

UJI KEMAMPUAN CAMPURAN BAHAN BAKAR SOLAR-BIODIESEL DARI MINYAK BIJI JARAK TERHADAP UNJUK KERJA DAN OPASITAS MESIN DIESEL 4 LANGKAH

ANDI WIDIANTO

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: andiwidiyanto_unesa@hotmail.com

MUHAJI

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: ita_aji@yahoo.com

Abstrak

Automotive Diesel Oil (ADO) atau minyak diesel memiliki peran yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan energi dalam transportasi, industri, dan sektor pembangkit listrik di Indonesia, namun, yang paling banyak digunakan pada sektor transportasi. Permintaan solar meningkat setiap tahun, sedangkan produksi minyak solar di Indonesia terbatas, sehingga impor minyak solar yang diperlukan untuk memenuhi peningkatan permintaan domestik. Biodiesel merupakan pilihan energi alternatif untuk menggantikan dan mengganti minyak solar terutama di sektor transportasi. Kita semua menyadari bahwa Indonesia memiliki potensi besar untuk memproduksi Minyak biji jarak pagar sebagai bahan baku alternatif untuk memproduksi biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan campuran solar-biodiesel dari minyak biji jarak pagar terhadap unjuk kerja mesin diesel dan opasitas.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen (*experimental research*). Objek dari penelitian ini adalah mesin diesel 4 langkah. Pengujian unjuk kerja mesin menggunakan metode *fuel open throttle valve* dengan standart pengujian berdasarkan SAE J1349 dan standart pengujian kepekatan asap (opasitas) berdasarkan SAE J1167. Biodiesel ini dicampurkan dengan solar dengan presentase minyak jarak dalam campuran bahan bakar solar adalah B17,5; B20; B22,5; dan B25. Peralatan dan instrumen penelitian yang digunakan adalah *smoke opacymeter*, *thermometer*, *chasis dynamometer*, dan *humiditymeter*. Kedua pengujian dilakukan dengan dan tanpa campuran solar-biodiesel dari minyak biji jarak. Analisis data menggunakan metode deskriptif.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa campuran solar-biodiesel dari minyak biji jarak mampu meningkatkan unjuk kerja mesin, menghemat bahan bakar, dan menurunkan opasitas. Hal ini dibuktikan pada campuran solar-biodiesel (B25) yang terbaik dengan peningkatan torsi menjadi 2,79 kgf.m presentase peningkatan 32,23% pada 4500 rpm, campuran solar-biodiesel (B25) terbaik dengan peningkatan daya menjadi 17,70 PS dengan presentase peningkatan sebesar 30,02% pada 4500 rpm. Tekanan efektif rata-rata menjadi 0,35 kg/cm² dengan presentase peningkatan sebesar 30,02%. Hal ini karena karakteristik campuran solar-biodiesel yaitu angka cetane dan titik nyala lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Konsumsi bahan bakar menjadi 2,87 kg/jam dengan presentase penurunan sebesar 28,38% pada 4500 rpm. Sedangkan opasitas mengalami penurunan menjadi 6,40% dengan presentase penurunan sebesar 60,02%.

Kata kunci: Biodiesel minyak biji Jarak, solar, opasitas, unjuk kerja mesin

Abstract

Automotive Diesel Oil (ADO) or diesel fuel has significant roles in fulfilling the needs of energy, namely in transportation, industry, and power plants sectors in Indonesia. Out of the three sectors, transportation contributes the most on ADO consumption. Demand on diesel fuel is increasing by the years, while the its production in Indonesia is stagnant in quantity. Importing diesel fuel, then, is chosen in order to fulfill domestic needs. Biodiesel is one of alternative source of energy to substitute diesel fuel, especially in transportation sector. Indonesia has a great potential to produce *Jatropha curcas* linnius seeds oil as a main base of biodiesel. This research is conducted in order to see the effect of diesel fuel-biodiesel mix use on diesel engine performance and opacity.

The research takes experimental research as its research design. The object of the research is Four-Wheel Drive (4WD) engine. The test on engine performance used fuel open throttle valve method, based on SAE J1349 established standard. Meanwhile, exhaust's thickness (opacity) testing is based on SAE J1167 established standard. In this study, biodiesel is made by combining diesel fuel with jatropha seed oil in these following ratios: B17,5; B20; B22,5; and B25. Research instruments used are opacymeter, thermometer, chasis dynamometer, and humidity meter. The tests are done by using both non-mixed diesel fuel and mixed biodiesel. The data were analyzed using descriptive method.

Based result study concluded that diesel - biodiesel mixture is from castor bean oil is able to improve the performance of the engine, saving fuel and lowering the opacity. This is evidenced on a mixture of diesel-biodiesel (B25) is the best with an increase in torque to 2.79 kgf.m percentage increase of 32.23% at 4500 rpm, Mixed diesel-biodiesel (B25) best to be 17.70 PS power increase with percentage increase of 30.02% at 4500 rpm. Mean effective pressure to 0.35 kg/cm² with a percentage increase of 30.02%. This is because the characteristics are a mixture of diesel-biodiesel cetane number and higher flash point than diesel. Fuel consumption reduced at 2,87 kg/h or equal to 28,38% at 4500 rpm. Meanwhile, engine's opacity level decreased at the number 6,40% with decreasing rate at 60,02%.

Key words: *Jatropha curcas* linnius seed oil-based biodiesel, diesel fuel, opacity, engine performance

PENDAHULUAN

Energi merupakan roda penggerak utama roda perekonomian nasional. Konsumsi energi terus meningkat mengikuti permintaan berbagai sektor pembangunan khususnya industri dan transportasi. Kebutuhan terhadap sumber energi khususnya bahan bakar selalu tinggi, sedangkan ketersediaan sumber energi dalam hal ini bahan bakar fosil semakin berkurang keberadaannya. Dan beberapa tahun ke depan kebutuhan minyak bumi semakin besar, "sementara berdasarkan beberapa laporan disebutkan bahwa cadangan minyak dunia semakin menipis diperkirakan 22 tahun kedepan", *head land new metro-tv*. Hal ini menuntut beberapa upaya untuk diciptakan bahan bakar alternatif, mengingat minyak bumi merupakan bahan galian yang sifatnya tidak dapat tumbuh kembali. "Kebutuhan masyarakat akan minyak bumi menempati proporsi terbesar sebagai sumber energi penduduk, yakni mencapai 54,4 persen, disusul gas bumi 26,5 persen" (Suntaro, 2011:01).

