
PERFORMA MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR BIODIESEL TEROKSIDASI

Didik Ariwibowo¹⁾, Berkah Fadjar T.K.²⁾, MSK Tony Suryo²⁾

1) PSDIII Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof. Sudharto, SH., Semarang

2) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof. Sudharto, SH., Semarang

E-mail: ariwibowo_d@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi performa mesin diesel berbahan-bakar biodiesel teroksidasi dibandingkan dengan mesin diesel berbahan-bakar solar. Pengujian dilakukan pada mesin diesel izusu C223. Biodiesel dibuat dari minyak goreng curah dengan proses transesterifikasi. Kemudian, biodiesel tersebut dioksidasi dengan proses aerasi. Sifat-sifat biodiesel diukur antara lain bilangan peroksida, angka setana, dan kandungan energi. Torsi mesin diukur dengan water brake dynamometer, sedangkan konsumsi bahan bakar diukur dengan gelas ukur. Performa mesin ditentukan oleh brake specific fuel consumption, bsfc, yang merupakan kalkulasi konsumsi bahan bakar dibagi dengan daya brake. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan bakar biodiesel teroksidasi mempunyai karakteristik pembakaran lebih baik dibandingkan dengan solar, pada rentang beban kecil sampai dengan menengah, yang diindikasikan dengan daya yang lebih besar daripada solar yaitu sebesar 12,37%. Namun, bsfc dari bahan bakar tersebut lebih tinggi 4,84% daripada solar. Pemakaian B20 biodiesel-teroksidasi/solar merupakan pemakaian terbaik pada penelitian ini. Campuran B20 untuk biodiesel-teroksidasi/solar mempunyai daya lebih tinggi 16,2% dan bsfc lebih rendah 11,2% dibandingkan dengan solar. Pemakaian B100 biodiesel-teroksidasi tidak memberikan performa yang lebih baik pada mesin diesel.

Kata kunci: *performa, mesin diesel, brake specific fuel consumption*

Pendahuluan

Saat ini biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif, yang diturunkan secara transesterifikasi dari minyak nabati. Struktur kimia biodiesel tersusun dari rantai panjang alkil ester asam lemak jenuh dan tak-jenuh. Karenanya, biodiesel bersifat *biodegradable*, tak beracun dan mempunyai emisi lebih rendah dibandingkan dengan solar. Namun, biodiesel sensitif untuk terdegradasi karena kandungan metil ester tak-jenuhnya, seperti metil linoleat (C18:2) dan metil linolenat (C18:3), dapat dengan mudah teroksidasi jika kontak dengan oksigen dalam udara (Waynick, 2005). Bentuk produk turunan biodiesel yang menurunkan kualitas biodiesel ini meliputi asam organik dan aldehyd. Produk ini diklaim tidak hanya melemahkan sifat-sifat biodiesel tetapi juga menjadi masalah pada operasi mesin (Ngamjaroen S., et al., 2010). Dengan demikian biodiesel yang tersimpan lama, yang kontak dengan udara, akan terdegradasi dan menjadi masalah pada operasi mesin diesel.

Tingkat oksidasi biodiesel tersebut dinyatakan dengan nilai peroksida. Suatu hasil penelitian menyatakan bahwa nilai peroksida 81 meq tercapai ketika biodiesel kontak dengan udara bebas selama 6 bulan. Meskipun nilai peroksida tidak dinyatakan dalam standar bahan bakar biodiesel, parameter ini mempengaruhi bilangan setana, yang merupakan ukuran kemudahan penyalan bahan bakar. Bilangan setana biodiesel meningkat tajam, dari 46 sampai dengan 52, pada rentang nilai peroksida 2-60 meq, kemudian sedikit meningkat hingga 53 pada nilai peroksida 80 meq, dan relatif konstan untuk nilai peroksida lebih dari 80 meq (Gerpen, 2010). Bilangan setana yang besar akan mempersingkat waktu tunda penyalan bahan bakar di dalam ruang bakar (Gerpen, 2010; Karabektas, 2009; Klopfenstein, 1982; Krisnangkura, 1986).

