

PEMANFAATAN LIMBAH MINYAK GORENG SEBAGAI BAHAN BAKAR MOTOR DIESEL

Robert Adiatma Wonowijoyo

Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}
Jalan. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2)}
E-mail : robert_nr@yahoo.com¹⁾

ABSTRAK

Biodiesel sebagai ester monoalkil merupakan bahan bakar alternatif yang sangat potensial digunakan sebagai pengganti solar karena kemiripan karakteristiknya. Biodiesel berbasis minyak sawit (palm oil) secara ekonomis kurang menguntungkan karena harus bersaing dengan minyak goreng komersial yang pada gilirannya mengganggu ketahanan pangan. Sementara itu, Limbah minyak goreng (Waste Cooking Oil, WCO) dari industri pangan maupun rumah tangga banyak dijumpai disekitar kita. Limbah minyak goreng yang tidak bernilai ekonomis ini, jika dibuang ke lingkungan berpotensi mencemari lingkungan. Untuk meningkatkan nilai ekonomis serta mengeliminir pencemaran lingkungan akibat limbah minyak goreng, maka melalui metode re-use, produk berupa limbah ini dikembangkan menjadi suatu bentuk energi diperbaharui yang disebut dengan biodiesel WCO melalui proses transesterifikasi. Dalam studi ini, kinerja dari biodiesel yang berbasis limbah minyak goreng dengan konsentrasi yang berbeda (5%, 10% dan 15%) dibandingkan dengan bahan bakar solar dan biosolar (produk Pertamina) pada mesin disel injeksi langsung. Pengujian dilakukan dengan menggunakan motor disel Isuzu tipe 4JA1 injeksi langsung pada Water Brake Dinamometer dengan parameter uji: torsi, daya kuda rem (brake horsepower), konsumsi bahan bakar spesifik rem, tekanan efektif purata rem dan efisiensi termal rem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa secara keseluruhan kinerja dari Biodiesel WCO lebih rendah dibanding solar murni. Namun, hasil blending Biodiesel WCO dengan solar murni pada konsentrasi 5% menghasilkan kinerja yang lebih baik dibanding Biosolar produk Pertamina.

Kata kunci: biodiesel WCO, limbah minyak goreng, uji komparasi, motor disel, injeksi langsung.

1. Pendahuluan

Pada saat ini, dunia sedang dihadapkan pada permasalahan serius yang berkaitan dengan pemanasan global dan peningkatan mobilitas manusia dan barang. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya kebutuhan akan kendaraan bermotor dan bahan bakar dalam jumlah yang besar, terutama di negara sedang berkembang. Menipisnya cadangan minyak mentah di perut bumi akan menyebabkan dampak yang besar pada sektor transportasi. Dengan cadangan minyak mentah yang diperkirakan hanya mampu bertahan selama beberapa dekade, dibutuhkan suatu inovasi tertentu untuk mendapatkan bahan bakar substitusi sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Dari berbagai bahan bakar alternatif yang dipertimbangkan, biodiesel yang berasal dari minyak nabati adalah bahan bakar alternatif yang dianggap paling menjanjikan.

1. Biodiesel dapat digunakan dalam mesin yang ada tanpa modifikasi apapun [9].
2. Biodiesel dibuat seluruhnya dari sumber nabati, tidak mengandung sulfur, hidrokarbon aromatik, logam atau residu minyak mentah.
3. Biodiesel merupakan bahan bakar *oxygenates*, sehingga emisi karbon monoksida dan jelaga cenderung direduksi.
4. Penggunaan biodiesel tidak memberikan kontribusi terhadap pemanasan global (tidak

seperti bahan bakar fosil). Karbon dioksida (CO₂) yang diemisikan diserap kembali oleh tanaman yang digunakan untuk menghasilkan minyak nabati, sehingga keseimbangan CO₂ dapat dipertahankan [1].

5. Penggunaan biodiesel dapat memperpanjang umur mesin diesel karena lebih mampu melumasi daripada solar [4].
6. Biodiesel diproduksi dari minyak nabati terbarukan dan karenanya meningkatkan keamanan dan kemandirian ekonomi dalam sektor bahan bakar atau energi [8].

