

## PENGARUH PENAMBAHAN BIODESEL DARI MINYAK BIJI RANDU PADA BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP UNJUK KERJA DAN OPASITAS GAS BUANG PADA MESIN DIESEL 4 LANGKAH

**Rangga Andi Risokta**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [risokta@gmail.com](mailto:risokta@gmail.com)

**Muhaji**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [muhaji61@unesa.ac.id](mailto:muhaji61@unesa.ac.id)

### Abstrak

Peningkatan penggunaan mesin diesel menyebabkan berkurangnya cadangan minyak bumi dan perlu dicari langkah-langkah untuk membuat energi alternatif untuk memenuhi pasokan kebutuhan bahan bakar. Biodiesel merupakan sumber bahan bakar alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, yang tidak mengandung sulfur, dan terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kemampuan campuran solar-biodiesel dari minyak biji randu (*Ceiba pentandra*) terhadap unjuk kerja mesin dan opasitas gas buang. Pembuatan biodiesel menggunakan metode transesterifikasi. Penelitian ini menggunakan metode *full open throttle* dengan standar pengujian berdasarkan SAE J1349 untuk pengujian unjuk kerja mesin dan standar pengujian kadar opasitas gas buang berdasarkan SNI 19-7118.2-2005, dengan variasi campuran B0; B7,5; B12,5; dan B17,5 pada mesin Mitsubishi Kuda 2500cc tahun 2000 dan menggunakan analisa metode deskriptif. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan penggunaan campuran biodiesel lebih optimal dari bahan bakar B0. Torsi meningkat pada tiap campuran, diantaranya B7,5 sebesar 5,54%; B12,5 sebesar 11,15% dan B17,5 sebesar 12,33%. Sedangkan daya mesin terjadi peningkatan pada B7,5 sebesar 3,88%; B12,5 sebesar 5,54% dan B17,5 sebesar 8,26%. Dengan daya yang meningkat, tekanan efektif rata-rata dari mesin juga meningkat, B7,5 sebesar 3,88%; B12,5 sebesar 5,42% dan B17,5 sebesar 8,26%. Konsumsi bahan bakar campuran biodiesel mengalami reduksi, B7,5 sebesar 4,57%; B12,5 sebesar 9,65% dan B17,5 sebesar 10,49%. Opasitas gas buang juga ikut menurun dengan rata-rata reduksi B7,5 sebesar 12,67%; B12,5 sebesar 18,98% dan B17,5 sebesar 35,8%. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada B17,5 merupakan campuran yang paling optimal dari campuran yang lainnya dengan peningkatan torsi sebesar 12,33%, peningkatan daya sebesar 8,26%, peningkatan tekanan efektif rata-rata sebesar 8,26%, reduksi konsumsi bahan bakar sebesar 10,49% dan reduksi opasitas sebesar 35,8%.

**Kata kunci:** Biodiesel, biji kapuk randu, opasitas gas buang, unjuk kerja mesin

### Abstract

Increased diesel engines user cause a reduction in oil reserves and needs to be some way to make alternative energy supply to meet the fuel needs. Biodiesel is an alternative fuel source were made from vegetable oils or animal fats, which do not contain sulfur, not flavorful and renewable. This study focus to analyze the ability of a mixture diesel oil-biodiesel from kapok seed oil (*Ceiba pentandra*) on diesel engine performance and exhaust gas. To create biodiesel using transesterifikasi metode. This experimental research using method of full open throttle valve in engine performance testing from SAE J1349 standards based testing and standards testing of exhaust gas opacity levels based SNI 19-7118.2-2005, opacity with varian mixture of B0; B7,5; B12,5; and B17,5 the 2500cc engine 2000 Mitsubishi Kuda, and analyzed using descriptive methods. From the results of research conducted, showed more optimum use of biodiesel mixtures than B0 fuel. Increase in torque at each mixtures, including B7.5: 5.54%; B12.5: 11.15% and B17.5: 12.33%. While there was an increase in engine power B7.5: 3.88%; B12.5: 5.54% and B17.5: 8.26%. With increased power, brake mean effective pressure also increased, B7.5: 3.88%; B12.5: 5.54% and B17.5: 8.26%. In terms of fuel consumption of biodiesel mixtures decreased by, B7.5: 4.57%; B12.5: 9.65% and B17.5: 10.49%. Opacity also decreased in the presence mixture of biodiesel with an average reduction of B7.5: 12.67%; B12.5: 18.98% and B17.5: 35.8%. The research that has been conducted shows that the B17,5 an optimal mix of other mixtures with increased torque by 12.33%, increased power by 8.26%, brake mean effective pressure also increased by 8.26%, consumption fuel decrease by 10.49% and a decreased opacity by 35,8%.

**Keywords:** Biodiesel, kapok seed, exhaust gas, opacity, engine performance

## PENDAHULUAN

Dalam bidang transportasi jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya, hal ini mengakibatkan konsumsi bahan bakar juga mengalami peningkatan. Konsumsi minyak bumi di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan, hal ini berbanding terbalik dengan produksi minyak bumi di Indonesia yang setiap tahunnya mengalami penurunan. Pembuatan biodiesel campuran dilakukan guna menekan impor minyak mentah, serta turut serta dalam ikut mewujudkan wacana pemerintah dalam momentum percepatan pengembangan biodiesel pada awal tahun 2013. Ketersediaan biji randu (*Ceiba pentandra seed*) cukup banyak, yang merupakan biji non pangan, sehingga penggunaan sebagai biodiesel lebih efisien karena sudah tidak digunakan kembali.

Berdasarkan uraian latar belakang atas, peneliti merumuskan masalah untuk mengetahui pengaruh perbandingan variasi campuran solar-biodiesel dari minyak biji randu terhadap unjuk kerja dan opasitas gas buang pada mesin diesel 4 langkah. Penggunaan variasi bahan bakar adalah B0; B7,5; B12,5; dan B17,5. Penelitian ini dilakukan pada mobil Mitsubishi Kuda 2500cc tahun 2000.

