

PENGARUH PENAMBAHAN BIODIESEL DARI VIRGIN COCONUT OIL PADA BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL EMPAT LANGKAH

WS Muhammad Rizal Adh-dhuhaa

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

Muhaji

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Minyak solar atau *High Diesel Oil* (HDO) memiliki peran yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan energi dalam transportasi, industri, dan sektor pembangkit listrik di Indonesia. Namun, yang sebagian besar digunakan untuk sektor transportasi. Permintaan solar meningkat setiap tahun, sedangkan produksi minyak solar di Indonesia terbatas, sehingga impor minyak solar diperlukan untuk memenuhi peningkatan permintaan domestik. Biodiesel merupakan pilihan energi alternatif untuk menggantikan minyak solar terutama untuk sektor transportasi. Kita semua menyadari bahwa Indonesia memiliki potensi besar untuk memproduksi *virgin coconut oil* sebagai bahan baku alternatif untuk memproduksi biodiesel. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui pengaruh campuran solar-biodiesel dari *virgin coconut oil* terhadap unjuk kerja mesin diesel dan opasitas. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Pengujian unjuk kerja mesin menggunakan metode *fixed full-load fuel injection pump* dengan standar pengujian berdasarkan SAE J1349 dan standar pengujian kadar emisi gas buang berdasarkan SAE J1167. Biodiesel ini dicampurkan pada solar dengan presentase 17,5%; 20%; dan 22,5%. Peralatan dan instrumen penelitian yang digunakan adalah *smoke opacymeter*, *ediccurent chasis dynamometer*, *stopwatch*, dan gelas ukur. Analisis data menggunakan metode deskriptif. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa torsi yang dihasilkan mengalami penurunan bahan bakar B17,5 sebesar 1,380%; pada bahan bakar B20 torsi meningkat sebesar 5,946%; dan pada bahan bakar B22,5 torsi meningkat sebesar 1,885%. Perubahan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B17,5 menurun sebesar 0,634%; pada bahan bakar B20 daya meningkat sebesar 2,902%; dan pada bahan bakar B22,5 daya meningkat 2,310%. Terjadi Penurunan konsumsi bahan bakar pada bahan bakar B17,5 sebesar 21,07%; pada bahan bakar B20 menurun sebesar 12,68%; dan pada bahan bakar B22,5 menurun sebesar 21,43%. Opasitas gas buang yang dihasilkan mengalami penurunan yaitu pada bahan bakar B17,5 sebesar 34,73%; pada bahan bakar B20 sebesar 31,30%; dan pada bahan bakar B22,5 sebesar 31,95%.

Kata kunci: biodiesel, *virgin coconut oil*, solar, unjuk kerja mesin, opasitas.

Abstract

Diesel oil or High Diesel Oil (HDO) has a very importants to fulfill energy demand in the transportation, industrial, and power generation sectors in Indonesian. However, that is mostly used for transportation sectors. Diesel oil demand is increasing every year, while diesel oil production in Indonesian is limited, so the import of diesel oil required to meet the increasing domestic demand. Biodiesel is an alternative energy to replace diesel oil, especially for transportation sectors. We are all aware that Indonesian has great potential to produce virgin coconut oil as an alternative to produce biodiesel. This research to determine the effect of mixtured virgin coconut oil biodiesel-diesel oil on diesel engine performance and opacity exhaust. This research is an experimental research. Engine performance testing using full open throttle valve with SAE J1349 standards based testing, and standard testing opacity based on SAE J 1167. Biodiesel is mixed with diesel oil with percentage of 17,5%, 20% and 22,5% for the virgin coconut oil. Equipment and instruments used in this research is smoke opacymeter, ediccurent chasis dynamometer, stopwatch and measure glass. Data were analysed using deskritive methods. The result showed that the performance of the engine torque generated by changes in the fuel B17,5 decreased 1,380%; on fuel B20 increased 5,946%; and in fuel B22,5 increased 1,885%. Change of the power on fuel B17,5 decreased 0,634%; on fuel B20 increased 2,902%; and on fuel B22,5 increased 2,310%. Reduction of fuel consumption on fuel B17,5 are 21,07%; on fuel B20 are 12,68%; and on fuel B22,5 are 21,43%. Opacity of exhaust gases produced decreased on fuel B17,5 are 34,73%; on fuel B20 are 31,39%; and on fuel B22,5 are 31,95%.

