Prosedur Pembuatan biodiesel meliputi:

1. Preparasi minyak limbah cair POME sebagai bahan baku dengan cara pemanasan, *bleaching*, *degumming*, deodorisasi dan pengukuran ALB.
2. Konversi minyak limbah cair POME menjadi metil ester dengan **esterifikasi** dua tahap menggunakan katalis asam dengan bantuan gelombang *ultrasonic* dilanjutkan **transesterifikasi** pada suhu yang sama 60°C selama 20 menit. Karakterisasi metil ester hasil khususnya kadar air dan *acid number*. Optimasi kualitas difokuskan untuk mendapatkan viskositas, kadar air dan bilangan asam yang rendah pada biodiesel yang dihasilkan agar dapat dicampurkan dengan solar dengan persentase lebih besar dari 30%. Analisis komponen metil ester dengan GC-MS.



Uji performa mesin diesel berbahan bakar biodiesel pada penelitian ini hanya sebatas menentukan daya dari mesin saat diberi variasi beban. Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini adalah mesin diesel Dong Feng satu silinder putaran konstan, yang dilengkapi dengan alternator AC dengan spesifikasi mesin diesel dan alternator AC sebagai berikut:

Mesin Diesel Merk : Dong Feng Diesel Engine

Model : R175

Max Rated Output : 7HP/2600RPM

Isi Silinder ( cc ) : 353

Jumlah silinder : 1 buah, horizontal

Mekanis katup : OHV, 2 katup

Diameter x langkah : 75 mm x 80 mm

Sistem pembakaran : indirect injection

Perbandingan kompresi : 23 : 1

Alternator tipe : ST – 3

P : 3 kW

Putaran : 1500 rpm

Cos  $\emptyset$  : 1

I : 13 A

V : 230 V

H : 50 Hz

Phas : 1 phase

Pengambilan data untuk mendapatkan daya mesin digunakan Amperemeter dan voltmeter yang berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan yang dibangkitkan



alternator AC. Arus dan tegangan ini digunakan untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh mesin diesel tersebut. Mesin yang digunakan dalam penelitian ini tidak dimodifikasi (masih standard).

Persiapan pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi mesin yang digunakan sebagai alat uji. Persiapan tersebut meliputi pemeriksaan komponen komponen mesin diesel seperti minyak pelumas, saringan minyak pelumas, saringan bahan bakar, tangki air pendingin mesin, dan tangki air. Pengujian dimulai dengan menghidupkan mesin diesel pada putaran 1500 rpm (menyesuaikan tegangan yang terlihat pada generator 220 volt) kemudian ditahan selama  $\pm 25$  menit untuk mendapatkan suhu kerja normal mesin. Setelah mesin beroperasi normal, pengambilan data dimulai. Pengambilan data dilakukan dengan cara melihat alat ukur dan mencatat pada lembar pencatatan yang telah disiapkan. Variabel bebas pada pengujian ini adalah beban. Beban alternator AC ditetapkan melalui variasi daya lampu yaitu sebesar 500 watt, 1000 watt, 1500 watt, 2000 watt. Nilai beban pada alternator AC diamati dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter. Variabel terikat pada uji performa ini adalah daya mesin yang dihasilkan. Pengukuran dan pencatatan daya mesin dilakukan selama 25 menit dimana pada setiap variasi dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali, kemudian nilai ketiganya dirata-rata. Kebutuhan bahan bakar selama penelitian juga diukur.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pembuatan metil ester (biodiesel)**