Selain sifat mudah menyala, jumlah energi yang dilepaskan oleh bahan bakar menjadi faktor untuk membangkitkan daya mesin. Energi ini dinyatakan sebagai entalpi pembakaran (Gerpen et al., 2004). Biodiesel, dengan kandungan asam lemak tak-jenuh yang lebih banyak, cenderung mempunyai kandungan energi lebih sedikit (Gerpen et al., 2009; Cheng et al., 2005). Disisi lain, kandungan energi biodiesel diindikasikan dengan kandungan metil esternya. Semakin tinggi kandungan metil ester dalam biodiesel, semakin besar kandungannya. Kandungan

metil ester pada biodiesel menurun seiring dengan lama waktu penyimpanan. Hal ini diindikasikan dengan perubahan pada nilai peroksida dan bilangan asam, yang mengimplikasikan bahwa metil ester telah berubah menjadi peroksida dan asam.

Dampak biodiesel teroksidasi pada performa mesin belum banyak diketahui. Suatu penelitian pada biodiesel dari minyak kedelai menunjukkan bahwa nilai kalor biodiesel dan biodiesel teroksidasi adalah 12,7% dan 14,7% lebih rendah daripada solar. Sedangkan biodiesel dan biodiesel teroksidasi mempunyai *brake specific fuel consumption* (bsfc) 13,8% dan 15,1 % lebih tinggi daripada solar. Alasan bsfc biodiesel lebih tinggi adalah biodiesel kemungkinan berubah *timing* pembakarannya karena bilangan setana biodiesel lebih tinggi (Monyem et al., 2001).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi apakah perubahan kimiawi biodiesel yang teroksidasi menyebabkan perubahan secara signifikan pada performa mesin diesel. Pada penelitian ini, biodiesel disiapkan dari bahan baku minyak sawit (minyak goreng curah) yang dioksidasi, kemudian kajian dilakukan pada mesin diesel dengan cara membandingkan performa mesin ketika dioperasikan dengan biodiesel, biodiesel teroksidasi, dan solar, dengan variasi pembebanan.

Metodologi

Spesifikasi mesin yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Mesin dihubungkan dengan *water-brake dynamometer*. Mesin dioperasikan pada sembilan tingkat beban dengan variabel terukur yaitu kecepatan mesin (rpm), yang divariasikan pada 3000, 2750, 2500, 2250, 2000, 1750, 1500, 1250, dan 1000 rpm. Kecepatan mesin tersebut diukur menggunakan *tachometer* Krisbow 2234 A. Sebuah gelas ukur dan *stop watch* digunakan untuk mengukur laju alir bahan bakar. Temperatur gas buang diukur menggunakan termometer digital, sedangkan laju alir udara masuk *inlet manipol* diukur dengan *hot wire anemometer* Lutron. Skema pengujian performa mesin dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Diesel yang Digunakan dalam Penelitian

Tipe Mesin	Diesel, swirl, OHV
Merk	Isuzu C223
Jumlah silinder	4 buah segaris (inline)
Diameter langkah	85 x 98 mm
Volume silinder	2238 cc
Daya maksimum	52,4/3000 (HP/rpm)
Torsi maksimum	142,4/2250 (N.m/rpm)
Tekanan kompresi	21 : 1