Keywords: biodiesel, virgin coconut oil, diesel oil, engine performance, opacity.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat, sedangkan peningkatan jumlah kendaraan tidak diimbangi dengan bertambahnya jumlah minyak bumi di Indonesia. Akhirnya pemerintah menaikkan harga bahan bakar minyak yang menyebabkan naiknya kebutuhan pokok dan lain-lain. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti solar, yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan dan dapat diperbaharui. Biodiesel dapat dihasilkan dengan mereaksikan minyak tumbuhan dengan alkohol menggunakan basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu (Prihandana, Hendroko dan Munamin, 2006:8).

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, peneliti merumuskan masalah untuk mengetahui seberapa besar perubahan unjuk kerja mesin diesel yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel dari *virgin coconut oil*, seberapa besar perubahan opasitas yang dihasilkan mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel dari *virgin coconut oil*, berapa campuran optimum yang dihasilkan antara bahan bakar B0, B17,5, B20, dan B22,5.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perubahan unjuk kerja mesin diesel dan opasitas gas buang yang dihasilkan pada waktu menggunakan bahan bakar campuran biodiesel dari *virgin coconut oil* dengan solar.

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui seberapa besar perubahan unjuk kerja dalam kendaraan diesel setelah menggunakan campuran bahan bakar biodiesel dari vco dengan solar, diharapkan penelitian ini nantinya dapat mengetahui campuran optimal antara biodiesel dari vco dengan solar unjuk kerja mesin yang maksimal, dan sebagai sarana pembelajaran untuk membuktikan kebenaran teori di kampus serta sebagai sarana kreatifitas mahasiswa dibidang penelitian dan pendalaman ilmu dibidang ilmiah.

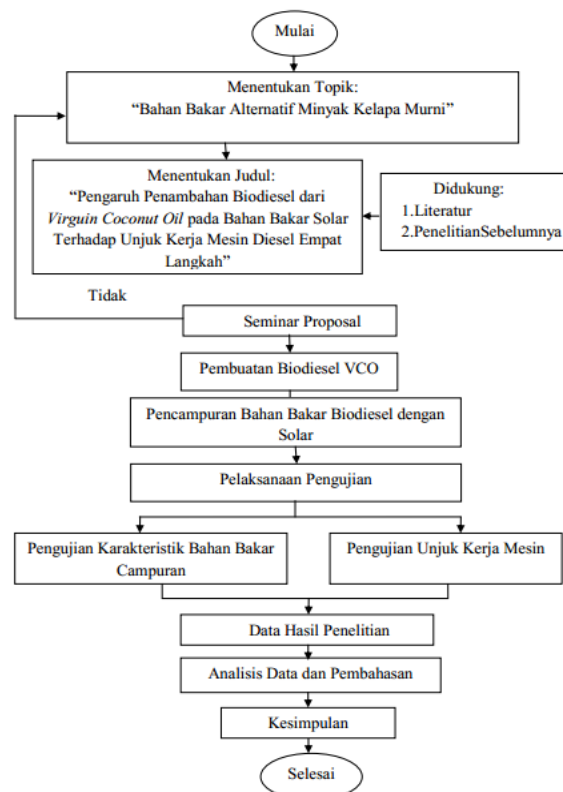
Minyak diesel merupakan minyak hasil destilasi minyak bumi pada suhu 260°C-350°C. Minyak kelapa murni atau *virgin coconut oil* merupakan minyak yang diperoleh dari kopra atau bias juga diperoleh dari pemerasan kulit luar daging buah yang berwarna hitam dengan menggunakan mesin *press*. Biodiesel dari *virgin coconut oil* dihasilkan dengan cara menambahkan methanol dan NaOH sebagai katalis pada minyak kelapa murni (Stauffer dan Byron, 2007, dalam Bustaman, 2009:47).

Biodiesel yang dicampurkan dengan solar dapat meningkatkan sifat pelumasan bahan bakar dengan berbagai karakteristik dasar yang dimiliki biodiesel.

Tetapi viskositas yang terlalu tinggi dapat menyulitkan pompa bahan bakar mengalirkan bahan bakar ke ruang bakar. Buruknya atomisasi bahan bakar tersebut berdampak pada menurunnya daya yang dihasilkan.