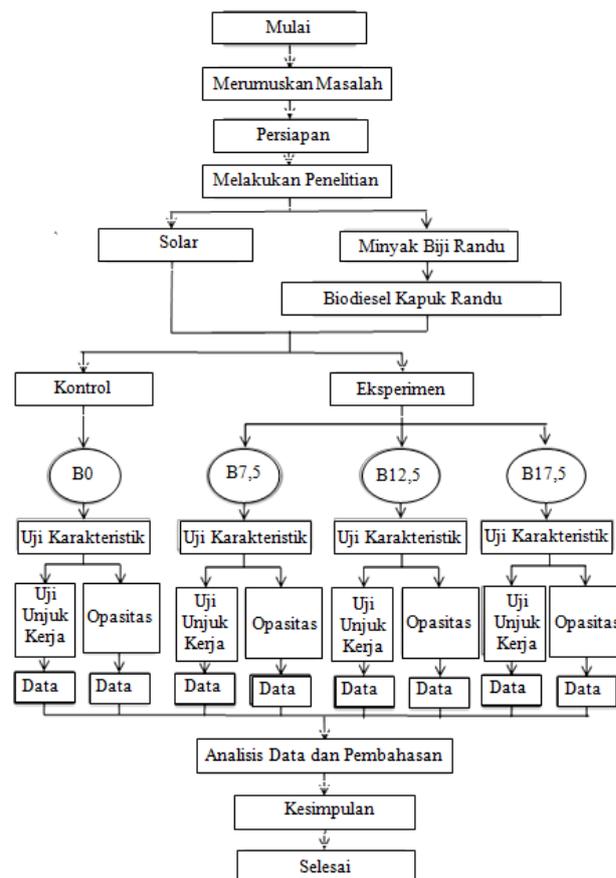
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran solar-biodiesel biji randu terhadap unjuk kerja, yang berupa torsi, daya, bmep dan konsumsi bahan bakar, serta opasitas gas buang pada mesin diesel 4 langkah. Pada pengujian unjuk kerja, digunakan standar pengujian SAE J1349, sedangkan untuk pengujian opasitas gas buang menggunakan standar pengujian berupa SNI 19-7118.2-2005.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif baru yaitu biodiesel untuk mengatasi krisis energi khususnya bahan bakar solar, ikut membantu pemerintah dalam rangka momentum percepatan pengembangan biodiesel pada tahun 2013, Memberdayakan dan meningkatkan nilai jual kapuk randu bagi petani khususnya petani kapuk randu, Memberikan nilai tambah biji kapuk randu sebagai produk unggulan lokal, membantu pemerintah dalam mengurangi polusi udara.

Pada penelitian sebelumnya, telah dijelaskan bahwa karakter biodiesel kapuk randu mendekati karakteristik solar pada umumnya (Susilowati, 2006). Tetapi disebutkan bahwa untuk dilakukan penelitian lanjutan dalam rangka memperoleh kualitas terbaik dari biodiesel biji randu untuk dijadikan bahan bakar alternatif. Disebutkan bahwa campuran yang optimal dari biodiesel biji randu adalah 20% biodiesel biji randu dan 80% solar (B20) menunjukkan bahwa gas buang polutan yang dihasilkan menurun cukup baik (Ariani, 2009). Serta uji unjuk kerja mesin pada campuran 20% biodiesel randu dan 80% solar (B20) menunjukkan unjuk kerja yang cukup baik pada mesin (Darmanto, 2010).

## METODE

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### Waktu dan Tempat Penelitian

- Waktu  
Penelitian eksperimen (*experimental research*) ini kami mulai pada bulan februari sampai maret 2014.
- Tempat  
Penelitian eksperimen (*experimental research*) ini untuk pengujian unjuk kerja dilaksanakan di bengkel *Elysium Autotech* Jalan Raya Kendangsari Nomor 43 Surabaya. Sedangkan opasitas dilakukan di PT Murni Berlian Motors Jl. Demak No. 172 Surabaya.

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen (*experimental research*). Bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran solar-biodiesel dari minyak biji jarak terhadap kinerja dan emisi gas buang mesin diesel 4 langkah. Penelitian ini berusaha untuk membandingkan hasil penelitian antara kelompok standar dengan kelompok eksperimen

### Obyek Penelitian

Adapun obyek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin Mitsubishi Kuda 2500 CC tahun 2000.

## Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau suatu sifat atau nilai dari orang, obyek, atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

Variabel yang termasuk dalam penelitian eksperimen ini adalah sebagai berikut:

- Variabel Bebas (*stimulus variable*)  
Variabel bebas dapat disebut faktor penyebab. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi campuran solar dengan biodiesel minyak biji randu B0; B7,5; B12,5; B17,5 untuk mendapatkan kadar opasitas minimum dan unjuk kerja yang paling optimal.
- Variabel Terikat (*dependent variable*)  
Variabel terikat dapat disebut hasil atau obyek penelitian. Variabel respon pada penelitian ini adalah unjuk kerja mesin (berupa torsi, daya, bmep dan *fuel consumption*) dan opasitas gas buang Mitsubishi Kuda 2500cc tahun 2000. Sehingga dapat diketahui kadar campuran biodiesel yang optimal.
- Variabel Kontrol  
variabel kontrol merupakan usaha untuk menghilangkan pengaruh variabel-variabel lain selain variabel bebas yang mempengaruhi hasil variabel terikat. Adapun variabel kontrol yang digunakan adalah mobil disel Mitsubishi Kuda 2500cc tahun 2000, putaran mesin, dan temperatur oli mesin.

## Metode Pengujian

Penelitian eksperimen (*experimental research*) ini menggunakan metode *full open throttle valve* dalam pengujian unjuk kerja mesin dengan standar pengujian berdasarkan SAE J1349 (*Engine Power Test Code-Spark Ignition and Compression Ignition-Net Power Rating*) dan standar pengujian opasitas gas buang dengan metode *free running acceleration* dengan standar ISO 11614:1999 (*reciprocating internal compression-ignition engine – apparatus for measurement of light absorption efficient of exhaust gas*) yang tertera pada SNI 19-7118.2-2005.

## Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung. Tujuan penggunaan metode deskriptif untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang sementara berjalan pada saat penelitian dilakukan dan menganalisis sebab-sebab dari suatu gejala tertentu (Suharsimi, 2006). Selanjutnya dideskripsikan dengan kalimat sederhana sehingga mudah dipahami untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diteliti.

## Prosedur Pengujian



**Gambar 2.** Rancangan Peralatan dan Instrumen Eksperimen

- Berikut dibawah ini merupakan langkah-langkah proses pengujian unjuk kerja mesin:
  - Menaikkan mobil ke atas *chassis dynamometer*.
  - Memasangkan *fuel meter* pada kendaraan dengan menghubungkan *fuel meter* pada saluran masuk bahan bakar dan saluran *return* pada kendaraan Mitsubishi Kuda.
  - Menyalakan *blower* (kipas)
  - Menghidupkan mesin selama  $\pm 5$  menit agar mesin mencapai kondisi operasional (temperatur oli  $\pm 60-70^{\circ}\text{C}$  sesuai pada SNI 19-7118.2-2005).
  - Mulai menjalankan kendaraan dengan memasukkan gigi transmisi pada posisi 3 (*third gear*).
  - Melakukan *accelerate* secara konstan dengan cara menginjak pedal gas sampai dalam keadaan *full open throttle valve* (gas penuh) selama kurang lebih 5 detik. Setelah itu melakukan *deselerate* dengan melepas pedal gas hingga mesin dalam keadaan stasioner. Hal ini dilakukan sampai didapat data yang valid, yaitu torsi dan daya yang muncul tidak berubah ubah lagi.
  - Mengatur Beban dari *chasis dynamometer* sampai menunjukkan putaran yang diinginkan (4500 rpm, sampai 750 rpm). Pengamatan dilakukan setelah tercapai keseimbangan putaran mesin
  - Melakukan pencatatan data masing-masing terhadap, putaran mesin, torsi dan daya pada *chasis dynamometer*, dan waktu pemakaian bahan bakar tiap 50 ml.
  - Melakukan (mengulang) percobaan untuk tiap kelompok standar dan kelompok uji.
  - Pengujian dan pengambilan data dilakukan minimal tiga kali untuk masing-masing kondisi agar didapatkan data yang valid.

Untuk prosedur dalam pengujian opasitas dijelaskan sebagai berikut :

- Pengujian Opasitas Mesin Mitsubishi Kuda Tahun 2000 adalah sebagai berikut

- Menyiapkan kendaraan yang akan diuji emisinya pada posisi standar.
- Memasangkan *fuel meter* pada kendaraan dengan menghubungkan *fuel meter* pada saluran masuk bahan bakar dan saluran *return* pada kendaraan Mitsubishi Kuda.
- Matikan semua peralatan tambahan kendaraan (misalnya AC, kipas tambahan, dll).
- Menyalakan program pengukur opasitas kendaraan.
- Menghidupkan mesin selama  $\pm 5$  menit agar bahan bakar yang akan bersirkulasi dengan sempurna dan mengkondisikan mesin pada suhu dengan memasang *thermocouple digital*, pada lubang *deep stick oil* untuk mengetahui temperatur oli mesin ( $\pm 60-70^{\circ}\text{C}$ , sesuai pada SNI 19-7118.2-2005).
- Memasukkan sensor gas (*gas probe*) ke dalam pipa gas buang sampai penjepit *probe* mencengkeram ujung knalpot.
- Melakukan akselerasi selama 4 detik, sampai *opacitymeter* menampilkan perintah “*release/deselerate*”, kemudian melepaskan pedal gas hingga putaran mesin kembali langsam (*idle*) selama 10 detik sesuai dengan SNI 09-7118.2-2005 pada lampiran 16. Dan dilakukan sebanyak 3 kali.
- Cetak (*print*) data hasil pengujian atau catat pada formulir pencatatan data dalam satuan persen (%).

**Akhir pengujian**

Prosedur yang harus dilakukan pada saat tahap ahir pengujian adalah menurunkan putaran *engine* secara perlahan sampai *idle*, mematikan *engine*, dan mematikan *blower*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Hasil Penelitian**

Pengujian karakteristik campuran biodiesel (B0; B7,5; B12,5; dan B17,5) dilakukan di Laboratorium Pertamina Unit Produksi Pelumas Surabaya (UPPS) dan Laboratorium Bahan Bakar Minyak (BBM) yang bertempat di Jl. Perak No. 227 Surabaya, dan untuk pengujian nilai kalor dilakukan di laboratorium Motor Bakar universitas Brawijaya Malang ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Uji Karakteristik Solar dan Campuran Solar dengan Biodiesel (B0; B7,5; B12,5; dan B17,5)

Jenis Pemeriksaan	Satauan	Hasil Pemeriksaan				Metode
		B0	B7,5	B12,5	B17,5	
Density at 15 °C	(g/cm <sup>3</sup> )	0,8520	0,8563	0,8591	0,8619	ASTM D1298
Viscosity Kinematic at 40 °C	cst	3,65	4,18	4,55	4,99	ASTM D7279
Flash Point	°C	63	63	63	64	ASTM D9311
Pour Point	°C	-	-5	-7	-8	ASTM D9708a
Calculated Cetane Index	-	50,99952	51,20209	50,89560	50,71194	ASTM D976-06
Nilai Kalor	Kcal/g	11620,31	11326,61	11131,29	11129,39	ASTM D2015

**Analisis dan Pembahasan Torsi**

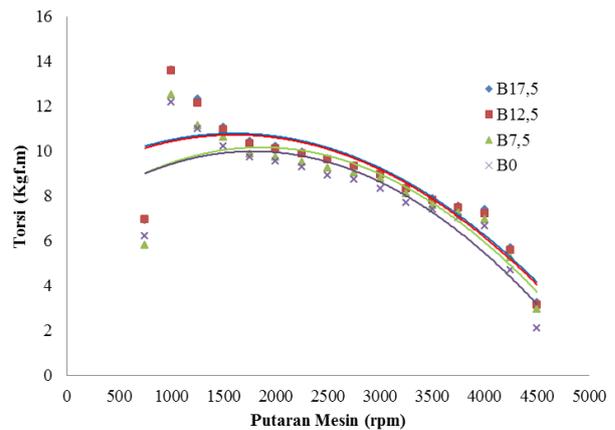
Perubahan torsi pada berbagai campuran bahan bakar solar dengan biodiesel (B0; B7,5; B12,5; dan B17,5) ditunjukkan pada Tabel 2. Persentase perubahan torsi ( $\Delta\%$ ) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\% = \frac{B(Ex) - B0}{B0} \times 100\% \tag{1}$$