Persiapan Bahan Bakar

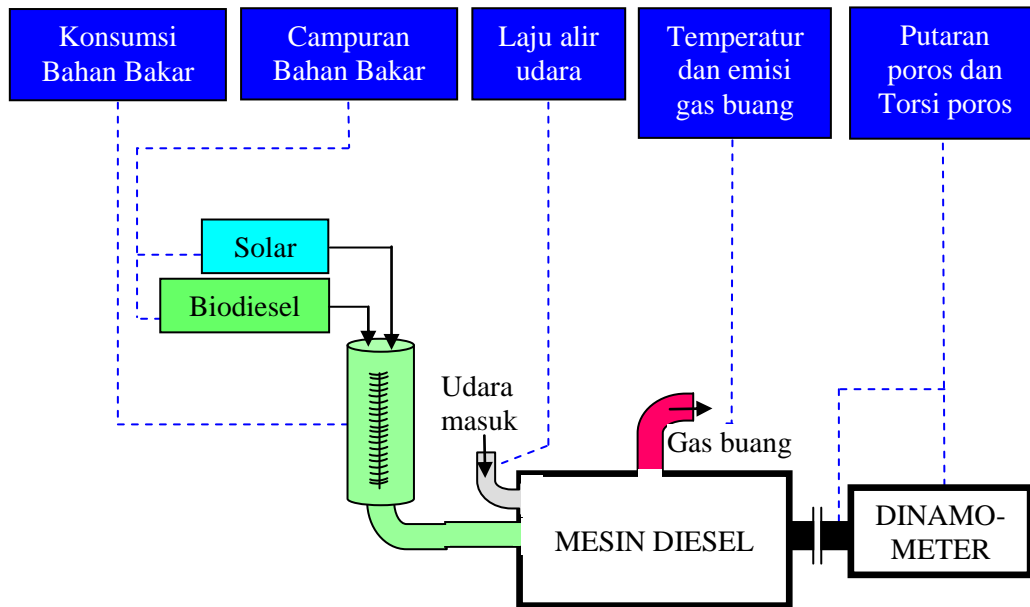
Pembuatan biodiesel merujuk pada metode Mike Pelly. Pada metode ini minyak goreng dicampurkan dengan sodium-metoksida, yang merupakan campuran sodium dan metanol dengan perbandingan 6,5 gram sodium/liter metanol, dalam lingkungan bertemperatur 60°C dan diaduk selama 1 jam. Kemudian campuran tersebut didiamkan selama minimal 12 jam. Setelah didiamkan selama 12 jam, campuran tersebut akan terpisah menjadi 2 bagian yaitu biodiesel pada lapisan atas dan gliserol di lapisan bawah. Biodiesel ini diambil dan kemudian diaerasi dengan menggunakan oksigen hingga mencapai bilangan peroksida 80 meq.

Biodiesel teroksidasi disiapkan dengan cara mengoksidasi biodiesel sebanyak 10 liter dalam tangki reaktor yang berkapasitas 20 liter dengan keadaan tertutup kemudian mengalirkan gas oksigen dengan laju aliran 0.8 liter/menit dimana temperatur biodiesel dalam tangki dikondisikan pada temperatur 60°C oleh heater dan di aduk secara konstan. Perlakuan tersebut dilakukan selama 10 jam dan kemudian biodiesel didinginkan hingga mencapai temperatur kamar. Setelah mencapai temperatur kamar biodiesel yang telah dioksidasi tersebut diuji nilai peroksidanya.

Biodiesel dan biodiesel teroksidasi diuji sifat-sifatnya yang meliputi densitas, nilai kalor, bilangan setana, dan viskositas. Densitas biodiesel dan biodiesel teroksidasi diukur dengan *burometer*, nilai kalor diukur dengan menggunakan *oxygen bomb calorimeter* dari Parr Institute,

viskositas diukur dengan brokefield viscometer, dan bilangan setana diukur dengan metode pendekatan titik anilin.

Bahan penelitian yaitu solar, biodiesel, dan biodiesel teroksidasi dikode dengan: solar, B20 menyatakan campuran solar-biodiesel dengan komposisi 80%/20%, B20-O menyatakan campuran solar-biodiesel teroksidasi dengan komposisi 80%/20%, B100 menyatakan biodiesel murni, dan B100-O menyatakan biodiesel teroksidasi.