Harga rata-rata minyak mentah Indonesia pada bulan Agustus 2013 berdasarkan perhitungan Formula ICP, mencapai US\$ 106,56 per barel atau naik US\$ 3,44 per barel dari bulan Juli 2013 yang mencapai US\$ 103,12 per barel ([http://www.migas.esdm.go.id/berita_kemigasana/detail/3321/ICP-Agustus-2013-Capai-US\\$-106,56-per-Barel](http://www.migas.esdm.go.id/berita_kemigasana/detail/3321/ICP-Agustus-2013-Capai-US$-106,56-per-Barel) Diakses Pada 09 September 2013).

Sudah saatnya untuk mengembangkan berbagai energi alternatif yang dapat diperbaharui. Oleh karenanya dibutuhkan upaya terpadu dalam mencari dan mengembangkan bahan baku minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif yang tidak berfungsi sebagai bahan baku konsumsi industri dan makanan. Kebutuhan energi dari bahan bakar minyak bumi (BBM) di berbagai negara di dunia dalam tahun terakhir ini mengalami peningkatan tajam. Tidak hanya pada negara-negara maju, tetapi juga di negara berkembang seperti Indonesia.

Bahan bakar mesin diesel sebagian besar terdiri dari senyawa hidrokarbon dan senyawa nonhidrokarbon.

Senyawa hidrokarbon yang dapat ditemukan dalam bahan bakar diesel antara lain parafinik, nartenik, olefin, dan aromatik. Untuk senyawa nonhidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur non logam, yaitu S, N, O dan unsur logam m seperti vanadium, nikel dan besi. Beberapa karakteristik bahan bakar motor diesel yang paling utama diantaranya adalah: 1) berat jenis (*Specific gravity*); 2) Viskositas (*Viscosity*); 3) Nilai Kalori (*Calorific Value*); 4) Kandungan Sulfur (*Sulphur content*); 5) Daya Pelumasan; 6) Titik Tuang (*Pour Point*); 7) Titik Nyala (Flash Point); 8) Angka Cetane (*Cetane Number*); 9) Kandungan Arang; 10) Kadar Abu (*Ash Content*) (Suhartanta dan Arifin).

Salah satu alternatif yang bisa dilakukan adalah pemanfaatan minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas*) sebagai bahan bakar untuk motor diesel. Telah banyak dilakukan penelitian tentang penggunaan minyak jarak pagar. Dari penelitian yang dilakukan Sumarsono (2008) dengan judul Analisa pengaruh campuran bahan bakar solar dengan minyak jarak pagar terhadap kinerja motor diesel dan emisi gas buang dengan campuran B10%, B20%, B30%, B50%, dan 100% menyatakan bahwa makin tinggi presentasi minyak jarak pagar di dalam campuran bahan bakar makin tinggi emisi CO₂ dan NO_x di dalam gas buang, tetapi makin rendah emisi HC, O₂, dan opasitas gas buang.

Dan juga hasil penelitian yang dilakukan oleh Suhartanta dan Arifin (2008), dengan menganalisa karakteristik biodiesel pada mesin diesel dengan campuran B5%, B10%, B15, B20% menyebutkan bahwa pemanfaatan minyak jarak pagar memiliki karakteristik yang sama bahkan pada beberapa item yakni pada hasil analisa nilai kalor (*heating value*) memiliki karakteristik yang lebih baik di dibandingkan dengan solar, besarnya emisi gas buang berupa kepekatan asap (opasitas)

mengalami penurunan paling besar, dimana penurunan rata-rata diperoleh sebesar 82 %, dengan campuran paling baik pada campuran 20%. Besarnya memiliki kenaikan sebesar 19% pada campuran biodiesel sebesar 20% biodiesel. Besarnya daya menghasilkan kenaikan daya pada berbagai variasi rpm, dengan kenaikan daya rata-rata sebesar 19% pada campuran 20%. Besarnya konsumsi bahan bakar mengalami penurunan rata-rata sebesar 24,2% dengan hasil yang paling baik diperoleh pada campuran 20%.

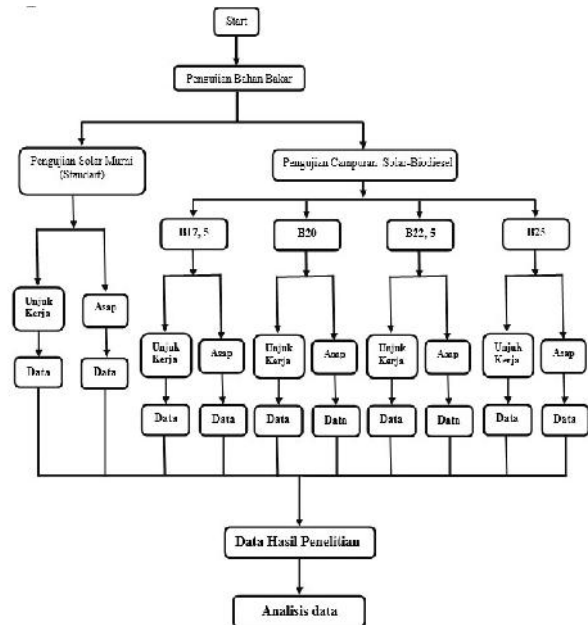
Berdasarkan penelitian diatas dapat disimpulkan penggunaan campuran bahan bakar solar-minyak jarak pagar sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin diesel. Oleh sebab itu penting kiranya untuk melakukan penelitian lanjutan antara campuran bahan bakar solar-minyak biji jarak pagar terhadap unjuk kerja mesin diesel dengan variasi campuran yang lebih banyak atau lebih sedikit untuk mendapatkan campuran yang paling ideal atau campuran yang paling optimal. Dalam penelitian ini menggunakan minyak jarak yang di dapat dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) yang berasal dari biji jarak. Biodiesel dicampurkan dengan solar dengan presentase minyak biji jarak dalam campuran bahan bakar solar adalah B17,5%; B20%; B22,5%; dan B25%.