METODE

Rancangan Skripsi



Gambar 1. Rancangan Skripsi

Waktu Dan Tempat Penelitian

- Waktu Penelitian
Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai bulan Desember 2014.
- Tempat Penelitian
Penelitian ini dilakukan di Balittas Malang, untuk pembuatan *virgin coconut oil*; penelitian dilakukan di Polinema Malang, untuk pembuatan biodiesel dari *virgin coconut oil*; pengujian karakteristik bahan bakar dilakukan di Universitas Brawijaya Malang, dan PT. Pertamina Lubricant Unit Produksi Perak Surabaya; pengujian unjuk kerja mesin dilakukan di Bengkel Elysium Jl. Kendangsari Surabaya; pengujian opasitas dilakukan di PT. Murni Berlian Motor Jl. Demak Surabaya.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan digunakan adalah metode eksperimen (*experimental research*). Tujuannya untuk mengetahui seberapa besar perubahan unjuk kerja mesin diesel dan opasitas mesin diesel yang dihasilkan dari penambahan bahan bakar solar dengan biodiesel dari

virgin coconut oil pada mesin Mitsubishi Kuda tahun 2000. Penelitian ini berusaha untuk membandingkan hasil penelitian antara kelompok standar dengan kelompok eksperimen (yang dimanipulasi).

Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah kendaraan Mitsubishi Kuda Diesel tahun 2000.

Variabel Penelitian

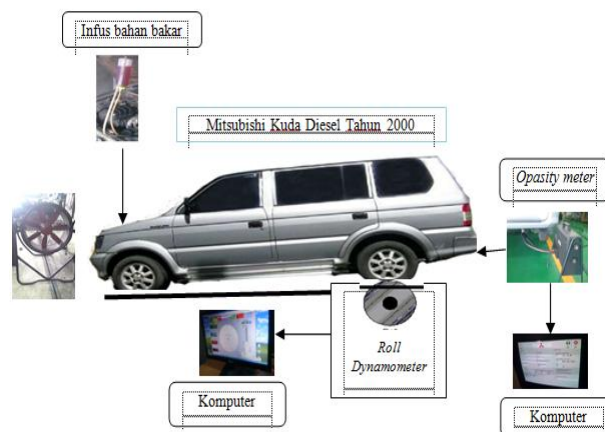
Variabel yang termasuk dalam penelitian eksperimen ini adalah sebagai berikut:

- Variabel bebas
Bahan bakar solar dengan biodiesel dari *virgin coconut oil* B17,5, B20, B22,5.
- Variabel Terikat
Torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan opasitas.
- Variabel Kontrol
Putaran mesin, bahan bakar solar, dan suhu oli mesin.

Metode Pengujian

Pengujian unjuk kerja mesin menggunakan metode *fixed full-load fuel injection pump* dengan standar pengujian berdasarkan SAE J1349, sedangkan untuk pengujian opasitas menggunakan standar pengujian SAE J1667 dengan metode akselerasi tanpa beban.

Prosedur Pengujian



Gambar 2. Rancangan Peralatan dan Instrumen Penelitian
Langkah-langkah dalam pengujian unjuk kerja mesin diesel adalah sebagai berikut:

- Melakukan *tune up* pada kendaraan.
- Menaikkan kendaraan di atas *chassis dynamometer* dan menghidupkan *software edicurrent chassis dynamometer*.
- Memilih faktor koreksi (ISO 1585, SAE J1349, DIN 70020).
- Memasukkan bahan bakar eksperimen pada infus bahan bakar.
- Menghidupkan mesin.
- Memasukkan transmisi pada posisi *gear 3*.

- Mengatur bukaan injection pump, sampai tercapai kondisi bukaan yang sesuai pada putaran 4500 rpm sampai 1000 rpm. Pengamatan dilakukan setelah tercapai keseimbangan putaran mesin. Pada pengujian konsumsi bahan bakar pengujian dilakukan dari putaran 1000 rpm sampai 4500 rpm dengan *range* kenaikan tiap 500 rpm dan perhitungan dilakukan tiap 50 ml bahan bakar.
- Melakukan pencatatan.
- Melakukan pengujian ulang sampai sebanyak 3 kali. pengujian opasitas dilakukan dengan cara sebagai berikut ini:
- *Tune up* mesin kendaraan sebelum melakukan pengujian.
- Siapkan alat ukur uji emisi gas buang (opacity meter).
- Lakukan pemanasan pada kendaraan.
- Pastikan transmisi pada posisi netral.
- Matikan semua peralatan tambahan pada kendaraan.
- Masukan sensor gas ke dalam pipa gas buang.
- Lakukan akselerasi sesuai dengan perintah komputer. Sesuai dengan SAE J1667.
- Lakukan pengujian sebanyak minimal 3 kali.
- Simpan dan cetak hasil pengujian.