**Tabel 2.** Presentase Perubahan Torsi

Putaran (rpm)	Torsi (kgf.m)				Persentase Perubahan ( $\Delta\%$ )		
	B0	B7,5	B12,5	B17,5	B7,5	B12,5	B17,5
750	6,22	5,81	6,94	6,92	-6,59%	11,58%	11,25%
1000	12,20	12,50	13,58	13,63	2,63%	11,49%	11,90%
1250	11,00	11,12	12,13	12,31	1,09%	10,27%	11,91%
1500	10,20	10,63	10,94	11,06	4,11%	7,15%	8,33%
1750	9,72	9,87	10,32	10,42	1,65%	6,28%	7,31%
2000	9,54	9,74	10,10	10,20	2,20%	5,98%	7,03%
2250	9,30	9,52	9,88	9,96	2,37%	6,24%	7,10%
2500	8,91	9,23	9,60	9,64	3,59%	7,74%	8,19%
2750	8,72	9,01	9,33	9,33	3,33%	7,00%	7,00%
3000	8,32	8,77	8,96	9,01	5,54%	7,82%	8,42%
3250	7,70	8,11	8,33	8,35	5,32%	8,18%	8,44%
3500	7,38	7,58	7,80	7,86	2,71%	5,59%	6,50%
3750	7,02	7,23	7,48	7,53	2,99%	6,55%	7,26%
4000	6,67	6,97	7,22	7,39	4,50%	8,25%	10,79%
4250	4,71	5,25	5,58	5,71	11,70%	18,72%	21,49%
4500	2,10	2,97	3,14	3,24	41,43%	49,52%	54,29%
Rata-Rata					5,54%	11,15%	12,33%

Dari data pada Tabel 2. apabila dibentuk dalam grafik akan tampak seperti pada Gambar 3 sebagai berikut.



**Gambar 3.** Hubungan Antara Putaran Mesin Terhadap Torsi

Berdasarkan Gambar 3 di atas, Secara umum, torsi yang dihasilkan oleh mobil Mitsubishi Kuda cenderung meningkat ketika menggunakan variasi campuran biodiesel B7,5; B12,5; dan B17,5. Pada pengujian, terjadi peningkatan torsi hampir pada tiap rpm dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar solar murni. Torsi maksimum dicapai pada putaran 1000 rpm sebesar 13,63 kgf.m, sedangkan pada standar pabrik disebutkan torsi terbesar dicapai pada putaran 2500 rpm. Hal ini terjadi karena pengujian torsi menggunakan *eddy current dynamometer* yang memerlukan hentakan keras pada saat awal memulai pengujian untuk memutar *roller* pada *chassis dynamometer*. Hentakan tersebut memaksa mesin untuk memberikan torsi yang besar pada awal pengujian. Selain itu, putaran menengah silinder cukup mempunyai waktu untuk terisi dengan campuran udara-bahan bakar

dengan baik. Sedangkan pada putaran tinggi, silinder tidak cukup mempunyai waktu untuk terisi penuh campuran udara-bahan bakar (Warju. 2009:49).

Torsi yang dihasilkan dari hasil pembakaran mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000 berbahan bakar campuran solar dengan biodiesel dari minyak biji randu (*Ceiba pentandra*) pada berbagai campuran menunjukkan hasil bahwa penggunaan biodiesel dapat meningkatkan torsi pada berbagai tingkat rpm dengan hasil yang paling baik atau paling tinggi dicapai pada campuran B17,5. Dari grafik torsi gambar 4.1 di atas dapat dilihat besarnya torsi yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar murni.

Campuran biodiesel dari minyak biji randu yang digunakan memiliki karakteristik pembakaran yang sedikit lebih baik dari pada solar yaitu viskositas yang lebih tinggi sehingga memudahkan mesin untuk berputar dengan melapisi dinding silinder sehingga gerakan piston dari TMA ke TMB atau sebaliknya lebih lancar yang mengakibatkan berkurangnya gaya gesek pada dinding silinder.

**Analisis dan Pembahasan Daya**

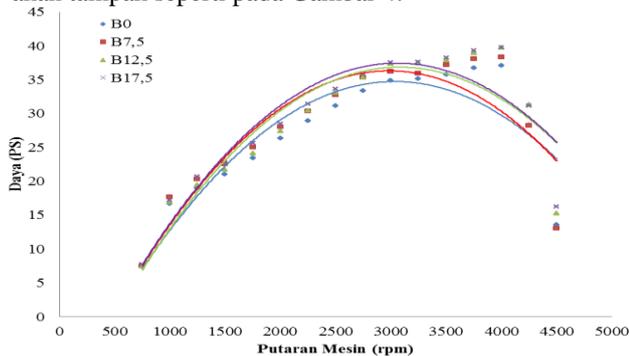
Perubahan daya pada penggunaan campuran bahan bakar solar dengan biodiesel B0; B7,5; B12,5; dan B17,5 pada Mitsubishi Kuda tahun 2000, dapat dilihat pada Tabel 3. Persentase perubahan daya efektif (Δ%) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta \% = \frac{\text{Daya (Ex)} - \text{Daya B0}}{\text{Daya B0}} \times 100\% \quad (2)$$