Penelitian ini dilakukan bertujuan Untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji jarak pagar terhadap unjuk kerja mesin diesel yang diteliti adalah torsi (T, P, Bmep, dan fc) dan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji jarak pagar terhadap penurunan opasitas, serta untuk mengetahui campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak jarak yang paling optimal.

Manfaat penelitian ini adalah Pemanfaatan biodiesel dari minyak biji jarak sebagai campuran bahan bakar solar untuk mengetahui dampak terhadap unjuk kerja mesin diesel 4 langkah dan pemanfaatan campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji jarak dapat diaplikasikan pada kendaraan penumpang khususnya mesin diesel untuk mengurangi polusi yang dihasilkan mesin yang berupa opasitas yang di lepas ke udara sehingga aman bagi lingkungan. Pemanfaatan biodiesel dari minyak biji jarak sebagai campuran bahan bakar solar sebagai bahan bakar alternatif. Ditemukannya campuran solar-biodiesel dari minyak biji jarak yang optimal.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

- Waktu
Penelitian eksperimen (*experimental research*) ini kami mulai pada bulan february 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.

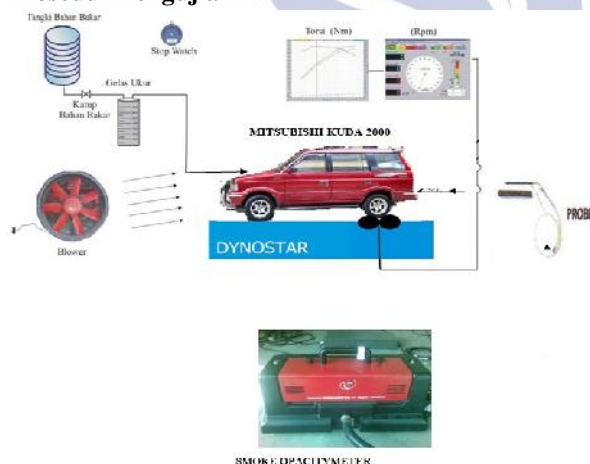
Variabel Penelitian

“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” (Sugiono, 2008:38).

Variabel yang termasuk dalam penelitian eksperimen ini adalah:

- Variabel Bebas (*stimulus variable*)
Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi terhadap timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah solar murni dengan campuran biodiesel dari minyak jarak yang di dapat dari Balittas yang berasal dari biji jarak dengan campuran (B17,5%; B20%; B22,5%; dan B25%).
- Variabel Terikat (*dependent variable*)
Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar, dan tekanan efektif rata-rata serta besarnya kepekatan asap (opasitas) yang ditimbulkan.
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah: putaran mesin, bahan bakar solar dan temperatur oli mesin.

Prosedur Pengujian



Gambar 2. Rancangan Peralatan dan Instrumen Eksperimen

- Berikut dibawah ini merupakan langkah-langkah proses pengujian unjuk kerja mesin:
Menyalakan *blower* (kipas)
Menghidupkan mesin selama ± 5 menit agar mesin mencapai kondisi operasional (temperatur oli $\geq 60^{\circ}\text{C}$) atau sesuai rekomendasi manufaktur dan sistem asesori dalam kondisi mati.
Mengatur bukaan *throttle*, kondisi bukaan *throttle* yang tercapai diinginkan yaitu bukaan penuh dan pengamatan dilakukan setelah mesin stabil.
Memasukkan gigi transmisi pada posisi 3.
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:

- 1) Putaran mesin.
- 2) Torsi dan daya pada *chasis dynamometer*.
- 3) Waktu pemakaian bahan bakar tiap 25 ml.
- 4) Temperatur gas buang (kelompok standar dan eksperimen).
- 5) Tingkat kebisingan suara (*sound pressure level*).

Melakukan (mengulang) percobaan 1–6 untuk 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

Prosedur pengujian opasitas dijelaskan sebagai berikut:

Pada saat melakukan pengujian mesin terlebih dahulu mesin mobil di *tune-up* agar didapatkan kondisi mesin yang layak untuk pengujian (standar).

Melakukan pengecekan modifikasi infus bahan bakar yang telah dibuat sebagai tangki campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji jarak. Memastikan transmisi dalam keadaan netral.

Matikan semua peralatan tambahan kendaraan (misalnya AC, kipas tambahan, dll).

Memastikan mesin bekerja pada temperatur kerja. Segera setelah itu biarkan putaran mesin langsam (*idle*) selama ± 5 detik.

Masukkan sensor gas (*gas probe*) ke dalam pipa gas buang minimal 30 cm untuk menghindari kesalahan data.

Melakukan akselerasi (sesuai dengan perintah “*accelerate*” yang tampil pada layar monitor *opacitymeter*) secara cepat namun lembut dan pertahankan selama 4 detik (sampai *opacitymeter* menampilkan perintah “*release/deselerate*”), kemudian mepaskan pedal gas (deselerasi) hingga putaran mesin kembali langsam (*idle*) sesuai dengan SAE-J1167 (*snap acceleration test procedure*).

Melakukan langkah (8) minimal 3 kali atau sesuai dengan *opacitymeter*.

Tampak pada pipa gas buang (knalpot) asap tebal yang menggambarkan putaran mesin diakselerasi tanpa beban.

Cetak (*print*) data hasil pengujian atau catat pada formulir pencatatan data.

Akhir pengujian

Prosedur yang harus dilakukan pada saat tahap ahir pengujian adalah sebagai berikut:

- Menurunkan putaran *engine* secara perlahan sampai *idle*.
- Mematikan *engine*.
- Mematikan *blower*.

Metode Pengujian

Untuk mendapatkan data penelitian yang akurat, metode pengujian dilakukan berdasarkan standar. Metode pengujiannya yaitu diakselerasi tanpa beban (*free running acceleration*). Standar pengukuran emisi gas buang berdasarkan SAE-J1667 (*snap acceleration test procedure*).