Penggunaan minyak nabati pada mesin diesel hampir setara mesin diesel itu sendiri. Pada tahun 1900 di Jerman, Rudolf Diesel memperkenalkan motor berbahan bakar minyak kacang (*peanut oil*) [9]. Sejak terjadinya krisis energi tahun 1970-an dan awal 1980-an serta adanya kekhawatiran tentang menipisnya sumber daya energi yang tak-terbarukan, banyak minyak nabati yang berbeda telah diuji sebagai biodiesel. Salah satu diantaranya berasal dari limbah minyak goreng (*Waste Cooking Oil, WCO*) dari industri pangan maupun rumah tangga.

Kelemahan utama minyak nabati sebagai bahan baku untuk biodiesel adalah viskositasnya tinggi sedangkan volatilitasnya rendah, sehingga dihasilkan pembakaran yang tidak optimal pada mesin diesel. Melalui proses transesterifikasi (proses menghilangkan gliserida dan menggabungkan ester minyak nabati dengan alkohol) viskositas dapat diturunkan ke nilai yang sebanding dengan bahan bakar disel, sedangkan nilai kalor dapat dipertahankan. Peningkatan persentase biodiesel dalam campuran bahan bakar mengurangi torsi dan daya mesin [7]. Penggunaan 100% methyl ester (B-100) sama sekali tidak direkomendasikan karena selain non-ekonomis juga beresiko menyumbat saluran bahan bakar karena viskositasnya yang tinggi. Disamping itu biodiesel memiliki kandungan energi (nilai kalor) yang lebih rendah dari bahan bakar disel, sehingga menurunkan kinerja mesin dan meningkatkan konsumsi bahan bakar [2].

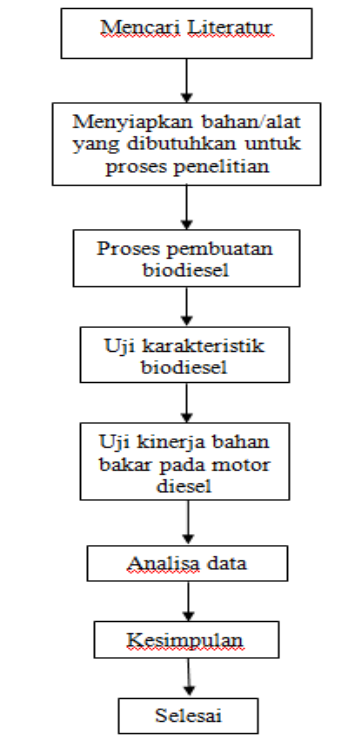
Rendahnya nilai kalor dan volatilitas serta tingginya viskositas dan biaya produksi merupakan atribut negatif biodiesel sebagai bahan bakar substitusi [3]. Kandungan energi spesifik biodiesel lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan bakar disel (solar). Nilai kalor biodiesel 9% lebih rendah dibanding solar, konsekwensinya konsumsi bahan bakar spesifik rem (*brake specific fuel consumption, bsfc*) meningkat dengan meningkatnya rasio biodiesel dalam campuran [6].

Alasan ekonomi dan ketahanan pangan dalam suatu negara menjadi salah satu kendala utama dalam penggunaan biodiesel yang berbasis pada minyak nabati yang dapat dikonsumsi manusia (minyak sawit, minyak jagung, dll.) [5]. Bahan bakar diesel yang berasal dari minyak nabati yang dapat dikonsumsi manusia lebih mahal daripada bahan bakar disel yang berbasis pada minyak bumi. Berdasarkan alasan ini, maka penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan limbah minyak goreng (yang sudah tidak memiliki nilai ekonomis dan berpotensi mencemari lingkungan jika dibuang) menjadi biodiesel sebagai substitusi bahan bakar disel. Dua manfaat yang dapat diperoleh dari pemanfaatan limbah minyak goreng sebagai biodiesel:

1. Harga bahan baku limbah minyak goreng untuk biodiesel jauh lebih murah, bahkan mungkin gratis.
2. Menjaga ketahanan pangan suatu negara.
3. Menjaga kelestarian lingkungan karena limbah minyak goreng tersebut bukan merupakan produk buangan melainkan produk yang dapat dimanfaatkan ulang untuk biodiesel melalui proses transesterifikasi.