Analisis Data

Untuk mendeskripsikan atau menggambarkan unjuk kerja mesin yang diperoleh saat pengujian maka analisa data yang digunakan adalah metode deskriptif. Data yang diperoleh dimasukan 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

Karakteristik Bahan Bakar

Dari pengujian yang dilakukan di Lab Motor Bakar Universitas Brawijaya dan PT. Pertamina Lubricants Unit Produksi Surabaya, hasil pengujian karakteristik bahan bakar adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Viskositas (cst)	Flash Point (°C)	Calculated Cetane Index	Density at 15°C (g/cm³)	Nilai Kalor (calori/g)
Solar	3,65	63	50,99	0,85	11620,31
B17,5	6,531	71	48,55	0,8603	10441,72
B20	7,194	67	49,35	0,8598	10982,35
B22,5	7,454	69	48,18	0,8631	10589,65

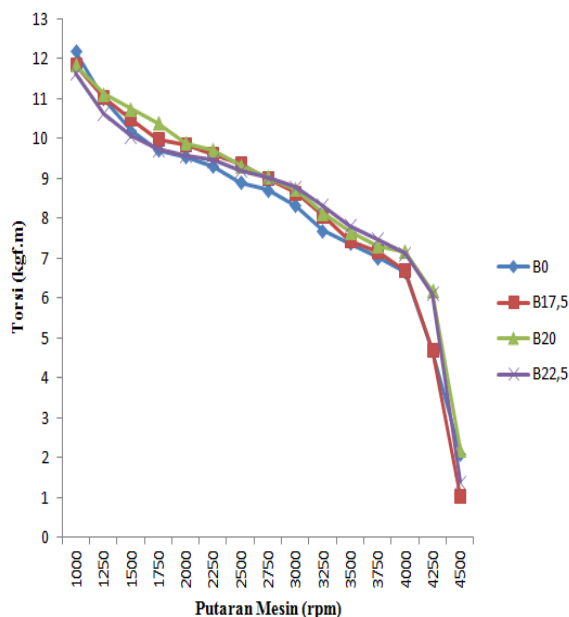
Dari tabel 1 di atas dapat diketahui bahwa nilai kalor dari bahan bakar campuran solar dengan biodiesel dari *virgin coconut oil* mengalami penurunan. Perbedaan nilai kalor ini disebabkan adanya perbedaan molekul

pembentuk senyawa minyak nabati, yang digunakan sebagai bahan bakar, seperti asam palitik, asam stearik, dan asam oleic. Asam lemak tersebut berkontribusi terhadap perubahan nilai kalor.

Perubahan viskositas yang terjadi juga dapat dijelaskan melalui teori termodinamika yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur suatu fluida, molekul fluida akan bergerak cepat sehingga secara makro akan meningkatkan tekanan. Jarak antara molekul yang lebar mengakibatkan kerapatan (densitas) dan viskositas semakin menurun (Annamalai, dalam Murni, 2010:40). Viskositas tersebut yang akan mempengaruhi kinerja mesin diesel antara lain torsi, daya, η_c , dan η_m .

Torsi

Dari pengujian unjuk kerja mesin yang dilakukan di Bengkel Elisyum Jl. Kendangsari Surabaya, dihasilkan data pengujian sebagai berikut:



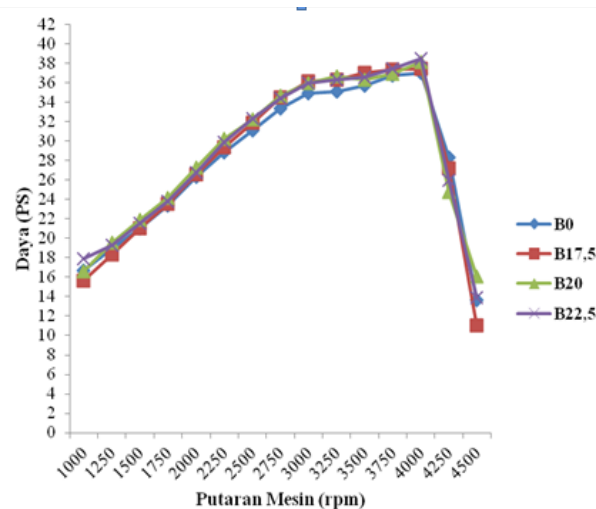
Gambar 3. Grafik Putaran Mesin (rpm) terhadap Torsi pada B0, B17,5, B20, dan B22,5