Teknik Analisis Data

Untuk mendeskripsikan atau menggambarkan unjuk kerja mesin, emisi gas buang, dan kepekatan asap yang diperoleh saat pengujian maka analisa data yang digunakan adalah metode deskriptif. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya dideskripsikan dengan kalimat sederhana sehingga mudah dipahami untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

Pengujian karakteristik campuran biodiesel (B17,5; B20; B22,5; dan B25) 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 (B17,5; B20; B22,5; dan B25)

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan					Metode
		DO 100%	B17,5%	B20%	B22,5%	B25%	
Density at 15 °C	(g/cm ³)	0,35	0,86	0,36	0,86	0,86	ASTM D1298
Viscosity Kinematic at 40 °C	Cst	3,65	4,78	4,55	5,05	5,44	ASTM D7799
Flash Point	°C	65	65	65	67	70	ASTM D9511
Pour Point	°C	-	-3	-10	-7	-9	ASTM D9702a
Angka cetane	-	50,99	51,43	51,30	51,55	51,93	ASTM D3611e
Nilai Kalor	Kcal/g	11620,31	11033,66	10933,23	10736,59	10749,51	ASTM

Analisis dan Pembahasan Torsi

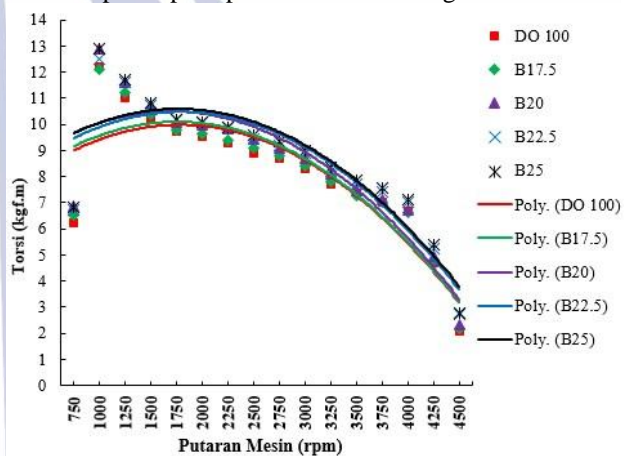
Sebuah parameter yang sangat penting dalam unjuk kerja mesin adalah torsi, pada penelitian ini pengujian torsi menggunakan dynostar, sebagai suatu output hasil pembakaran yang terjadi pada silinder. Perubahan torsi pada berbagai campuran bahan bakar solar dengan biodiesel (B17,5; B20; B22,5; dan B25) ditunjukkan pada Tabel 2. Persentase perubahan torsi (%) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\% = \frac{BCampuran - Solar}{Solar} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 2. Presentase perubahan Torsi

Putaran (rpm)	Torsi (kgf.m)					Persentase Perubahan (%)			
	DO 100	B17,5	B20	B22,5	B25	B17,5	B20	B22,5	B25
750	5,22	6,52	5,89	6,7	6,84	4,87	10,02	7,71	10,06
1000	12,20	12,10	12,90	12,5	12,9	0,34	5,52	5,53	5,89
1250	11,00	11,20	11,60	11,6	11,7	1,73	5,69	5,47	6,18
1500	10,20	10,40	10,70	10,7	10,8	1,40	4,63	5,16	5,63
1750	9,72	9,77	10,10	10,2	10,2	0,52	5,92	5,25	5,35
2000	9,24	9,65	9,56	10,1	10,1	0,96	4,42	5,78	5,99
2250	9,30	9,40	9,81	9,87	9,89	1,02	5,41	6,07	6,32
2500	8,91	9,07	9,43	9,46	9,6	1,79	5,84	6,18	7,75
2750	8,72	8,82	9,10	9,21	9,33	1,21	4,33	5,69	6,98
3000	8,32	8,41	8,69	8,9	9	1,10	4,46	6,99	8,18
3250	7,70	7,81	8,11	8,22	8,34	1,46	2,25	6,71	8,26
3500	7,38	7,27	7,48	7,71	7,88	0,09	1,29	4,47	6,73
3750	7,02	7,04	7,13	7,43	7,56	0,24	1,50	5,76	7,65
4000	5,67	6,63	6,70	7,04	7,11	0,20	0,41	5,61	6,52
4250	4,71	4,80	4,95	5,26	5,39	1,95	5,13	11,78	14,45
4500	2,10	2,16	2,31	2,74	2,79	2,76	9,89	30,79	33,25

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, grafik torsi cenderung mengalami peningkatan pada putaran 750 rpm sampai 1500 rpm. Hal ini disebabkan karena campuran biodiesel dari minyak biji jarak pagar yang digunakan memiliki karakteristik pembakaran yang lebih baik dari pada solar yaitu angka cetane dan titik nyala yang terkandung dalam campuran solar dengan biodiesel minyak biji jarak pagar lebih tinggi nilainya ditunjukkan pada tabel 1. Rata-rata mesin diesel membutuhkan angka cetane 40 hingga 45. Dari hasil penelitian angka cetane yang dimiliki campuran solar dengan biodiesel semakin tinggi yaitu angka cetane 51 pada campuran B17,5; angka cetane 51 campuran B20; angka cetane 50 campuran B22,5; dan angka cetane 52 campuran B25. Semakin tinggi angka cetane dari bahan bakar akan menghasilkan peningkatan kinerja pembakaran bahan bakar dan berarti meningkatkan kinerja mesin.

Pada rentang putaran 1500 rpm sampai 2250 rpm torsi masih mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena dengan putaran mesin yang semakin tinggi, maka efisiensi volumetrik semakin meningkat pula. Peningkatan efisiensi volumetrik ini mengakibatkan bahan bakar yang dikompresikan lebih banyak, sehingga ledakan yang terjadi pada saat pembakaran lebih besar. Ledakan tersebut menghasilkan gaya dorong yang besar pada kepala piston. Gaya dorong inilah yang mengakibatkan torsi menjadi meningkat. Pada keadaan

ini campuran udara dan bahan bakar mendekati campuran *stoichiometric*. Selain itu peningkatan torsi yang menggunakan bahan bakar campuran biodiesel pada mesin ini disebabkan oleh angka cetane dan titik nyala yang meningkat.

