

UNJUK KERJA DAN EMISI GAS ASAP GENSET BERBAHAN BAKAR BIODIESEL FAME

PERFORMANCE AND SMOKE EMISSION OF A GENSET FUELLED BY BIODIESEL FAME

Prawoto¹⁾ dan Ihwan Haryono²⁾

¹⁾Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi, BPPT

²⁾Balai Termodinamika, Motor dan Propulsi, BPPT

Email: prawoto@bppt.go.id / ihwan.haryono@bppt.go.id

Diterima (received) : 02-09-2015, Direvisi (reviewed) : 11-09-2015

Disetujui (accepted) : 27-10-2015

Abstrak

Pada Makalah ini disampaikan hasil penelitian uji unjuk kerja dan ketahanan pada tiga mesin diesel stasioner (*generator set*) secara paralel dengan menggunakan bahan bakar campuran biodiesel-solar dengan komposisi B10 (10% biodiesel FAME), B15 (15% biodiesel FAME), dan B0 (100% solar) sebagai pembandingan, masing-masing diuji selama 1000 jam. Uji unjuk kerja dan emisi gas asap mesin tanpa generator dilakukan pada engine dynamometer baik sebelum maupun sesudah uji ketahanan. Pengujian unjuk kerja dengan variasi beban dan generator terpasang juga dilakukan dengan menggunakan lampu sebagai beban. Hasil uji menunjukkan bahwa ketiga mesin dengan bahan bakar berbeda mempunyai unjuk kerja yang relatif identik dan tidak terlihat adanya penurunan unjuk kerja yang berarti selama uji ketahanan 1000 jam. Secara rata-rata dibandingkan dengan B0, konsumsi bahan bakar Genset dengan B10 dan B15 lebih tinggi masing-masing sebesar 1,4 % dan 2,4 %, sedangkan emisi gas asap menurun antara 4,5 % sampai dengan 22,5 %. Untuk setting mesin pada kondisi standar, kinerja terbaik untuk campuran biodiesel 10% (B10).

Kata Kunci : biodiesel, unjuk kerja mesin, ketahanan, emisi gas buang.

Abstract

This paper describes performance and durability test results of three parallel stationary diesel engine using fatty acid methyl ester biodiesel blend fuel with composition B10 (10% biodiesel FAME), B15 (15% biodiesel FAME), and B0 (100% regular diesel fuel) as a baseline. Each engine was tested during 1000 hours. Performance and smoke test without generator was conducted on engine dynamometer before and after durability according to the National Standard of Indonesia. Performance test with variable load also conducted with generator attached using lamps as dummy load. Test result showed that all of three engines with difference fuel have relatively identical performance and not seen any significant decrease in performance during 1000 hour endurance test. Comparing to the B0, fuel consumption of B10 and B15 was higher in average of 1.4 % and 2.4 %, where are smoke emission decrease in order of 4.5% to 22.5%. For setting the engine at standard conditions, the best performance obtained for a mixture of 10% biodiesel (B10).

Keywords: Biodiesel, engine performance, durability, exhaust gas emission.

1 PENDAHULUAN

Bahan bakar alternatif menjadi semakin penting belakangan ini karena ketersediaan bahan bakar konvensional (fosil) semakin menipis (Wirawan S.S, dan Tambunan A.H. 2006, Kusdiana D. 2015). Biodiesel merupakan alternatif yang

menarik sebagai pengganti minyak diesel (solar) karena terbarukan, emisi gas buang umumnya lebih rendah dibandingkan emisi dari bahan bakar fosil (Teixeira Elba C., et. al. 2011, Ali Rashid. 2011) dan dapat diaplikasikan untuk mesin dengan teknologi yang sudah ada ataupun dengan modifikasi yang minimal (Tesfa Belachew. et. al.

2014, Solasa Goutham. et. al. 2013, Jayed M.H. et. al. 2011). Penggunaan bahan bakar biodiesel sebagai bahan bakar alternatif di kendaraan telah banyak digunakan terutama sebagai campuran bahan bakar solar melalui produk biosolar yang dijual diberbagai SPBU.