2. Metodologi

A. Flow Chart Penelitian



B. Proses Pembuatan Biodiesel

Bahan

1. Minyak jelantah
2. NaOH
3. Methanol
4. Asam fosfat (H_3PO_4)
5. Asam sulfat (H_2SO_4)
6. Aquades

1. **Proses Degumming:** Proses menghilangkan getah melalui penyaringan. Minyak jelantah dicampur dengan asam fosfat kemudian dipanaskan pada suhu $\pm 60^\circ \text{C}$ sambil diaduk selama ± 30 menit. Kemudian didinginkan ± 120 menit dan dilakukan penyaringan.
2. **Proses esterifikasi.** Merupakan proses penyeimbangan asam yang terdapat pada kandungan minyak jelantah, serta menurunkan kadar asam lemak bebas. Menambahkan sulfat (H_2SO_4) dan metanol pada larutan hasil dari proses *degumming*. Kemudian dilakukan dipanaskan pada suhu 60°C dan diaduk selama ± 30 menit. Selanjutnya dilakukan proses pendinginan selama ± 120 menit sampai terbentuk 2 lapisan pada larutan. Yang bermanfaat dari proses ini adalah lapisan bawah.
3. **Proses Trans-esterifikasi.** Proses pemurnian agar tidak terdapat kandungan lemak, serta pemisahan kadar garam pada minyak jelantah yang akhirnya menjadi satu dengan gliserin. Dalam proses ini dilakukan penambahan *metoksi* (campuran NaOH + metanol yang diaduk sampai NaOH larut) pada hasil proses esterifikasi. Proses penambahan

metoksi ini dimulai pada suhu 50°C dan diaduk selama 30 menit hingga suhu 60°C. Proses pendinginan didiamkan selama ± 120 menit sampai terbentuk dua lapisan, lapisan atas bewarna jernih (*biofuel*) dan lapisan bawah yang keruh berupa endapan (gliserin).

4. **Proses Pencucian.** Merupakan proses pemisahan *biofuel* dengan kandungan gliserin, alkohol, NaOH yang tidak bereaksi dan masih tertinggal pada *biofuel*. Lapisan yang jernih (*biofuel*) dimasukkan kedalam botol dan ditambahkan aquades kemudian dikocok. Selanjutnya didiamkan selama ± 120 menit hingga terbentuk dua lapisan, Lapisan biodiesel terdapat di bagian atas. Proses ini dapat dilakukan 3 kali atau bisa lebih, tergantung dari kejernihan air hasil dari pencucian.
5. **Proses Pengeringan.** Proses ini adalah proses membantu penghilangan kandungan air pada biodiesel. Mengambil lapisan atas yaitu biodiesel sebagai produk kemudian dipanaskan dengan temperatur <130°C.

Selanjutnya biodiesel berbasis minyak nabati (biodiesel WCO) yang terbentuk diblending dengan bahan bakar solar murni dengan konsentrasi sebagai berikut:

- 5% Biodiesel + 95% Solar murni (B-5)
- 10% Biodiesel + 90% Solar murni (B-10)
- 15% Biodiesel + 85% Solar murni (B-15)

B. Parameter Uji

Daya kuda Rem (Brake Horsepower, Bhp). Daya yang diberikan ke poros penggerak karena pengereman, yang dinyatakan dengan:

$$N = \frac{N_d P}{7460} \text{ Bhp} \quad (1)$$

dimana:

- N = daya kuda rem (Bhp)
- P = gaya aksi dinamoter (Newton)
- N_d = putaran motor (Rpm)

Torsi Rem. Torsi pada poros keluaran motor dihitung melalui persamaan:

$$\tau = P R (N - m) \quad (2)$$

dimana:

- R = panjang lengan dinamometer (= 0,9549 m)

Tekanan Efektif Purata Rem (Brake Mean Effective Pressure, bmep). Menyatakan kerja per siklus per volume langkah torak.

$$Bmep = \frac{75 N z}{A L \left(\frac{N_d}{60}\right) i} \frac{N}{m^2} = \frac{4500 N z}{A L N_d i} \frac{N}{m^2} \quad (3)$$

dimana:

- A = luas penampang torak (m²)
- z = jumlah putaran engkol dalam satu siklus kerja (= 2 untuk motor 4 langkah).
- L = panjang langkah torak (m)
- i = jumlah silinder

Konsumsi bahan bakar spesifik rem (Brake specific fuel Consumption, bsfc). Menyatakan bahan bakar yang dikonsumsi per satuan keluaran daya persatuan waktu.