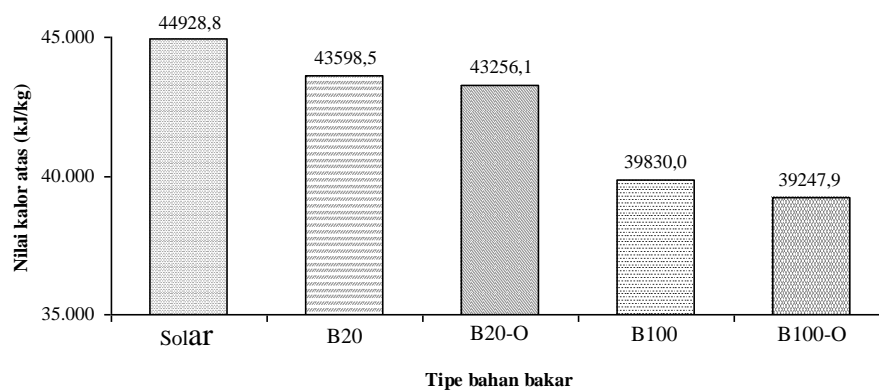


Gambar 1. Skema Pengujian Performa Mesin

Hasil dan Diskusi

A. Nilai Kalor Bahan Bakar

Hasil pengukuran nilai kalor bahan bakar yang diuji tersaji pada Gambar 2. Pada gambar 2 terlihat perbedaan antara nilai kalor bahan bakar B100 dengan bahan bakar solar. Nilai kalor B100 sebesar rata-rata 39830.004 kJ/kg lebih rendah 11.35% dari nilai kalor solar sebesar rata-rata 44928.831 kJ/kg.

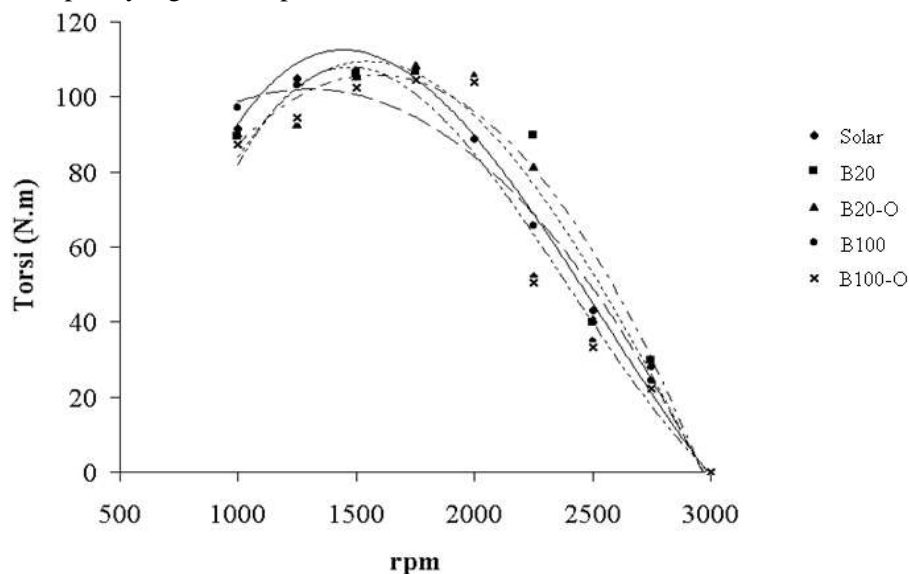


Gambar 2. Nilai Kalor Bahan Bakar Uji

Nilai kalor B100-O adalah terendah. Hal ini sama dengan yang diungkapkan oleh Gerpen (2009) dan Cheng (2995) bahwa metil ester, yang berkontribusi pada nilai kalor, telah terdegradasi menjadi peroksida sehingga kandungan energinya berkurang.

B. Torsi

Torsi dihitung berdasarkan beban yang dapat diatasi oleh mesin, yang didapat dari pengujian, dikalikan dengan panjang lengan dinamometer dan percepatan gravitasi. Kemudian, hasil perhitungan torsi tersebut digambar menjadi suatu kurva hubungan antara torsi terhadap putaran poros seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Hubungan Torsi versus Putaran Poros

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada rentang kecepatan poros mesin 1000 rpm sampai dengan kisaran 1500 rpm, nilai torsi meningkat seiring dengan kenaikan putaran poros mesin. Torsi mesin berbahan bakar solar mencapai maksimum pada putaran poros 1500 rpm yaitu sebesar 105.308 N.m. Nilai torsi mesin dengan bahan bakar selain solar berturut-turut adalah: 106.090 N.m untuk B20, 107.017 N.m untuk B100, 108.562 N.m untuk B20-O, dan 104.648 N.m untuk B100-O yang dicapai pada putaran poros 1750 rpm. Pada rentang kecepatan poros 1500 rpm sampai dengan 3000 rpm, nilai torsi menurun hingga 0 pada putaran poros 3000 rpm atau putaran tanpa beban.