Sedangkan pada putaran 2250 rpm sampai 4500 rpm cenderung mengalami penurunan pada berbagai campuran solar dengan biodiesel. Hal ini disebabkan karena putaran mesin semakin tinggi sehingga gesekan pada dinding silinder semakin besar, proses pembakarannya semakin kurang sempurna dan piston tidak memiliki cukup waktu untuk mengisi volume ruang bakar secara penuh. Bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar mulai berkurang sehingga tekanan kompresi menurun, torsi yang dihasilkan semakin kecil pula.

Analisis dan Pembahasan Daya

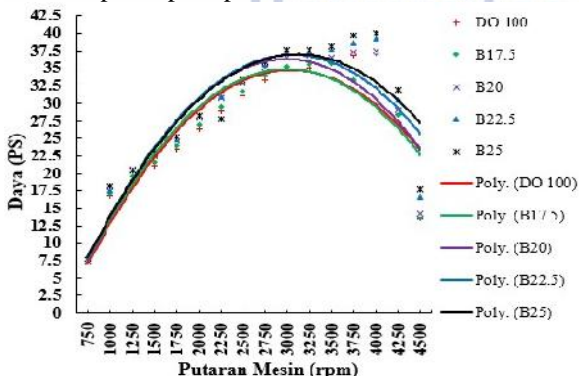
Perubahan daya efektif pada penggunaan campuran bahan bakar solar dengan biodiesel B17,5; B20; B22,5; dan B25 pada Mitsubishi Kuda tahun 2000, dapat dilihat pada Tabel 3. Persentase perubahan daya efektif (%) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Tabel 3. Presentase perubahan Daya

Putaran (rpm)	Daya Efektif (PS)					Persentase Perubahan (%)				
	DO 100	B17,5	B20	B22,5	B25	B17,5	B20	B22,5	B25	
750	7,40	7,64	7,40	7,61	7,61	3,20	0,00	2,74	2,74	
1000	15,70	170,00	18,00	17,60	18,10	2,02	7,89	5,47	8,50	
1250	19,00	19,60	20,50	20,40	20,40	3,02	8,01	7,65	7,47	
1500	21,00	21,60	22,50	22,70	22,70	2,73	7,23	8,04	8,20	
1750	23,40	23,90	24,80	24,90	25,10	2,31	5,92	6,65	7,51	
2000	25,30	25,90	27,90	28,20	28,30	2,18	5,78	6,93	7,32	
2250	28,90	29,50	30,80	30,90	29,78	2,11	6,43	7,02	3,05	
2500	31,20	31,70	33,00	33,20	33,40	1,84	5,86	6,51	7,16	
2750	33,40	34,00	35,20	35,60	35,90	1,92	5,26	6,48	7,59	
3000	34,90	35,30	36,50	37,20	37,70	1,06	4,45	6,49	7,94	
3250	35,10	35,60	36,90	37,20	37,70	1,35	5,00	6,06	7,31	
3500	35,70	35,87	36,60	37,60	38,10	0,40	2,37	5,30	6,72	
3750	35,80	37,01	37,30	38,60	39,70	0,64	1,56	4,96	7,90	
4000	37,10	37,10	37,50	39,30	40,00	0,09	1,00	5,93	7,84	
4250	28,30	28,50	29,00	30,50	31,30	0,48	2,51	7,64	12,41	
4500	13,60	13,70	14,20	16,60	17,70	0,50	4,22	22,08	30,02	

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



Gambar 4. Hubungan antara putaran mesin terhadap daya efektif

Berdasarkan Gambar 4. di atas grafik daya efektif cenderung mengalami peningkatan berbagai tingkat rpm pada campuran biodiesel dibanding minyak solar, peningkatan dari putaran 1000 rpm sampai 2000 rpm. Hal ini disebabkan karena torsi yang dihasilkan meningkat sehingga efisiensi volumetrik juga meningkat. Campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar mendekati campuran *stoichiometric* sehingga pembakaran berlangsung mendekati sempurna dan mengakibatkan daya efektif yang dihasilkan mesin meningkat.

Dari putaran 2000 rpm sampai 3250 rpm daya masih mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena putaran mesin yang semakin meningkat sehingga mengakibatkan tekanan diruang bakar semakin meningkat pula, maka daya yang dihasilkan meningkat. Selain itu peningkatan daya efektif disebabkan karena angka cetane yang dimiliki campuran solar dengan biodiesel nilainya lebih tinggi dibandingkan solar.

Pada putaran 3250 rpm sampai 4500 rpm, grafik daya efektif mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada putaran tinggi torsi mengalami penurunan dan torak tidak mempunyai waktu yang cukup untuk menghisap campuran udara dan bahan bakar, sehingga volume bahan bakar yang dihisap semakin berkurang dan tekanan kompresi menurun. Hal itu menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Akibatnya daya efektif yang dihasilkan juga menurun.

Analisis dan Pembahasan Tekanan Efektif Rata-rata

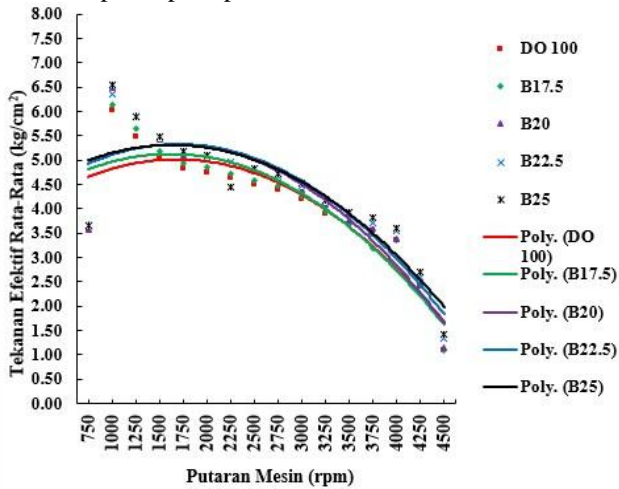
Perubahan tekanan efektif rata-rata pada penggunaan bahan bakar solar dan biodiesel B17,5; B20; B22,5; dan B25 pada mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000, ditunjukkan pada Tabel 4. Persentase tekanan efektif rata-rata (%) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% = \frac{\text{Bmep Biodiesel (Ex)} - \text{Bmep Solar}}{\text{Bmep Solar}} \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 4. Presentase perubahan Tekanan Efektif Rata-rata