Dari grafik 3 di atas, dapat diketahui bahwa penambahan bahan bakar biodiesel pada solar dengan campuran 17,5, 20 dan 22,5 dapat mempengaruhi torsi mesin yang dihasilkan. Secara rata-rata torsi yang dihasilkan adalah sebagai berikut: pada bahan bakar B17,5, persentase perubahan rata-rata torsi yang dihasilkan adalah -1,380% (menurun), pada bahan bakar B20 persentase perubahan rata-rata torsi yang dihasilkan adalah sebesar 5,946% (meningkat) dan pada bahan bakar B22,5 rata-rata persentase perubahannya adalah sebesar 1,885% (meningkat).

Penurunan rata-rata persentase torsi yang dihasilkan pada bahan bakar B17,5 disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah nilai *flash point* pada bahan bakar tersebut yang tinggi. Nilai *flash point* yang tinggi

menyebabkan bahan bakar tidak mudah menguap dan terbakar. Jadi *ignition delay* yang seharusnya singkat menjadi lebih lama, yang mengakibatkan pembakaran dalam ruang bakar menjadi tidak sempurna yang menyebabkan tekanan dalam ruang bakar menurun dan mempengaruhi torsi yang dihasilkan. Faktor selanjutnya adalah nilai kalor, nilai kalor dalam bahan bakar B17,5 adalah terendah dari pada bahan bakar B0, B20 dan B22,5, sehingga pembakaran dalam silinder tidak menghasilkan temperatur yang tinggi dan menyebabkan tekanan dalam silinder juga menjadi rendah.

Daya



Gambar 4. Grafik Putaran Mesin (rpm) terhadap Daya pada B0, B17,5, B20, dan B22,5

Dari gambar grafik di atas, dapat diketahui bahwa dengan penambahan bahan bakar biodiesel dari *virgin coconut oil* pada bahan bakar solar dapat mempengaruhi daya mesin yang dihasilkan.

Daya yang dihasilkan pengujian sampel bahan bakar masing-masing mengalami peningkatan dan penurunan. Pada bahan bakar campuran B17,5 mengalami penurunan daya yang dihasilkan yaitu menurun sebesar 0,634%, pada bahan bakar campuran B20 mengalami peningkatan daya sebesar 2,902%, dan pada campuran B22,5 mengalami peningkatan daya yang dihasilkan sebesar 2,310%. Daya yang dihasilkan tertinggi terjadi pada bahan bakar campuran B20, yaitu sebesar 2,902%.

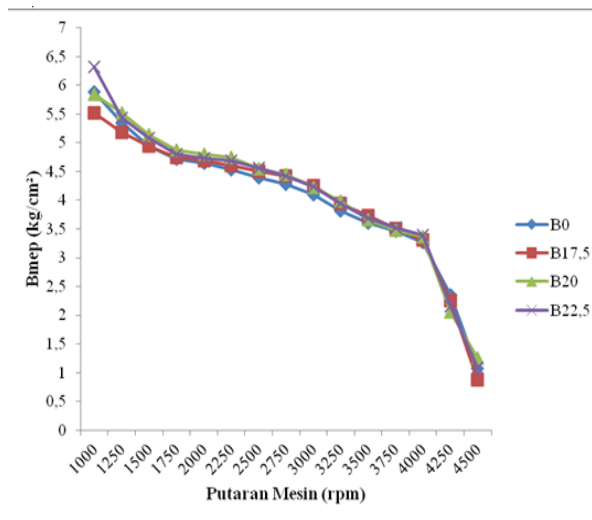
Penurunan daya pada campuran B17,5 tersebut disebabkan karena torsi yang dihasilkan pada campuran tersebut juga mengalami penurunan. Torsi yang dihasilkan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Apabila torsi menurun maka daya juga akan menurun. Karena, daya adalah sebanding dengan torsi.

selain itu yang mempengaruhi menurunnya daya yang dihasilkan adalah dari faktor kualitas bahan bakar tersebut. Diantaranya adalah nilai kalor. Semakin rendah nilai kalor yang dihasilkan, maka *energy* (panas) yang

dihasilkan dalam pembakaran juga akan rendah. Rendahnya panas yang dihasilkan mempengaruhi tekanan yang dihasilkan untuk menggerakkan piston, yang oleh piston disalurkan pada *connecting rod* lalu *camshaft* lalu kopling lalu transmisi dan terakhir pada roda.