Beberapa hasil yang telah dicapai saat ini diantaranya persiapan dan karakterisasi minyak limbah pengolahan kelapa sawit. Bahan baku pada penelitian ini



adalah fraksi minyak POME yang diperoleh dari Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit. Kandungan asam lemak bebas pada fraksi minyak POME, bahan baku pembuatan biodiesel, mencapai 73,2%. Pada kondisi tersebut, fraksi minyak POME berbentuk padat pada suhu 30°C. Pada tahap ini dilakukan degumming untuk menghilangkan kotoran dan gum yang ada pada minyak. Hasil yang diperoleh pada kegiatan ini berupa minyak limbah pengolahan kelapa sawit yang bebas dari kotoran dan gum serta pada suhu 50°C memiliki viskositas yang lebih rendah daripada minyak limbah yang belum mendapat perlakuan degumming. Proses pembuatan biodiesel melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi menghasilkan metil ester (biodiesel) dengan rendemen sebesar 86,67%. Hasil yang diperoleh tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian pembuatan biodiesel dari minyak goreng kelapa sawit (Charoenchaitrakool & Thienmethangkoon, 2011). Hal ini diduga dipengaruhi oleh banyaknya gum dan kotoran yang terdapat pada fraksi minyak POME.

### **Karakterisasi metil ester**

Uji karakterisasi biodiesel yang dilakukan pada beberapa parameter penting, seperti viskositas, kadar air, bilangan asam, dan kerapatan massa. Hasil pengukuran viskositas menunjukkan bahwa viskositas biodiesel yang diperoleh (3.18 cSt) telah memenuhi standard ASTM dan Standard SNI untuk petroleum diesel. Walaupun demikian, pengujian kadar air dan bilangan asam yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar air dan bilangan asam biodiesel yang diperoleh masih belum memenuhi standard SNI & standard ASTM untuk petroleum diesel. (Tabel 1).

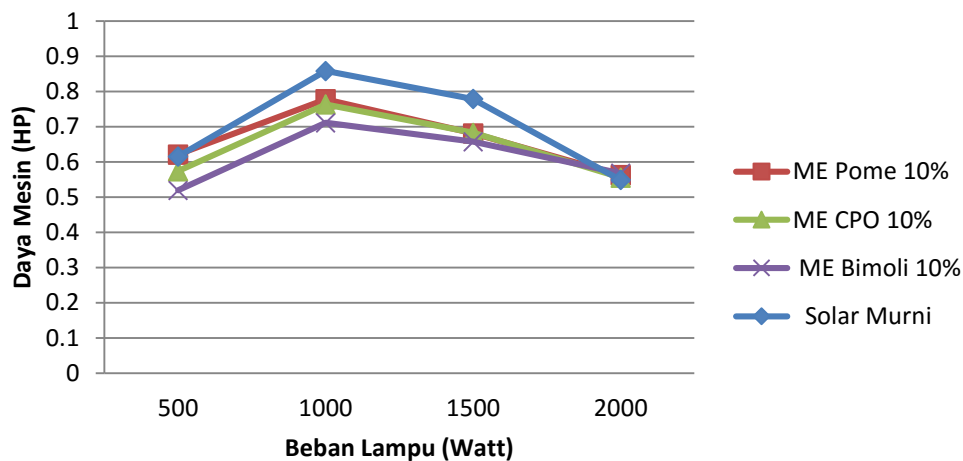


Tabel 1. Karakterisasi Metil ester (biodiesel)

No	Karakteristik	Metil ester	Target SNI
1	Viskositas	3,18	2,3 – 6,0
2	Densitas	0,873	0,85-0,89
3	Bilangan asam	1,6	0,8
4	Kadar air	3,37	0,05

### Uji Unjuk kerja biodiesel pada mesin diesel stationer

Pada pengujian ini, dilakukan blending biodiesel dan petroleum diesel dengan komposisi 10% biodiesel dan 90% (B-10) . Pada pengujian tersebut digunakan pula bahan bakar petroleum diesel yang mengandung 10% metil ester berbahan baku CPO dan bahan bakar solar lain mengandung 10% metilester berbahan baku minyak goreng (seperti terlihat pada Gambar 1.)



Gambar 1. Hubungan antara beban dan daya mesin diesel dengan berbagai jenis bahan bakar biodiesel dan solar murni.

Grafik hubungan daya mesin terhadap beban lampu (Gambar 1) diperoleh berdasarkan metode serupa yang dilakukan pada penelitian Saragih & Kawano (2013).