Putaran (rpm)	Tekanan Efektif Rata-rata (kg/cm ²)					Persentase Perubahan (%)				
	DO 100	B17,5	B20	B22,5	B25	B17,5	B20	B22,5	B25	
750	0,89	0,92	0,89	0,91	0,91	3,20	0,00	2,74	2,74	
1000	1,50	1,54	1,62	1,59	1,63	2,02	7,89	5,47	8,50	
1250	1,37	1,41	1,48	1,47	1,47	3,02	8,01	7,65	7,47	
1500	1,26	1,30	1,35	1,36	1,37	2,73	7,23	8,04	8,20	
1750	1,20	1,23	1,28	1,28	1,29	2,31	5,92	6,65	7,51	
2000	1,19	1,21	1,25	1,27	1,27	2,18	5,78	6,93	7,32	
2250	1,16	1,18	1,23	1,24	1,19	2,11	6,43	7,02	3,05	
2500	1,12	1,14	1,19	1,20	1,20	1,84	5,86	6,51	7,16	
2750	1,09	1,12	1,15	1,17	1,18	1,92	5,26	6,48	7,59	
3000	1,05	1,06	1,10	1,12	1,13	1,06	4,45	6,49	7,94	
3250	0,97	0,99	1,02	1,03	1,04	1,35	5,00	6,06	7,31	
3500	0,92	0,92	0,94	0,97	0,98	0,40	2,37	5,30	6,72	
3750	0,88	0,89	0,90	0,93	0,95	0,64	1,56	4,96	7,90	
4000	0,84	0,84	0,84	0,88	0,90	0,09	1,00	5,93	7,84	
4250	0,60	0,60	0,62	0,65	0,68	0,48	2,51	7,64	12,41	
4500	0,27	0,27	0,28	0,33	0,35	0,50	4,22	22,08	30,02	

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

Berdasarkan Gambar 5. di atas, pada berbagai tingkat rpm campuran solar dengan biodiesel, grafik tekanan efektif rata-rata cenderung mengalami peningkatan pada putaran 750 rpm sampai 1500 rpm. Hal ini disebabkan karena dengan putaran mesin yang semakin naik, maka turbulensi aliran yang masuk ke ruang bakar semakin naik.

Pada putaran 1500 rpm sampai 3000 rpm masih meningkat kemudian sedikit mulai mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena dengan putaran mesin yang semakin naik, maka turbulensi aliran yang masuk ke ruang bakar semakin naik. Pada keadaan ini campuran udara dan bahan bakar mendekati campuran *stoichiometric*, mengakibatkan titik nyala api (*flash point*) semakin cepat dan proses pembakaran berlangsung mendekati sempurna sehingga tekanan kompresi dan temperatur yang dihasilkan semakin tinggi. Selain itu dikarenakan angka cetane campuran biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Meningkatnya angka cetane campuran *biodiesel* menyebabkan proses pembakaran di ruang bakar semakin baik. Hal ini mengakibatkan tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan kendaraan akan meningkat juga.

Pada rentang putaran 3000 rpm sampai 4500 rpm, grafik tekanan efektif rata-rata cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena pada putaran tinggi piston hanya mempunyai waktu sedikit untuk menghisap campuran udara dan bahan bakar, sehingga volume bahan bakar yang dihisap semakin berkurang dan tekanan kompresi menurun. Selain itu pada putaran tinggi terjadi gesekan yang sangat besar sehingga bahan bakar yang diinjeksikan terlambat dan proses pembakarannya tidak sempurna.

Analisis dan Pembahasan Konsumsi Bahan Bakar

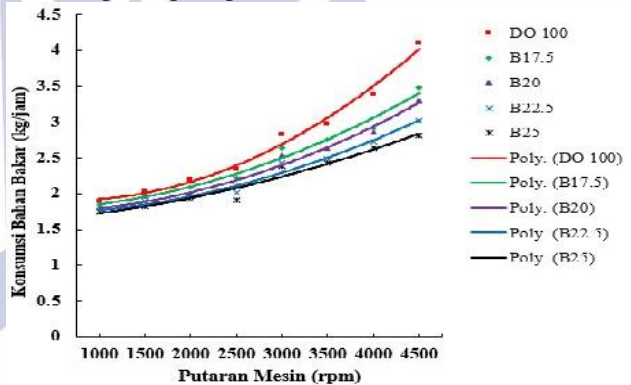
Perubahan konsumsi bahan bakar pada penggunaan bahan bakar solar dan campuran biodiesel B17,5; B20; B22,5; dan B25 pada mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000, dapat dilihat pada tabel 5. Persentase konsumsi bahan bakar (%) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% = \frac{fc \text{ Biodiesel (Ex)} - fc \text{ Solar}}{fc \text{ Solar}} \times 100 \quad (4)$$

Tabel 5. Presentase perubahan Konsumsi Bahan Bakar

Putaran (rpm)	Konsumsi Bahan Bakar (kg/jam)					Persentase Perubahan (%)				
	DO 100	B17,5	B20	B22,5	B25	B17,5	B20	B22,5	B25	
1000	1,87	1,81	1,76	1,76	1,74	-2,97	-5,67	-5,67	-7,13	
1500	2,00	1,97	1,93	1,83	1,82	-1,38	-3,32	-6,27	-9,20	
2000	2,18	2,07	1,98	1,94	1,93	-5,04	-8,34	-10,80	-11,14	
2500	2,33	2,17	2,11	2,01	1,91	-6,61	-9,08	-13,41	-17,64	
3000	2,82	2,62	2,53	2,43	2,34	-7,27	-10,43	-12,17	-17,06	
3500	3,08	2,71	2,67	2,54	2,40	-11,91	-13,23	-17,38	-22,08	
4000	3,35	2,90	2,82	2,67	2,64	-13,45	-15,81	-20,23	-21,13	
4500	4,01	3,38	3,26	2,96	2,87	-15,72	-18,65	-26,24	-28,38	

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



Gambar 6. Hubungan antara putaran mesin terhadap fc

Pemakaian konsumsi bahan bakar (*fuel consumptions*) adalah suatu ukuran bayaknya bahan bakar yang digunakan suatu mesin pada waktu tertentu ukuran ini dapat digunakan sebagai indikator efisiensi kendaraan. 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.