Penggunaan bahan bakar tersebut pada mesin stasioner generator set juga mulai banyak dilakukan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui unjuk kerja dan ketahanan mesin serta mengevaluasi pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel tersebut. Hal ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu uji unjuk kerja dan pengujian ketahanan 1000 jam.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Uji

Merk	Kubota
Type Genset	J-310
Type Mesin	D722 Vertical, Water cooled, 4Tak
Volume Mesin	700 cc
Jumlah Silinder	3
Putaran Mesin	3000 rpm
Type Generator	Revolving Field AC generator
Keluaran Daya	10 kVA

Tabel 2. Jenis Bahan Bakar pada Mesin Pengujian

No Mesin	Bahan Bakar Uji Unjuk Kerja Awal dan Akhir	Bahan Bakar Uji Ketahanan 1.000 Jam
Mesin 1	Solar	B0 (solar)
Mesin 2	Solar	B10 (90% solar +10% FAME)
Mesin 3	Solar	B15 (85% solar+ 15% FAME)

Uji unjuk kerja dilakukan baik sebelum, sesudah maupun selama uji ketahanan. Tujuan uji unjuk kerja adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel FAME pada kinerja mesin. Evaluasi uji ketahanan dilakukan dengan membandingkan unjuk kerja ketiga mesin selama uji ketahanan 1000 jam dengan mesin berbahan bakar solar (*base fuel*) sebagai acuan, uji ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh biodiesel pada penggunaan jangka panjang. Disamping dilakukan pengujian unjuk kerja terhadap ketiga mesin uji, juga dilakukan pemantauan konsumsi bahan bakar dan emisi gas asap (*smoke*).

2 METODOLOGI

2.1 Bahan dan Peralatan Pengujian

Bahan pengujian menggunakan 3 mesin diesel genset 10 kVA yang identik, dengan spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 1 yang masing-masing menggunakan jenis bahan bakar sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Peralatan ukur emisi gas asap (*smoke*) adalah *smoke tester* merk AVL 415. Peralatan ukur konsumsi bahan bakar menggunakan *volumetric fuel flow* dan gelas ukur serta *stop watch* dan untuk uji unjuk kerja menggunakan dynamometer yang berada

di dalam ruang uji (*engine test cell*/ETC 5) Balai Termodinamika, Motor dan Propulsi (BTMP), Pusat Penelitian dan Ilmu Pengetahuan (PUSPIPTEK), Setu, Tangerang Selatan.

2.2 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian unjuk kerja dilakukan di atas bangku uji dynamometer (*engine test cell*) di yang menggunakan system akuisi data otomatis, AUTOTEST, dengan berbagai instrumentasi pengukuran yang terkalibrasi. Uji unjuk kerja dilakukan pada berbagai putaran mesin. Sedangkan untuk uji ketahanan mesin, selama pengujian digunakan beban dummy untuk menampung listrik yang dihasilkan generator berupa rangkaian lampu yang sesuai dengan kapasitas dan beban maksimum genset. Pembebanan selama uji ketahanan dengan menggunakan *dummy load*.

Mengingat pengujian ini belum ada standar yang baku, maka dalam penelitian ini pengujian merujuk kepada metode pengujian yang dilakukan Prateepchaikul and Aphichato (Prateepchaikul G and Aphichato T, 2003).

Sebelum dilakukan pengujian kedua mesin dibongkar untuk memastikan kondisi komponen ketiga mesin dalam keadaan masih baru. Setelah

mesin dirakit kembali ketiga mesin dilakukan *run-in* selama 15 jam menggunakan bahan bakar solar. Selesai *run-in* pengujian unjuk kerja yang meliputi daya poros, pemakaian bahan bakar spesifik dan uji emisi gas asap dengan beban penuh untuk ketiga mesin merujuk pada standar SNI 05-0119-2000 atau ECE R-85 yang dilakukan di *engine test cell* Balai Termodinamika Motor dan Propulsi (Gambar 1) dengan menggunakan bahan bakar solar. Kemudian dilanjutkan uji unjuk kerja mesin dan generator, konsumsi bahan bakar dan emisi gas asap di berbagai variasi beban dengan bahan bakar berbeda (B0, B10 dan B15). Pengujian unjuk kerja dan emisi gas asap pada beban penuh dengan bahan bakar solar diulangi setelah uji ketahanan 1000 jam

selesai. Hasil uji tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil uji awal sebelum uji ketahanan.