**Tabel 3.** Presentase Perubahan Daya

Putaran (rpm)	Daya Efektif (PS)				Persentase Perubahan (Δ%)		
	B0	B7,5	B12,5	B17,5	B7,5	B12,5	B17,5
750	7,4	7,47	7,44	7,74	0,95%	0,54%	4,59%
1000	16,7	17,64	16,97	17,24	5,63%	1,62%	3,23%
1250	18,99	20,31	19,47	20,65	6,95%	2,53%	8,74%
1500	21,02	22,58	21,76	22,85	7,42%	3,52%	8,71%
1750	23,39	25,01	24,16	25,65	6,93%	3,29%	9,66%
2000	26,33	28,02	27,44	28,52	6,42%	4,22%	8,32%
2250	28,9	30,35	30,42	31,4	5,02%	5,26%	8,65%
2500	31,16	32,71	33,12	33,63	4,97%	6,29%	7,93%
2750	33,39	35,28	35,28	35,82	5,66%	5,66%	7,28%
3000	34,91	36,23	37,31	37,55	3,78%	6,87%	7,56%
3250	35,11	35,92	37,45	37,61	2,31%	6,66%	7,12%
3500	35,72	37,14	37,85	38,22	3,98%	5,96%	7,00%
3750	36,77	38,05	38,97	39,34	3,48%	5,98%	6,99%
4000	37,07	38,29	39,78	39,78	3,29%	7,31%	7,31%
4250	28,32	28,19	31,29	31,16	-0,46%	10,49%	10,03%
4500	13,62	13,05	15,31	16,22	-4,19%	12,41%	19,09%
Rata-rata					<b>3,88%</b>	<b>5,54%</b>	<b>8,26%</b>

Dari data pada Tabel 3. apabila dibentuk dalam grafik akan tampak seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan Antara Putaran Mesin Terhadap Daya

Grafik daya cenderung mengalami peningkatan di berbagai tingkat rpm pada campuran biodiesel dibanding minyak solar. Hal ini disebabkan karena torsi yang dihasilkan meningkat sehingga efisiensi volumetrik juga meningkat yang mengakibatkan daya pada kendaraan juga ikut meningkat.

Standar manufaktur disebutkan bahwa daya terbesar Mitsubishi Kuda berada pada putaran 4000 rpm dengan daya sebesar 86 PS. Akan tetapi, setelah dilakukan pengujian diketahui daya yang ditunjukkan tidak mencapai standar manufaktur. Hal ini disebabkan oleh tidak diukurnya *final drive ratio* pada *chassis dynamometer* sehingga terjadi *losses* hampir setengah dari petunjuk manufaktur.

Campuran biodiesel dari minyak biji randu yang digunakan memiliki karakteristik pembakaran yang lebih baik dari pada solar yaitu viskositas biodiesel lebih tinggi dibandingkan viskositas solar, sehingga biodiesel mempunyai daya pelumasan yang lebih baik daripada solar. Viskositas yang lebih tinggi memudahkan mesin untuk berputar dengan mengurangi gaya gesek. Selain itu, biodiesel sudah mengandung oksigen dalam senyawanya, sehingga pembakaran di dalam mesin mendekati sempurna dan penggunaan bahan bakar lebih efisien ([www.pphp.deptan.go.id](http://www.pphp.deptan.go.id), diakses pada 15 Oktober 2014).

Daya paling optimal dihasilkan pada campuran biodiesel B17,5 pada berbagai tingkat rpm. Hal ini disebabkan karena semakin banyak konsentrasi campuran mengakibatkan ikut bertambahnya viskositas dan kandungan oksigen dalam bahan bakar, sehingga pembakaran dalam mesin hampir mendekati sempurna.

**Analisis dan Pembahasan Tekanan Efektif Rata-rata**

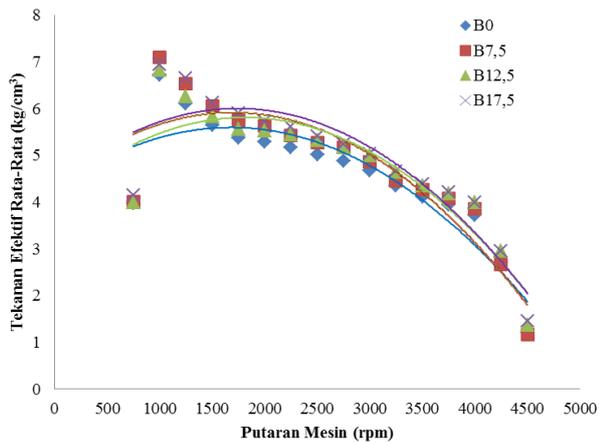
Perubahan tekanan efektif rata-rata pada penggunaan bahan bakar solar dan biodiesel B7,5; B12,5; dan B17,5 pada mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000, ditunjukkan pada Tabel 4. Persentase tekanan efektif rata-rata (Δ%) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta \% = \frac{\text{Bmep B(Ex)} - \text{Bmep B0}}{\text{Bmep B0}} \times 100\% \quad (3)$$

**Tabel 4.** Presentase Perubahan Tekanan Efektif Rata-rata

Putaran (rpm)	Tekanan Efektif Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )				Persentase Perubahan (Δ%)		
	B0	B7,5	B12,5	B17,5	B7,5	B12,5	B17,5
750	3,97	4,01	3,99	8,30	0,95%	0,54%	4,59%
1000	6,72	7,10	6,83	13,87	5,63%	1,62%	3,23%
1250	6,11	6,54	6,27	13,29	6,95%	2,53%	8,74%
1500	5,64	6,06	5,84	12,26	7,42%	3,52%	8,71%
1750	5,38	5,75	5,55	11,79	6,93%	3,29%	9,66%
2000	5,30	5,64	5,52	11,47	6,42%	4,22%	8,32%
2250	5,17	5,43	5,44	4,15	5,02%	5,26%	8,65%
2500	5,01	5,26	5,33	6,94	4,97%	6,29%	7,93%
2750	4,88	5,16	5,16	6,65	5,66%	5,66%	7,28%
3000	4,68	4,86	5,00	6,13	3,78%	6,87%	7,56%
3250	4,35	4,45	4,64	5,90	2,31%	6,66%	7,12%
3500	4,11	4,27	4,35	5,74	3,98%	5,96%	7,00%
3750	3,94	4,08	4,18	5,61	3,48%	5,98%	6,99%
4000	3,73	3,85	4,00	5,41	3,29%	7,31%	7,31%
4250	2,68	2,67	2,96	5,24	-0,46%	10,49%	10,03%
4500	1,22	1,17	1,37	5,04	-4,19%	12,41%	19,09%
Rata-rata					<b>3,88%</b>	<b>5,54%</b>	<b>8,26%</b>