Daya maksimum yang dihasilkan dalam penelitian memiliki selisih jauh dengan daya maksimum yang terdapat pada spesifikasi pabrikan. Hal ini disebabkan oleh usia pada kendaraan waktu dilakukan pengujian telah mencapai 14 tahun, sehingga mesin tidak dapat mencapai daya maksimum seperti yang tertera dalam spesifikasi pabrikan baru. Banyak onderdil yang telah mengalami keausan dan telah diganti dengan aksesoris.

Tekanan Efektif Rata-rata

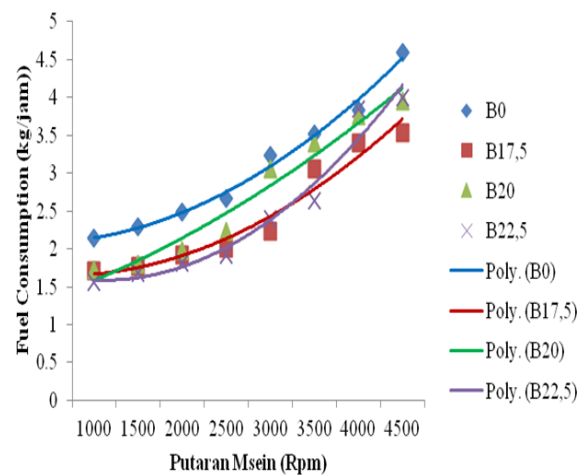


Gambar 5. Grafik Putaran Mesin (rpm) terhadap Tekanan Efektif Rata-rata pada B0, B17,5, B20, dan B22,5

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa terjadi perubahan tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan. Terjadi peningkatan tekanan efektif rata-rata pada campuran bahan bakar B20 dan B22,5 terhadap solar. Peningkatan terbesar terjadi pada campuran bahan bakar B20, yaitu sebesar 2,902% lalu pada campuran B22,5 peningkatan terjadi sebesar 2,310% daripada menggunakan bahan bakar solar (B0). Besarnya tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan tergantung terhadap daya yang dihasilkan, karena tekanan efektif rata-rata sebanding dengan daya yang dihasilkan (Cahyono, 2009:106). Selain itu, pembakaran yang sempurna menyebabkan tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan juga meningkat.

Pada campuran B17,5, terjadi penurunan tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan. Penurunan tersebut disebabkan karena daya yang dihasilkan juga menurun. Penurunan yang terjadi yaitu sebesar 0,634% daripada menggunakan bahan bakar solar (B0).

Konsumsi Bahan Bakar (FC)

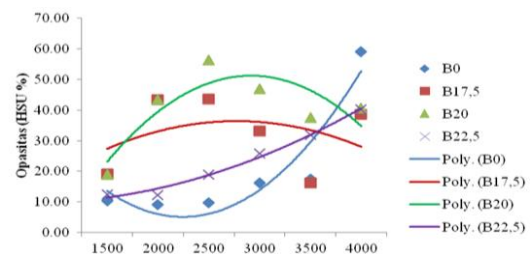


Gambar 6. Grafik Putaran Mesin (rpm) terhadap Fuel Consumption pada B0, B17,5, B20, B22,5

Dari gambar 7 di atas dapat diketahui bahwa secara keseluruhan bahan bakar B17,5, B20, dan B22,5 mengalami penurunan konsumsi bahan bakar. Penurunan konsumsi bahan bakar tersebut mengindikasikan bahwa dengan penambahan biodiesel dari *virgin coconut oil* pada bahan bakar solar dapat menekan konsumsi bahan bakar atau lebih irit bahan bakar daripada tanpa menggunakan bahan bakar campuran dari biodiesel *virgin coconut oil*.

Penurunan konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh besarnya densitas dari masing-masing bahan bakar. Selain densitas bahan bakar faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar adalah dari pembakaran yang dihasilkan dalam ruang bakar. Semakin mendekati sempurna pembakaran yang terjadi, maka konsumsi bahan bakar juga akan menurun. Secara berturut-turut penurunan konsumsi bahan bakar yang terjadi adalah sebagai berikut: B17,5 sebesar 21,07%, B20 sebesar 12,68%, dan B22,5 sebesar 21,43%.