Beban lampu divariasikan, yakni 500W, 1000W, 1500 W dan 2000W, seperti pada penelitian Hasoloan, 2008. Daya mesin dihitung dengan rumus Maleev, 1986 dalam penelitian Murni (2010) yakni menggunakan data tegangan keluaran generator (volt) dan besarnya arus (Ampere). Hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa Daya tertinggi diperoleh saat motor diesel menggunakan Bahan bakar Solar (murni), dimana daya mesin mengalami peningkatan hingga pada beban lampu maksimal 1000 watt.

Penurunan daya mesin mulai terjadi pada beban lampu diatas 1000 watt dan terus mengalami penurunan hingga pada beban lampu 2000 watt. Hal ini terjadi karena kapasitas dari generator yang sangat terbatas (maksimal daya 3000 watt) untuk kondisi ideal. Namun pada pelaksanaan pengujian ternyata genset hanya mampu beroperasi secara ideal pada beban maksimal 1000 watt. Beban diatas 1000 watt menyebabkan terjadinya penurunan Tegangan yang tidak sebanding dengan peningkatan arus, akibatnya daya mengalami penurunan.

Pengujian motor diesel dengan menggunakan variasi campuran 10% metil ester POME dan 90% Solar murni, menunjukkan hasil yang sama dengan pengujian saat menggunakan solar murni. Namun terlihat daya mesin pada semua variasi beban lebih rendah dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar. Berdasarkan gambar 1 tersebut, biodiesel berbahan baku minyak fraksi POME (ME POME 10%) menghasilkan daya yang lebih rendah dari petroleum diesel (Solar murni). Namun pada beban yang rendah, daya yang dihasilkan masih lebih tinggi dari biodiesel yang lain, yakni pada variasi dengan campuran 10% CPO dan pada variasi dengan campuran 10% metil ester minyak goreng.



Hasil pengujian konsumsi bahan bakar menunjukkan bahwa penggunaan solar murni memerlukan bahan bakar minyak sebanyak 164,5ml/25 menit percobaan. Penggunaan campuran 10% metil ester POME memerlukan konsumsi bahan bakar sebanyak 163 ml/25 menit. Konsumsi bahan bakar paling rendah yakni saat menggunakan campuran 10% metil ester CPO sedangkan konsumsibahan bakar paling tinggi yakni saat menggunakan campuran 10 % metil ester minyak goreng. yang berarti penggunaan biodiesel dari POME ini lebih hemat.

## KESIMPULAN DAN SARAN

1. Fraksi minyak POME dengan kandungan asam lemak 73,2% dapat menghasilkan biodiesel dengan rendemen mencapai 86,6% dan memiliki viskositas yang sesuai dengan kriteria SNI dan ASTM untuk viskositas petroleum diesel.
2. Uji unjuk kerja untuk campuran 90% petroleum diesel dan 10% biodiesel menunjukkan bahwa pada beban rendah daya yang dihasilkan sedikit lebih rendah daripada daya yang dihasilkan oleh solar murni dengan kondisi operasi yang sama. Namun hasil pengujian konsumsi bahan bakar, pada beban rendah konsumsi bahan bakar sedikit lebih rendah daripada saat menggunakan solar murni, yang berarti penggunaan biodiesel dari POME ini lebih hemat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto, Daulay HB, & Aldiona AF. 2012. Optimalisasi kinerja pembuatan dan peningkatan kualitas biodiesel dari fraksi minyak limbah cair pengolahan kelapa sawit dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 22 (1): 14–19.
- Budiyanto, Yuwana, & Surahman. 2008. Rendemen dan mutu metil ester dari berbagai kualitas limbah air pabrik kelapa sawit. *Prosiding Seminar Nasional BKS-PTN wilayah Indonesia Barat*. Bengkulu, 13-14 mei 2008. Bengkulu.