Dari data pada Tabel 4. apabila dibentuk dalam grafik akan tampak seperti pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Hubungan Antara Putaran Dengan Tekanan Efektif Rata-Rata

Persentase perubahan pada tekanan efektif rata-rata sebanding dengan persentase perubahan daya. Jadi, jika daya terjadi peningkatan, maka dapat dipastikan tekanan efektif rata-rata juga akan ikut meningkat. Hal ini dapat dibuktikan pada rumus perhitungan daya dan tekanan efektif rata-rata pada buku Arismunandar (2005:24). Proses pembakaran udara dengan bahan bakar menghasilkan tekanan yang bekerja pada torak sehingga menghasilkan langkah kerja. Besar tekanan tersebut berubah-ubah sepanjang langkah torak tersebut. Jika diambil suatu tekanan yang berharga konstan yang bekerja pada torak dan menghasilkan kerja yang sama, maka tekanan tersebut disebut dengan tekanan efektif rata-rata atau Bmep (Handoyo, tanpa tahun:1). Berdasarkan gambar 4.3 di atas, pada berbagai tingkat rpm campuran solar dengan biodiesel, grafik tekanan efektif rata-rata cenderung mengalami peningkatan pada putaran menengah.

Peningkatan pada putaran menengah ini terjadi karena dua faktor penting yaitu daya dan putaran mesin. Pada putaran awal, putaran mesin membagi daya dengan nilai yang relatif sedikit, sehingga nilai dari tekanan efektif rata-rata meningkat. Pada putaran tinggi, daya yang dihasilkan juga meningkat. Akan tetapi, putaran dari mesin naik dengan signifikan, sehingga nilai dari tekanan efektif rata-rata cenderung lebih turun.

Hasil penelitian ditunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar campuran biodiesel dapat meningkatkan tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000. Dari semua campuran biodiesel dibandingkan solar, tekanan efektif rata-rata paling optimal dihasilkan oleh campuran biodiesel B17,5 pada berbagai tingkat rpm.

**Analisis dan Pembahasan Konsumsi Bahan Bakar**

Perubahan konsumsi bahan bakar pada penggunaan bahan bakar solar dan campuran biodiesel

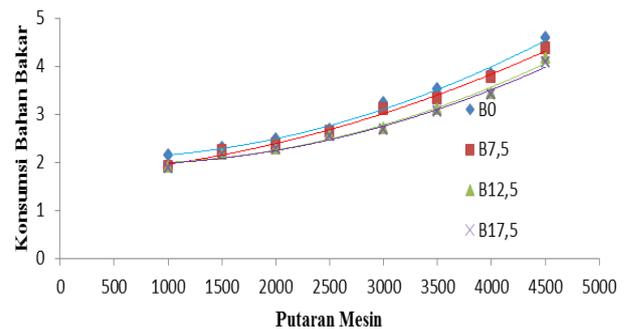
B7,5; B12,5; dan B17,5 pada mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000, dapat dilihat pada tabel 5. Persentase konsumsi bahan bakar ( $\Delta\%$ ) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\% = \frac{Fc B0 - Fc B(Ex)}{Fc B0} \times 100\% \quad (4)$$

**Tabel 5.** Persentase perubahan Konsumsi Bahan Bakar

Putaran (rpm)	Konsumsi Bahan Bakar (kg/jam)				Perubahan Konsumsi Bahan Bakar( $\Delta\%$ )		
	B0	B7,5	B12,5	B17,5	B7,5	B12,5	B17,5
1000	2,14	1,90	1,90	1,89	11,21%	11,21%	11,68%
1500	2,30	2,24	2,18	2,17	5,22%	5,22%	5,65%
2000	2,49	2,37	2,28	2,28	8,43%	8,43%	8,43%
2500	2,67	2,64	2,57	2,54	1,12%	3,75%	4,87%
3000	3,24	3,10	2,71	2,68	4,32%	16,36%	17,28%
3500	3,53	3,33	3,10	3,06	5,67%	12,18%	13,31%
4000	3,84	3,78	3,43	3,41	1,56%	10,68%	11,20%
4500	4,60	4,36	4,17	4,07	5,22%	9,35%	11,52%
Rata-rata					<b>4,57%</b>	<b>9,65%</b>	<b>10,49%</b>

Dari data pada Tabel 5. apabila dibentuk dalam grafik akan tampak seperti pada Gambar 6.



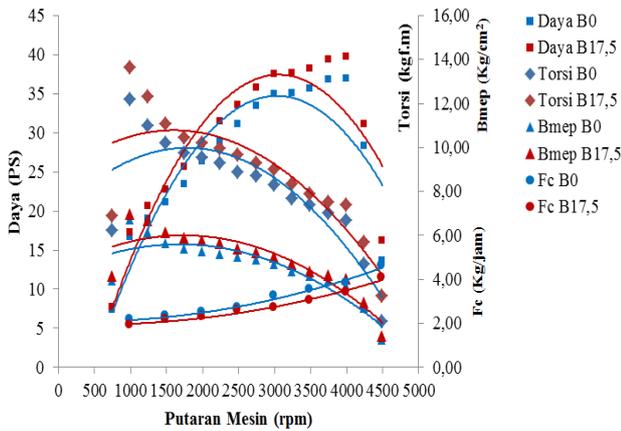
**Gambar 6.** Hubungan Antara Putaran Mesin terhadap Fc

Secara umum, penggunaan variasi campuran biodiesel B7,5; B12,5; dan B17,5 pada mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000 mengalami penurunan konsumsi bahan bakar tertinggi pada variasi campuran B17,5 sesuai pada tabel 4.22 dengan penurunan terbesar pada putaran mesin 3000 rpm sebesar 17,28%.

Penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan konsumsi bahan bakar antara solar dan berbagai campuran biodiesel. Semakin banyak campuran biodiesel menunjukkan makin rendah konsumsi bahan bakarnya bila dibandingkan dengan solar. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan oksigen pada minyak nabati yang mengakibatkan pembakaran dalam ruang bakar mendekati sempurna. Viskositas yang lebih tinggi juga membantu dalam mengurangi gaya gesek yang mengakibatkan lebih efisien energi yang membuat piston bergerak dari TMA ke TMB dan sebaliknya.

Konsumsi bahan bakar yang dihasilkan ketika menggunakan campuran bahan bakar solar dengan biodiesel B7, 5; B12,5; dan B17,5 paling banyak penurunan konsumsi bahan bakar pada campuran B17,5 dengan konsumsi bahan bakar sebesar 4,07 kg/jam pada putaran 4500 rpm atau mengalami penurunan sebesar 11,53%.

Data grafik torsi, daya, tekanan efektif rata-rata, dan konsumsi bahan bakar yang ada pada gambar 4.1 sampai 4.4 apabila digabungkan dalam satu grafik akan tampak seperti berikut:



**Gambar 7.** Hasil Penelitian Unjuk Kerja Mesin Diesel Mitsubishi Kuda Tahun 2000 Variasi Campuran B17,5 Dengan B0

**Analisis dan Pembahasan Kepekatan Asap (Opasitas)**

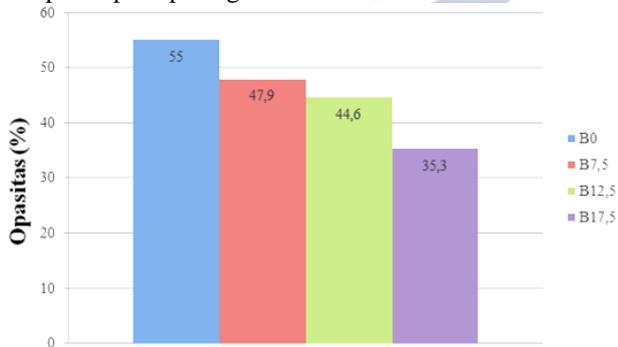
Perubahan emisi gas buang (Opasitas) berbagai campuran bahan bakar solar dengan variasi biodiesel dari minyak biji randu biodiesel B7,5; B12,5; dan B17,5 pada mobil Mitsubishi Kuda tahun 2000, dapat dilihat pada tabel 4.27. Perubahan tingkat penurunan opasitas ( $\Delta$ ) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\% = B0 - B(Ex) \quad (5)$$

**Tabel 6.** Presentase perubahan Opasitas

Penguujian	Opasitas (%)				Perubahan ( $\Delta$ )		
	B0	B7,5	B12,5	B17,5	B7,5	B12,5	B17,5
1	53,50	54,40	42,00	35,20	1,68%	-21,50%	-34,21%
2	56,60	42,90	48,50	36,20	-24,20%	-14,31%	-36,04%
3	54,90	46,40	43,30	34,50	-15,48%	-21,13%	-37,16%
Rata-Rata	55	47,9	44,6	35,3	-12,67%	-18,98%	-35,80%

Dari data Tabel 6. apabila dibentuk dalam diagram akan tampak seperti pada gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik Penurunan Opasitas ( $\Delta$ ) Pada Berbagai Campuran Biodiesel

Secara keseluruhan, penggunaan variasi biodiesel biodiesel B7,5; B12,5; dan B17,5 pada mobil Mitsubishi Kuda tahun 2000 dapat menurunkan opasitas.

Hal ini terjadi karena campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar mendekati campuran sempurna dan bahan bakar biodiesel yang tidak mengandung sulfur sehingga opasitas yang dikeluarkan lebih sedikit dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan solar murni.

Kepekatan asap yang di hasilkan oleh kendaraan harus memenuhi batas minimum dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2006 kategori berpengerak motor bakar penyalaan kompresi (diesel) dengan tahun kurang dari 2010 harus memiliki opasitas di bawah 70% HSU (*Hartridge Smoke Unit*). Kelayakan opasitas emisi gas buang pada Mitsubishi Kuda tahun 2000 ini dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 7.** Perbandingan Opasitas Vasriasi Biodiesel dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2006

No	Variasi	Standar Pemerintah	Hasil Penelitian	Klasifikasi
1	B0	70%	55%	Lulus Uji Emisi
2	B7,5	70%	47,9%	Lulus Uji Emisi
3	B12,5	70%	44,6%	Lulus Uji Emisi
4	B17,5	70%	35,5%	Lulus Uji Emisi

Dari hasil penelitian ditunjukkan campuran bahan bakar solar dengan biodiesel dari minyak biji randu dapat mengurangi opasitas yang dihasilkan oleh mobil Mitsubishi Kuda tahun 2000 dibandingkan menggunakan bahan bakar solar. Penurunan opasitas yang paling tinggi terjadi pada campuran B17,5 dengan rata-rata penurunan sebesar 35,8%. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan oksigen dan tidak adanya kandungan sulfur pada bahan bakar nabati (solar  $C_{18}H_{36}$ , biodiesel 3R-C-OCH<sub>3</sub>). Methanol (biodiesel) digunakan juga sebagai aditif campuran bahan bakar yang menyediakan oksigen dan meningkatkan panas penguapan serta berpotensi mereduksi jumlah NO<sub>x</sub> dan PM (*Partikulat Matter*) (Lei Zhu dalam Effendi, 2013).

Semakin banyak konsentrasi campuran biodiesel mengakibatkan ikut berkurangnya kandungan sulfur dan bertambahnya kandungan oksigen dalam bahan bakar yang mengakibatkan reduksi opasitas pada gas buang. Oksigen dalam kandungan minyak nabati ini juga ikut menambah nilai unjuk kerja pada mesin diakibatkan oleh tingginya kandungan oksigen pada metanol sehingga temperatur di dalam rang bakar meningkat (Lei Zhu dalam Effendi, 2013). Sehingga bahan bakar dapat terbakar seluruhnya, dan mengurangi residu karbon pada gas buang.