Nilai torsi rata-rata yang diukur untuk rentang kecepatan poros 1000-3000 rpm untuk bahan bakar solar, B20, B20-O, B100 dan B100-O berturut-turut adalah 77.625 N.m, 82.198 N.m, 81.087 N.m, 80.321 N.m dan 74.849 N.m. Perbandingan nilai torsi rata-rata bahan bakar B100 3.95% lebih besar dibanding nilai torsi rata-rata bahan bakar solar, untuk bahan bakar B100-O nilai torsi rata-ratanya lebih kecil 3.13% dibanding dengan nilai torsi rata-rata bahan bakar solar.

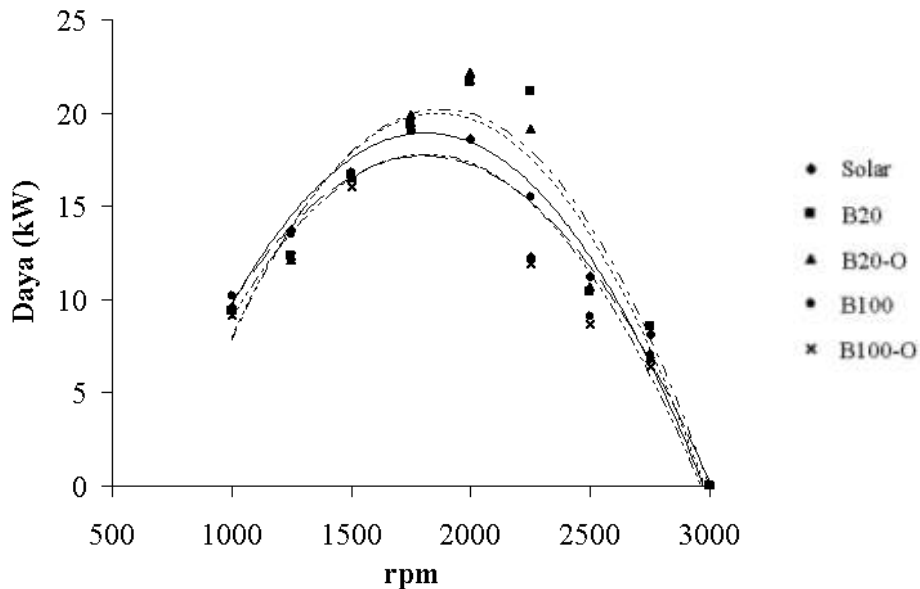
C. Daya Mesin

Hubungan daya mesin terhadap putaran poros digambarkan menjadi suatu kurva seperti pada Gambar 4. Gambar 4 memperlihatkan bahwa daya meningkat dari putaran poros 1000 rpm hingga mencapai maksimum pada putaran poros 2000 rpm untuk bahan bakar B20 (21.630 kW), B20-O (22.165 kW), B100 (21.766 kW) dan B100-O (21.766 kW), sedangkan pada bahan bakar solar daya maksimum (19.074 kW) dicapai pada putaran poros 1750 rpm.

Daya rata-rata bahan bakar solar, B20, B20-O, B100 dan B100-O berturut-turut adalah 13.646 kW, 14.920 kW, 14.608 kW, 14.164 kW dan 13.190 kW. Perbandingan daya rata-rata bahan bakar B20, B20-O, dan B100 berturut-turut adalah 9.34% , 7.05% dan 3.79% dibanding dengan daya rata-rata bahan bakar solar, sedangkan untuk bahan bakar B100-O daya rata-ratanya lebih rendah 3.34% dibanding dengan daya rata-rata bahan bakar solar.