- Budiyanto, Sundaryono, & Pupanosa. 2007. Kajian rendemen dan karakteristik metil ester dari palm oil mill effluent (POME) industri pengolahan kelapa sawit. *Prosiding Seminar Nasional Sains & Teknologi*. Bandar Lampung, 27-28 Agustus 2007. Lampung. hal. 424-432.
- Charoenchaitrakool M & Thienmethangkoon J. 2011. Statistical optimization for biodiesel production from waste frying oil through two-step catalyzed process. *Fuel Processing Technology*. 92(2011): 112–118.
- Chew TL & Bhatia S. 2008. Catalytic Process towards the production of biofuels in palm oil and oil palm biomass-based biorefinery. *Biosour. Technol.*
- Di Serio M, Tesser R, Pengmei L, & Santacesaria E. 2008. Heterogenous catalists for biodisel production. *Energy and Fuels*. 22(1): 207–217.
- Hasoloan RR. 2008. Studi Pemanfaatan Minyak Keapa Sawit (CPO) Sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel Genset. (*Tesis*). Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kawashima A, Matsubara K, & Honda K. 2009. Acceleration of catalytic activity of calcium oxide for biodiesel production. *Biosource Technology*. 100(2): 696–700.
- Mahajan S, Konar SK, & Booncock DGB. 2007. Variables affecting the production of standard biodiesel. *J. Amer. Oil Cem Soc*. 84:189–195.
- Murni. 2010. Kaji Eksperimental Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Biodiesel Minyak Sawit dan Uji Performa pada Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan. (*Tesis*). Universitas Diponegoro. Semarang.
- Raksodewanto AA. 2010. Studi Stabilitas Biodiesel Berbasis Bahan Baku Minyak Nabati Lokal (Minyak Sawit dan Jarak Pagar) dalam Tahap Penyimpanan dalam Rangka Percepatan Difusi dan Pemanfaatan IPTEK. Program Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perakayasa Tahun Anggaran 2010. Balai Rekayasa Desain & Sistem teknologi BPPT, Serpong, Tangerang.
- Saragih R & Kawano DS. 2013. Pengaruh penggunaan bahan bakar premium, pertamax, pertamax plus dan spiritus terhadap unjuk kerja engine genset 4 langkah. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(1).
- Refaat AA, Attia NK, Sibak HA, El Shetawy, & El Diwani G.I. 2008. Production optimization and quality assessment of biodiesel from waste vegetable oil. *Int. J. Environ. Sci.Tech*. 5(1): 75–82.
- Setiawan T. 2012. Sintesis Metil Ester dengan Sonochemistry dan Cracking Menjadi Biofuel dengan Katalis Ti-Hz. (*Skripsi*). Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu (tidak dipublikasikan).



- Siagian A & Silaban M. 2011. Performa dan karakteristik emisi gas buang mesin diesel berbahan bakar ganda. *Jurnal Teknik Mesin*. 13(1): 49–54.
- Stavarache, Carmen, Vinatoru M, Maeda Y, & Bandow H. 2007. Ultrasonically driven continuous process for vegetable oil transesterification. *Ultrason Sonochem* 14: 413–417.
- Sundaryono A. 2011. Karakteristik biodiesel dan *blending* biodiesel dari *oil losses* limbah cair pabrik minyak kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 20(1): 14–19.
- Taswin I. 2012. Sonochemistri dan Craking Ktaltik Metil Ester dari Limbah cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit menjadi Biofuel dengan Katalis Ni-HZ dan Cr-HZ. (*Skripsi*). Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu (tidak dipublikasikan).
- Vyas AP, Verma JL, & Subrahmanyam N. 2010. A review on FAME production proceses. *Fuel*. 89: 1–9.
- Zuhdi MFA & Rahayu BS. 2005. Proses Pembuatan dan Karakteristik Biodiesel dari *Crude Palm Oil* (CPO) Serta Teknik Blending dengan Minyak Solar. ITS Surabaya. [http://www.geocities.ws/fathalaz/biodiesel/cpme-prod/cpome\\_prod.html](http://www.geocities.ws/fathalaz/biodiesel/cpme-prod/cpome_prod.html).