$$Bsfc = \frac{3600 m}{N t} \left(\frac{kg}{bhp \text{ jam}} \right) \quad (4)$$

dimana:

- m = massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg)
- t = waktu yang dibutuhkan untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak m kg (sekon)

C. Uji Performansi

Alat dan Bahan

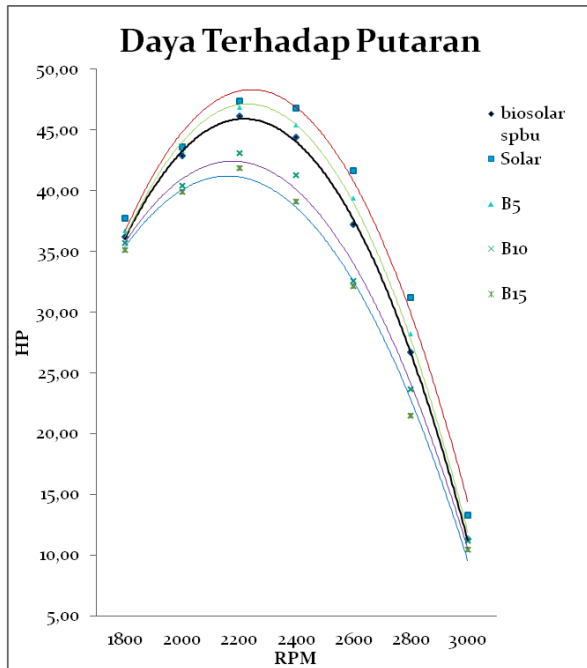
- Motor Diesel: ISUZU / 4JA1, 4 silinder OHV Diesel
- ZOLLNER Water Brake Dynamometer
- Bahan Bakar:
 - Solar murni
 - Biosolar
 - 5% Biodiesel WCO + 95% Solar murni (B-5)
 - 10% Biodiesel WCO + 90% Solar murni (B-5)
 - 15% Biodiesel WCO + 85% Solar murni (B-5)
- Stopwatch
- Gelas Ukur

Pengujian

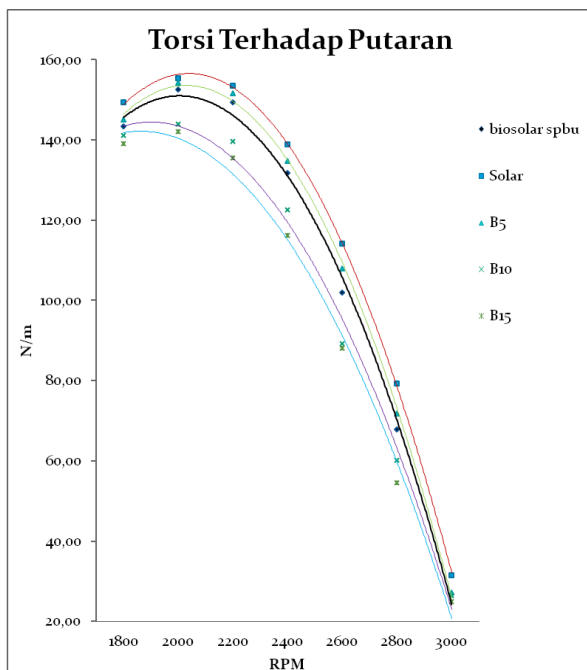
Pengujian dilakukan dengan putaran berubah. Diawali pada putaran 3000 Rpm dengan bahan bakar solar murni, kemudian dilakukan pembebanan secara bertahap dengan interval 200 RPM sampai pada putaran 1800 Rpm. Selama proses pembebanan dilakukan pengambilan data: putaran motor, beban, aliran balik (*return flow*) bahan bakar dan waktu untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak 50 ml pada gelas ukur bahan bakar. Proses pengujian diulang untuk jenis bahan bakar yang lain dengan terlebih dahulu

melakukan pengurasan sisa bahan bakar yang terdapat pada gelas ukur bahan bakar, saluran bahan bakar dan filter bahan bakar. Hal ini perlu dilakukan agar bahan bakar yang baru tidak tercampur dengan bahan bakar dari proses sebelumnya. Proses pengambilan data untuk masing-masing bahan bakar dilakukan sebanyak tiga kali dengan waktu jeda untuk proses pendinginan mesin ± 1 jam.