Penelitian performa mesin diesel Isuzu tipe 4FB1 berbahan bakar biodiesel dari minyak sawit juga menunjukkan bahwa daya maksimum mesin berada pada kisaran 1500-2000 rpm (Kalam, 2002). Daya maksimum mesin 2 liter ini mencapai 12 kW. Penggunaan minyak goreng bekas untuk bahan bakar mesin diesel juga memberikan profil peningkatan daya terhadap putaran hingga daya maksimum 37 kW pada 3000 rpm dengan pembukaan trolol 50%, dan kemudian berkecenderungan menurun (Ali et.al., 2011). Pemakaian biodiesel B30 dinyatakan memiliki profil daya lebih tinggi daripada B10.

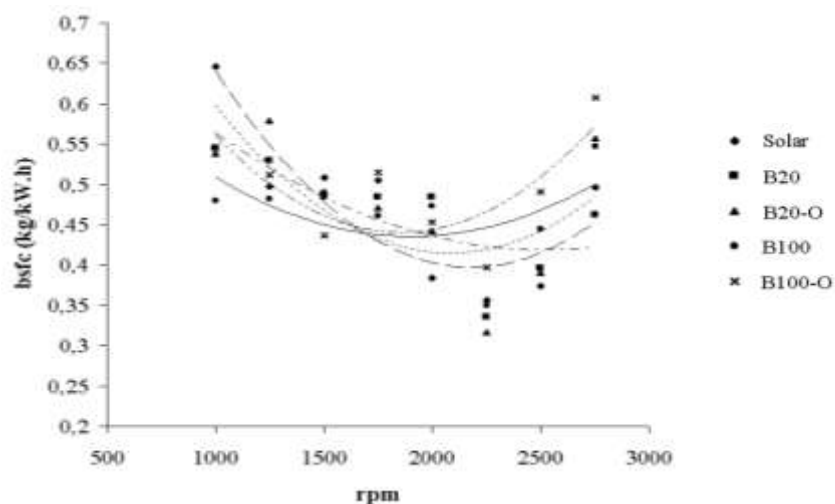
Pada kecepatan poros sekitar 2000 rpm, daya mencapai maksimum untuk kelima jenis bahan bakar. Oleh karenanya, pada daerah ini rasio bahan bakar-udara diduga mencapai rasio pembakaran sempurna. Profil penurunan daya setelah 2500 rpm juga terjadi pada pemakaian bahan bakar campuran 10% etanol dan 90% solar (Cinivis, 2010). Penurunan ini dijelaskan karena adanya peningkatan frekuensi gesekan antara piston mesin dan dinding silinder. Disamping itu, gesekan tersebut mereduksi perpindahan panas gas terbakar dari ruang bakar ke lingkungan luar mesin. Konsekuensinya, temperatur gas buang meningkat.



Gambar 4. Kurva Hubungan Antara Daya versus Putaran Mesin

D. Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)

Hubungan antara BSFC dengan putaran poros dapat dilihat pada gambar 5. Nilai BSFC minimum untuk kelima jenis bahan bakar dicapai pada putaran poros 2250 rpm, nilai BSFC minimum masing-masing bahan bakar diantaranya, solar (0.357 kg/kWh), B20 (0.336 kg/kWh), B20-O (0.317 kg/kWh), B100 (0.350 kg/kWh) dan B100-O (0.397 kg/kWh), sedangkan untuk nilai BSFC rata-rata dari kelima bahan bakar tersebut berturut-turut adalah 0.471 kg/kWh, 0.466 kg/kWh, 0.473 kg/kWh, 0.465 kg/kWh dan 0.495 kg/kWh.



Gambar 5. Grafik BSFC versus Putaran Poros

Perbandingan BSFC rata-rata untuk B20-O dan B100-O adalah 0.45 % dan 5.07% lebih besar dari BSFC rata-rata solar, hal ini menunjukkan pemakaian bahan bakar biodiesel oksidasi lebih boros karena nilai BSFC nya tinggi yang akan berdampak pada rendahnya efisiensi mesin.