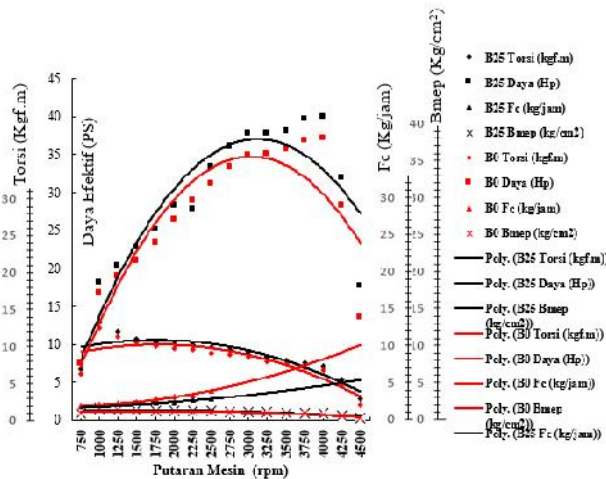
Berdasarkan Gambar 6. di atas pada putaran 1000 rpm sampai putaran 2000 rpm pemakaian konsumsi bahan bakar tidak terlalu banyak yaitu sebesar 1,93 kg/jam mengalami penurunan 11,14%. Hal ini disebabkan karena putaran mesin yang masih langsam putaran idle, jadi tidak banyak konsumsi bahan bakar yang dikonsumsi.

Pada putaran 1000 rpm sampai 3500 rpm sebesar 2,40 kg/jam mengalami penurunan 22,08%. Hal ini disebabkan putaran mesin mulai meningkat menjadi semakin tinggi jadi konsumsi bahan bakar yang dikonsumsi semakin meningkat. Penurunan konsumsi

bahan bakar pada campuran biodiesel disebabkan karena nilai angka cetane dan titik nyala pada B25 paling tinggi, jadi proses pembakaran yang berlangsung semakin baik pula.

Pada putaran 3500 rpm sampai putaran 4500 rpm Konsumsi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar solar dihasilkan pada putaran 4500 rpm sebesar 4,01 kg/jam. Konsumsi bahan bakar yang dihasilkan ketika menggunakan Campuran bahan bakar solar dengan biodiesel B17,5; B20; B22,5; dan B25 paling banyak penurunan konsumsi bahan bakar pada campuran B25 mengalami penurunan menjadi 2,87 kg/jam pada putaran 4500 rpm hal ini mengalami penurunan sebesar 28,38%. Hal ini dipengaruhi oleh proses pembakaran yang berlangsung dalam mesin dan besarnya udara dan bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin.

Dari data Gambar 3. Sampai 6. pada campuran B25 v/s solar apabila digabungkan dalam satu grafik akan tampak seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Penelitian Unjuk kerja Mesin diesel Mitsubishi Kuda Tahun 2000 solar dan campuran solar dengan biodiesel (B25)

Analisis dan Pembahasan Kepekatan Asap (Opasitas)

Kemampuan campuran bahan bakar solar dengan biodiesel dari minyak biji jarak terhadap opasitas menunjukkan adanya perbaikan kualitas opasitas yang dihasilkan. Pada semua campuran bahan bakar solar dengan biodiesel menunjukkan adanya perbaikan kualitas opasitas yang dikeluarkan. Penurunan opasitas dapat diamati pada data Tabel 6 dibawah ini. Besarnya penurunan ini karena tercukupinya jumlah udara dalam silinder, sehingga sebagian besar bahan bakar bercampur secara ideal pada saat bahan bakar berbentuk uap dan juga karena bahan bakar biodiesel berasal bahan bakar nabati yang tidak mengandung sulfur. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan emisi yang berupa opasitas begitu signifikan.

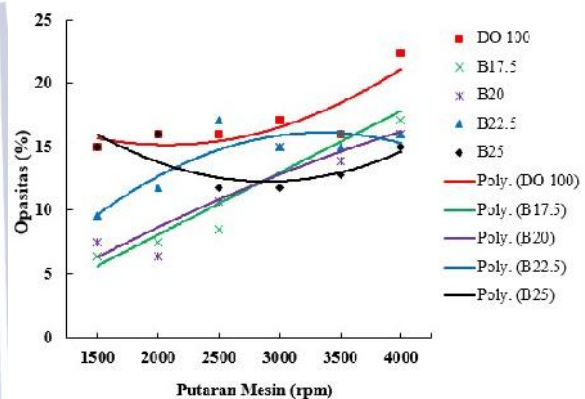
Perubahan Opasitas berbagai campuran bahan bakar solar dengan biodiesel dari minyak biji jarak B17,5; B20; B22,5; dan B25 pada mobil Mitsubishi Kuda tahun 2000, dapat dilihat pada Tabel 6. Persentase tingkat penurunan opasitas (%) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\% = \frac{B \text{ Campuran-Solar}}{\text{Solar}} \times 100\% \quad (5)$$

Tabel 6. Presentase perubahan Opasitas

Putaran (rpm)	Opasitas (%)					Persentase Perubahan (Δ%)			
	DO 100	B17,5	B20	B22,5	B25	B17,5	B20	B22,5	B25
1500	14,95	6,40	7,48	9,6	14,96	-57,22	-50,00	-33,83	0,00
2000	16,01	7,48	5,40	11,75	16,01	-53,28	-60,02	-26,35	0,00
2500	16,01	8,53	10,69	17,05	11,76	-46,72	-33,23	6,50	-26,55
3000	17,05	14,96	14,96	14,95	11,76	-12,26	-12,26	-12,26	-31,03
3500	16,01	16,01	13,39	14,95	12,81	0,00	-13,24	-5,56	-19,99
4000	22,37	17,05	16,01	16,01	14,96	-23,78	-28,43	-28,43	-33,12
Rata-rata presentase penurunan						-32,21	-32,86	-17,19	-18,45

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



Gambar 8. Grafik Penurunan Opasitas (%) Pada Berbagai Campuran Biodiesel

Berdasarkan Gambar 8. dari data Tabel 6 rata-rata grafik penurunan opasitas dari putaran 1500 rpm sampai putaran 4000 rpm dapat dilihat yang yang paling baik penurunan opasitas pada campuran B17,5 yaitu sebesar 57,22%, pada putaran 1500 dan B20 sebesar 60,02% pada putaran 2000 rpm. Hal ini 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 ramah lingkungan dibandingkan dengan solar.