4. Hasil dan Pembahasan

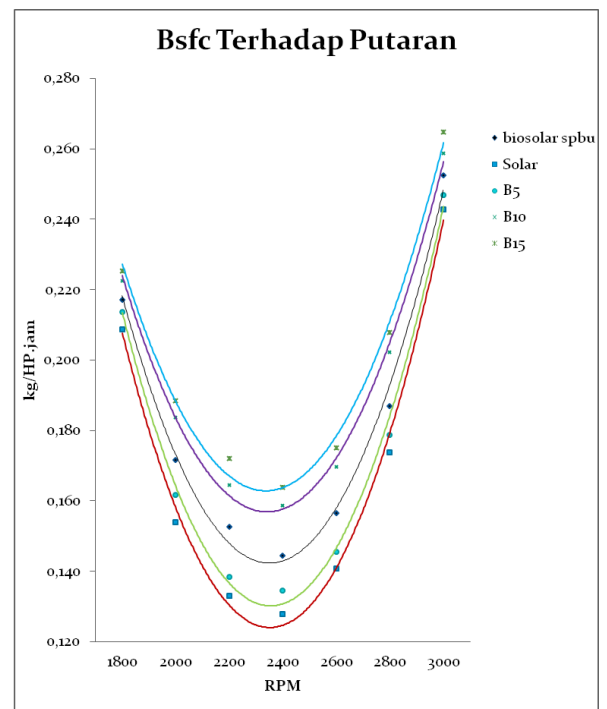


Gambar 1. Daya kuda rem fungsi putaran.



Gambar 2. Torsi fungsi putaran.

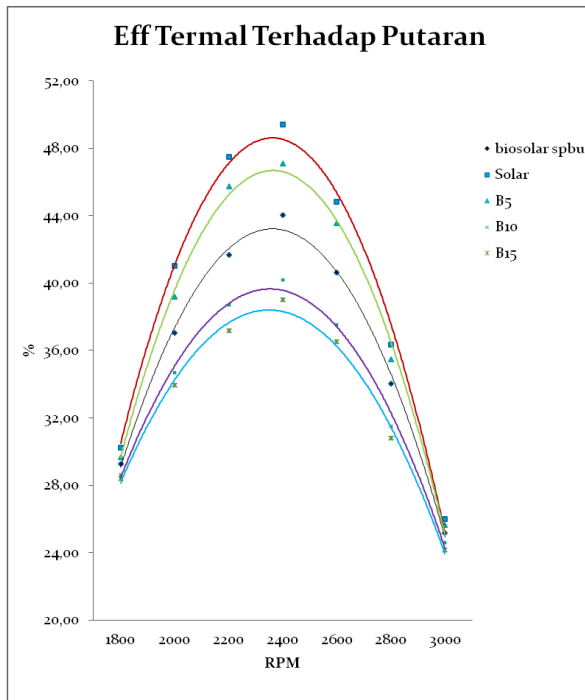
Dalam Gambar 1 dan Gambar 2 ditunjukkan bahwa dalam semua tingkat kecepatan, daya kuda rem (*brake horse power*, bhp) dan torsi rem biodisel WCO dengan beragam konsentrasi lebih rendah dibanding solar murni. Hal ini disebabkan oleh nilai kalor biodisel lebih rendah dan viskositasnya lebih tinggi dibanding solar murni. Namun, jika dibandingkan dengan Biosolar produk Pertamina, maka Biodisel WCO dengan konsentrasi 5% menunjukkan kinerja yang lebih baik, dimana dihasilkan daya maksimum (pada putaran 2400 rpm) 1,4% lebih tinggi dibanding biosolar. Sedangkan torsi maksimum (pada putaran 2200 rpm) 1,11% lebih tinggi dibanding biosolar. Peningkatan prosentase konsentrasi biodisel WCO dalam campuran bahan bakar mengurangi daya mesin. Hal ini sesuai dengan pernyataan [7].



Gambar 3. Konsumsi bahan bakar spesifik rem.