**PENUTUP**  
**Simpulan**

Hasil penelitian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang uji kemampuan campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji randu (*Ceiba pentandra*) dengan variasi campuran B7,5; B12,5; dan B17,5 terhadap unjuk kerja dan opasitas mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000 terus mengalami kenaikan. Hal ini menandakan penelitian biodiesel ini dapat dilanjutkan pada campuran biodiesel yang lebih besar, seperti B20, B25 dan seterusnya untuk mencapai hasil yang optimal. Pada penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Campuran bahan bakar solar dengan biodiesel dari minyak biji randu (*Ceiba pentandra*) mempunyai pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan bahan

bakar solar dari segi unjuk kerja mesin. Terutama pada campuran B17,5 terjadi kenaikan tertinggi. Hal ini menandakan bahan bakar belum mencapai hasil yang optimal, dan diperlukan penelitian lanjutan dengan konsentrasi biodiesel yang lebih besar untuk mencapai hasil optimal, hal ini dibuktikan dengan:

- Torsi yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel paling besar terdapat pada variasi campuran B17,5 dengan peningkatan rata-rata 12,33%. Torsi tertinggi dicapai pada putaran 1000 rpm sebesar 13,63 kgf.m.
  - Daya efektif yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel paling tinggi pada variasi campuran B17,5 dengan peningkatan rata-rata sebesar 8,26%. Daya tertinggi dicapai pada putaran 4000 rpm sebesar 39,78 PS.
  - Tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel paling tinggi pada variasi campuran B17,5 dengan peningkatan rata-rata sebesar 8,26%. Tekanan efektif rata-rata tertinggi dicapai pada putaran 1000 rpm sebesar 6,94 kg/cm<sup>2</sup>.
  - Konsumsi bahan bakar yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel paling rendah pada variasi campuran B17,5 dengan reduksi rata-rata sebesar 10,49%.
- Dengan penambahan campuran biodiesel dari minyak biji randu (*Ceiba pentandra*) pada solar terbukti bahwa bahan bakar lebih ramah lingkungan dan dapat mengurangi opasitas sebesar 35,8% pada campuran B17,5.

### Saran

Dari serangkaian hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan tentang campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji randu (*Ceiba pentandra*), maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Penelitian ini belum menunjukkan hasil yang optimal. Hal ini diindikasikan dengan masih terjadi peningkatan unjuk kerja mesin dari campuran B7,5 sampai B17,5. Sehingga diharapkan ada penelitian lanjutan dengan campuran yang lebih banyak seperti B20, B25 dan seterusnya untuk mencapai hasil optimal.
- Untuk pengembangan lebih lanjut, dapat dilakukan dengan variasi tipe mesin diesel yang berbeda.
- Sesuai dengan hasil penelitian di atas maka penulis menyarankan penggunaan biodiesel dari minyak biji randu (*Ceiba pentandra*) sebagai bahan bakar pada mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000.
- Homogenitas campuran solar dan biodiesel harus diperhatikan sebelum melakukan pengujian untuk mendapatkan hasil yang optimal.
- Pada penelitian yang menggunakan *eddy current dynamometer* perlu dilakukan perhitungan *final drive ratio* untuk melihat unjuk kerja mesin yang sesuai manufaktur.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, Puji. 2009. *Uji Emisi Gas Buang Campuran Biodiesel Minyak Biji Kapuk (Ceiba pentandra) dengan Solar*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Jurusan Kimia Universitas Negeri Surabaya.
- Arismunandar, Wiranto. 1988. *Motor Bakar Torak*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Arismunandar, Wiranto. 2005. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: PT Pradiya Paramita.
- Direktur Jendral Minyak dan Gas. 2006. *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar yang Dipasarkan di dalam Negeri*. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi.
- Direktur Jendral Minyak dan Gas. 2006. *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan di dalam Negeri*. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi.
- Efendi, Yafid dan Syaiful. 2013. *Efek Methanol Kadar Rendah Terhadap Efisiensi Thermal Mesin Diesel Injeksi Langsung Dengan Sistem Hot EGR Menggunakan Campuran Bahan Bakar Biosolar dan Jatropha*. Semarang: Universitas Diponegoro. Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013.
- Handoyo, Ekadewi Anggraini. Tanpa Tahun. *Pengaruh Penghalusan Intake Manifold terhadap Performansi Motor bakar Bensin*. Surabaya: Universitas Kristen Petra. ([http://www.fportofolio.petra.ac.id/user\\_files/91-021/intake%20ITENAS.doc](http://www.fportofolio.petra.ac.id/user_files/91-021/intake%20ITENAS.doc). Diakses pada 20 Juni 2014).
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Musanif, Jamil. 2013. *Biodiesel*. Jakarta: Ditjen Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian. (<http://www.pphp.deptan.go.id/xplore/view.php?file=pengolahan-hasil/bioenergi-lingkungan/bioenergi-pedesaan/biofuel/biodiesel.pdf>. Diakses pada 15 Oktober 2014).
- Soerawidjaja, Tatang H, dkk. 2005. *Pengembangan Industri Biodiesel di Indonesia*. (<http://www.km.itb.ac.id/simposium/THS-aula%20timur-05122005.ppt> Diakses pada 20 Oktober 2013).
- Suprianto, Dedi. 2011. *Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Tak*. (Online). [http://carapedia.com/kerja\\_diesel\\_info2560.html](http://carapedia.com/kerja_diesel_info2560.html), diakses 29 oktober 2013.

- Suharsimi, Arikunto. 2006. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*, Jakarta: Rineka Cipta.
- Susilowati. 2006. *Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Katalis Zeolit*. Jurnal. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran Jawa Timur. Vol. 1, No. 1 September 2006.
- Tjokrowisastro, Eddy Harmadi & Widodo, Budi Utomo Kukuh. 1990. *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*. Surabaya: FTI-ITS
- Warju. 2009. *Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- Yubaidah, S, dkk.2005. *Biodiesel Campuran Sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel Transportasi*. (<http://www.isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/3209127133.pdf>. diakses pada 20 Oktober 2013).