**PENUTUP
Simpulan**

Dari hasil penelitian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang uji kemampuan campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji jarak terhadap unjuk kerja dan opasitas mesin diesel Mitsubishi Kuda tahun 2000 dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Campuran bahan bakar solar dengan biodiesel dari minyak biji jarak pada mesin diesel mitsubishi Kuda 2000 lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar solar dari segi unjuk kerja mesin. Hal ini dibuktikan dengan: Torsi yang dihasilkan dengan menggunakan campuran bahan bakar biodiesel B25 sebesar 2,79 kgf.m dengan persentase peningkatan sebesar 33,23% pada putaran mesin 4500 rpm dibandingkan dengan

solar sebesar 2,10 kgf.m pada putaran mesin 4500 rpm.

Daya efektif yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B25 sebesar 17,70 PS dengan persentase peningkatan sebesar 30,02% pada putaran mesin 4500 rpm dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar solar sebesar 13,60 PS pada putaran mesin 4500 rpm.

Tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B25 sebesar 0,35 kg/cm² dengan persentase peningkatan sebesar 30,02% pada putaran mesin 4500 rpm dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar solar sebesar 0,27 kg/cm².

Konsumsi bahan bakar yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B25 sebesar 2,87 kg/jam dengan persentase penurunan sebesar 28,38% pada putaran mesin 4500 rpm dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar solar sebesar 4,01 kg/jam.

- Dengan penambahan campuran biodiesel dari minyak biji jarak pada solar dapat mengurangi opasitas sebesar 6,40% dengan presentase mengalami penurunan 60,02% pada putaran 2000 rpm dibandingkan dengan solar 16,01% pada putaran mesin 2000 rpm.

Saran

Agar penelitian tentang campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak biji jarak yang mungkin akan dilakukan pada masa yang akan datang lebih baik maka disampaikan saran-saran berikut:

- Penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan unjuk kerja mesin dari berbagai campuran B17,5 sampai B25. Sehingga diharapkan ada penelitian lanjutan dengan campuran yang lebih banyak untuk mencari campuran yang paling baik (optimal).
- Untuk pengembangan lebih lanjut, dapat dilakukan dengan variasi tipe mesin diesel yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih. 2013. *Indonesian Economic Review and outlook*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Anonim. 2003. *Diesel Exhaust Aftertreatment Technologies*. (Online). http://carapedia.com/kerja_diesel_info2560.html, diakses 29 oktober 2013.
- Antonius. 2011. (online). (<http://antonius.student.umm.ac.id/2011/07/15/Sejarah-Mesin-Diesel>), diakses 30 Oktober 2013)
- Arady, dkk. 2011. *Bahan Bakar Solar (Diesel Fuel)*. (Online). ([Http://Bahan-bakar/solar/BB/Net/Bahan-Bakar/Solar-Diesel/Fuel.htm](http://Bahan-bakar/solar/BB/Net/Bahan-Bakar/Solar-Diesel/Fuel.htm)), diakses 19 Oktober 2013).
- Archie, Darwin. 1989. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga
- Arifin, Suhartanta. 2008. *Pemamfaatan Minyak Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Diesel*. Jakarta: Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 13.
- BPTP. 2006. *Teknik Budi Daya Tanaman Jarak Pagar*. Yogyakarta: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Hoetman, Agus. 2008. *Teknologi Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Tanaman Jarak Pagar*. (online). (<http://gbioscience05.Wordpress.com/2008/04/20/biodiesel-dari-tanaman-jarak-sebagai-energi-alternatif-pengganti-solar/>), di akses pada 25 November 2013).
- Irwanto. 2006. *Pengembangan Tanaman Jarak Sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif*. Yogyakarta: <http://www.tropilab.com/biodiesel1.html>.
- Ketaren. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press)
- Maleev, V.L.1991. *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*. Jakarta: Erlangga
- M-Step. 2011. *Diesel Engine Buku Panduan Instruktur Training center Departeman*. Jakarta. PT. Krama Yudha Tiga Berlian Motors
- Santoso, Teguh Rahayu. 2009. "Eksperimen Pemamfaatan Ubi jalar Sebagai Bahan Baku Bioetanol Untuk Bahan Bakar Alternatif". Tugas Akhir (skripsi) tidak diterbitkan. Surabaya: JTM FT Unesa.
- Setyadji, Mashudi dkk. 2003. "Studi Pembuatan Minyak Biodiesel dari Minyak Jarak". Yogyakarta: Puslitbang Teknologi Maju Batan
- Shodiqin, Imam. 2013. "Uji Performa Penggunaan Bahan Bakar Bioetanol Dari Limbah Buah Pepaya Sebagai Campuran Premium Pada Motor Jupiter MX". Tugas Akhir (Skripsi) diterbitkan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Suharto. 2012. *Pengaruh Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel*. Jakarta: Jurnal Teknis, Vol. 7.
- Sumarsono. 2008. *Analisa Pengaruh Campuran solar dengan Minyak jarak Pagar Terhadap Kinerja motor diesel dan emisi gas Buang*. Jakarta: Jurnal Teknis Vol. 9.
- Suntaro. 2011. *Minyak Jarak dan Alternatif Bioenergi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Suprianto, Dedi. 2011. *Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Tak*. (Online). http://carapedia.com/kerja_diesel_info2560.html, diakses 29 oktober 2013.