Biodiesel memiliki nilai kalor 39247.859 kJ/kg yang lebih rendah 11.35% dibanding dengan nilai kalor solar 44928.831 kJ/kg sedangkan biodiesel oksidasi memiliki nilai kalor 3890.004 kJ/kg, lebih rendah 12.64% dibanding dengan nilai kalor solar. Dengan demikian kandungan biodiesel dalam bahan bakar campuran akan meningkatkan nilai BSFC bahan bakar tersebut.

Peningkatan bsfc terjadi pada rentang kecepatan 2000-1000 rpm. Hal ini juga terjadi pada penelitian solar dan campuran solar-biodiesel dengan komposisi 50% (Lin, 2006). Sedangkan Ali et.al. (2011) menyatakan bahwa bsfc solar lebih rendah daripada bsfc B10 dan B30 di semua kecepatan mesin, dan B10 mempunyai bsfc lebih rendah daripada B30. Dengan demikian, penambahan biodiesel kedalam campuran biodiesel-solar lebih dari 20% diprediksikan akan meningkatkan bsfc.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan bakar biodiesel dan biodiesel-teroksidasi mempunyai karakteristik pembakaran lebih baik, dibandingkan dengan solar, pada rentang beban kecil sampai dengan menengah, yang diindikasikan dengan daya yang lebih besar daripada solar. Namun, bsfc dari kedua bahan bakar tersebut lebih tinggi daripada solar. Campuran B20 untuk biodiesel/solar maupun biodiesel-teroksidasi/solar mempunyai daya tinggi dengan bsfc rendah. Secara khusus, B20 biodiesel-teroksidasi/solar menghasilkan emisi terendah. Dengan demikian, pemakaian B20 biodiesel/solar maupun B20 biodiesel-teroksidasi/solar merupakan pemakaian terbaik pada penelitian ini. Pemakaian B100 biodiesel-teroksidasi tidak memberikan performa yang baik pada mesin diesel, meskipun pada biodiesel teroksidasi dianggap mempunyai kesiapan pembakaran lebih baik karena mengandung oksigen.

Daftar Pustaka

- Ali, I.M., Abdullah, S. and Mohamad, I.T., 2011, Performance of Untreated Waste Cooking Oil Blends in a Diesel Engine, *Proceeding of the International Conference on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, Bangi-Putrajaya, Malaysia.
- Cheng, A. S., Upatnieks, A., & Mueller, C.J., 2005, Investigation of the impact of biodiesel fuelling on nox emissions using an optical direct injection diesel engine, *Int. Journal Engine*, 7.
- Ciniviz, M., 2010, Performance and Energy Balance of a Low Heat Rejection Diesel Engine Operated with Diesel Fuel and Ethanol Blend, *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, Vol.34, No.1.
- Gerpen, J.V., Clements, D., & Knothe, G., 2004, Biodiesel analytical methods, *Tech. Rep. No. NREL/SR-510-36240*, National Renewable Energy Laboratory U.S Department of Energy, Golden, Colorado.
- Kalam, M.A., & Masjuki, H.H., 2002, Biodiesel from palm oil-an analysis of its properties and potential, *Biomass and Bioenergy*, 23, 471-479.
- Karabektas M., Hosoz M., 2009, Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine Using Isobutanol-Diesel Fuel Blends, *Renewable Energy*, 1-6.
- Klopfenstein W.E., 1982, *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, Vol. 59, 531-553.
- Krisnangkura K., 1986, A Simple Method for Estimation of Cetane Index of Vegetable Oil Methyl Ester, *JAOCs*, Vol.24, 125-164.
- Monyem, A., Gerpen J.H.V., 2001, The Effect of Biodiesel Oxidation on Engine Performance and Emissions, *Biomass and Bioenergy*, 20, 317-325.
- Ngamjaroen S., Pakdee W., and Pattamaprom C., 2010, The Effect of Storage Degradation of Palm-Stearing Biodiesel on Engine Performance and Exhaust Emission, *Thammasat Int. J. Sc. Tech.*, Vol. 15, Special Edition.
- Waynick, J.A., 2005, Characterization of biodiesel oxidation and oxidation product, *Tech. Rep. No. NREL/TP-540-39096*, National Renewable Energy Laboratory U.S Department of Energy, Golden, Colorado.