Opasitas



Gambar 7. Grafik Putaran Mesin (rpm) terhadap Opasitas pada B0, B17,5, B20, B22,5

Dari gambar 7 di atas dapat diketahui bahwa Secara keseluruhan opasitas yang dihasilkan pada masing-masing campuran bahan bakar B17,5, B20, dan B22,5 mengalami peningkatan. Peningkatan yang terjadi yaitu sebesar

148,36%, 203,63%, dan 45,83% pada campuran B17,5, B20, dan B22,5 terhadap bahan bakar solar (B0).

Menurut metode pengujian SAE J1667, pengujian dilakukan pada putaran mesin (rpm) maksimum tanpa beban, maka data yang di ambil adalah pada putaran mesin 4000 rpm. Pada 4000 rpm opasitas yang dihasilkan mengalami penurunan, penurunan terbesar terjadi pada campuran B17,5 yaitu sebesar 34,70%. Penurunan opasitas gas buang tersebut disebabkan karena dalam bahan bakar biodiesel tidak mengandung sulfur yang mengakibatkan emisi yang dihasilkan menjadi lebih buruk. Selain itu, dengan pencampuran bahan bakar biodiesel dari vco ini mengakibatkan viskositas bahan bakar menjadi lebih tinggi yang dapat menyebabkan terjadinya pelumasan dalam injektor atau nozel dan dalam *bosch pump* dan berdampak pada penyemprotan bahan bakar yang baik sehingga dapat meminimalisir terbentuknya jelaga yang dihasilkan dalam sisa pembakaran.

PENUTUP

Simpulan

Dari serangkaian pengujian, perhitungan, dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Penggunaan bahan bakar campuran dari biodiesel *virgin coconut oil* dengan bahan bakar solar dapat meningkatkan unjuk kerja mesin Mitsubishi Kuda Diesel tahun 2000.
- Penggunaan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel dari *virgin coconut oil* menghasilkan opasitas gas buang yang lebih rendah daripada menggunakan bahan bakar solar. Penurunan opasitas gas buang terjadi pada campuran B20 yaitu sebesar 31,30% pada putaran maksimum tanpa beban.
- Campuran optimal terdapat pada campuran bahan bakar biodiesel dari vco dengan solar campuran B20. Ditandai dengan unjuk kerja mesin yang meningkat diikuti dengan opasitas gas buang yang rendah.

Saran

Untuk mendapatkan penelitian yang lebih signifikan yang ditandai dengan data yang lebih akurat tentang campuran bahan bakar solar-biodiesel dari minyak kelapa murni yang akan dilakukan pada masa yang akan datang, maka disampaikan saran-saran sebagai berikut:

- Penelitian ini menggunakan rentang campuran 2,5 dari campuran 17,5, 20, dan 22,5. Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan rentang campuran yang lebih pendek daripada penelitian yang telah ada ini, agar menghasilkan data yang lebih signifikan.

- Pengujian karakteristik harus dilakukan lebih banyak lagi. Pada penelitian ini pengujian karakteristik bahan bakar dilakukan sebanyak 2 kali, untuk selanjutnya diharapkan melakukan pengujian sebanyak lebih dari 2 kali.
- Untuk pengembangan lebih lanjut, diharapkan menggunakan mesin diesel yang lebih canggih. Contohnya menggunakan mesin diesel dengan *system common rail*.
- Dalam menghomogen-kan campuran bahan bakar, harus menggunakan alat agar campuran bahan bakar dapat tercampur secara homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto, 1993. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Bandung: Pradnya Paramita.
- Arismunandar, Wiranto, 2005. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB.
- Padil, Wahyuningsih Slamet, dan Awalidun Amir, (2010). *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Melalui Reaksi Methanolisis Menggunakan Katalis CaCO₃ yang Dipijarkan*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau.
- Rama, dkk. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Jakarta: PT ArgoMedia Pustaka.
- Sukoco, Arifin. 2008. *Teknologi Motor Diesel*. Bandung: Alfabeta.
- Swisscontact, 2001. *Pengetahuan Dasar Kendaraan Niaga (Bus)*. Jakarta: Swisscontact.
- Warju, 2009. *Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.