Kurva konsumsi bahan bakar spesifik rem dalam Gambar 3 juga menunjukkan kecenderungan yang serupa, dimana pada seluruh tingkat kecepatan, konsumsi bahan bakar spesifik rem biodisel WCO pada berbagai konsentrasi lebih tinggi dibanding bahan bakar solar murni. Hal ini disebabkan karena nilai kalor biodisel lebih rendah dibanding bahan bakar solar murni, sehingga meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik rem (bsfc). Disamping itu karena viskositasnya yang tinggi dengan volatilitas yang rendah akan berdampak pada proses atomisasi dan pola semprotan bahan bakar, sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna dan terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik rem. Namun, jika dibandingkan dengan Biosolar produk Pertamina, maka Biodisel WCO dengan konsentrasi 5% menghasilkan konsumsi

bahan bakar spesifik yang lebih rendah, yaitu sebesar 6,7% pada 2400 RPM.



Gambar 4. Effisiensi termal rem fungsi putaran.

Dalam Gambar 4 ditunjukkan bahwa efisiensi termal rem biodiesel WCO pada semua tingkat kecepatan lebih rendah dibanding solar murni. Hal ini disebabkan karena nilai kalor dan volatilitas biodiesel lebih rendah dibanding solar murni. Namun, jika dibandingkan dengan Biosolar produk Pertamina, maka Biodiesel WCO dengan konsentrasi 5% menghasilkan efisiensi termal rem yang lebih tinggi, yaitu sebesar 6,5% pada 2400 RPM.

3. Kesimpulan

1. Biodiesel berbasis limbah minyak goreng (biodiesel WCO) memiliki karakteristik yang mirip dengan solar yang berbasis bahan bakar fosil, sehingga berpotensi sebagai bahan bakar alternatif dan mengeliminir pencemaran lingkungan yang disebabkan limbah minyak goreng.
2. Biodiesel WCO dengan konsentrasi 5% (B-5) memiliki kinerja yang lebih baik dibanding biosolar produk Pertamina, dimana daya kuda rem 1,4% lebih tinggi, torsi rem rata-rata 1,11% lebih tinggi, efisiensi termal rem rata-rata 6,5% lebih tinggi dan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata 6,7% lebih rendah.
3. Semakin tinggi konsentrasi biodiesel dalam

campuran, semakin rendah kinerja yang dihasilkan pada motor diesel.

4. Pada semua tingkat konsentrasi biodiesel dari bahan baku minyak jelantah menghasilkan kinerja yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak solar.

Daftar Pustaka

1. Bari S, Yu C.W., and Lim T.H., 2002, "Performance deterioration and durability issues while running a diesel engine with crude palm oil," *Proc. Instn. Mech. Engrs Pert-D J. Automobile Engineering*, vol. 216, halaman 785 – 792.
2. Howell S et all., Biodisel use in Underground Metal and Non-metal Mines, http://www.dieselnet.com/pappers/9750_howell.html
3. Jiafeng, S., Jerald, A. C. and Timothy, J. J. 2010. Oxides of nitrogen emissions from biodiesel-fuelled diesel engines. *Progress in Energy and Combustion Science* 36, hal: 677-695.
4. Knothe G., and Steidley K R., "Lubricity of Component of Biodiesel and Petrodiesel: The origin of biodiesel lubricity," *Energy & Fuels*, Vol. 19. hal: 1192-1200, 2005.
5. Kristanto P, Winaya R, "Penggunaan Minyak Nabati Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Motor Diesel Sistim Injeksi Langsung," *Journal Teknik Mesin* Vol. 4 No. 2, hal: 99 – 103, 2002.
6. Lapuerta M et.al., Effect of Biodiesel Fuel on Diesel Engine Emissions, *Progress in Energy and Combustion Science*, 2008, 34 (2): 198-223.
7. Mohebbi A., Use of waste cooking oil biodiesel in a tractor DI diesel engine, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, Vol.10 (2), April 2012 hal: 1290-1297.
8. Ramadhas A S., Jayaraj S., and Muraleedharan C. 2004, "Use of Vegetable Oils as IC Engine Fuel – A review," *Renewable Energy*, vol. 29, hal: 727 – 742.
9. Schumacher L G et al., 1993, Fueling a Diesel Engine With Methyl Ester in a Direct Injection Diesel Engine, SAE paper 93094.
10. Kristanto, Philip. *Modul Praktikum Motor Bakar*. Surabaya: Universitas Kristen Petra, 2004.