Pengujian ketahanan dilakukan selama 1000 jam dengan beban dummy lampu listrik sebesar 75% dari kapasitas generator 10 kVA. Bahan bakar yang diuji adalah B0, B10, dan B15. Selama pengujian tersebut dalam selang 2 jam dilakukan pemantauan mesin secara visual dan daya keluaran generator listrik. Untuk pengecekan emisi gas asap dan konsumsi bahan bakar dilakukan setiap 24 jam. Penggantian oli pelumas dilakukan setiap 100 jam. Selama uji ketahanan mesin dihidupkan terus-menerus (24 jam/hari) kecuali saat penggantian oli pelumas dan saat pengecekan kondisi jika ada permasalahan mesin yang mengganggu unjuk kerjanya.



Gambar 1. Rangkaian Peralatan dan Fasilitas Pengujian.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

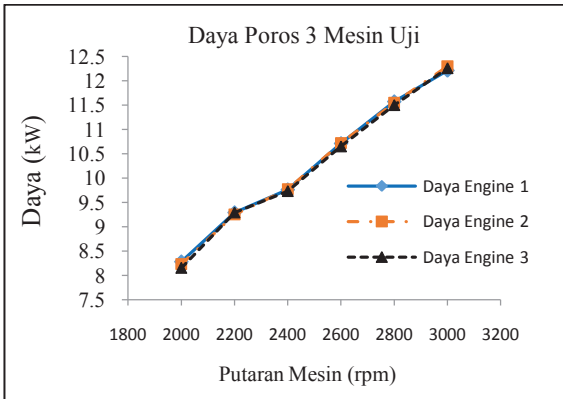
Hasil yang menjadi catatan khusus mengenai kondisi operasional selama pengujian adalah pada jam ke 350, filter bahan bakar genset B15 mengalami *blocking*. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh sifat *detergency* dari biodiesel FAME akan membersihkan saluran bahan bakar dan terbawa sampai ke filter (Anonim. 2009). Setelah filter diganti dengan yang baru maka pengujian

dapat dilakukan sampai dengan jam ke 1000 tanpa ada kendala operasi. Hasil uji unjuk kerja, uji ketahanan dan uji emisi gas asap mesin diuraikan dan ditunjukkan dalam grafik-grafik berikut.

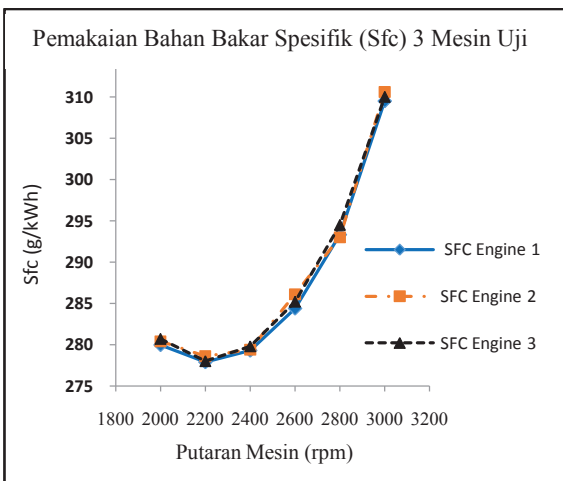
3.1 Karakteristik Unjuk Kerja Mesin yang Digunakan.

Untuk memastikan bahwa mesin yang digunakan mempunyai karakteristik yang sama

dilakukan uji unjuk kerja terhadap ketiga mesin dengan bahan bakar yang sama yaitu solar (B0). Hasil uji perbandingan daya dan pemakaian bahan bakar spesifik (Sfc) ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Gambar-gambar tersebut menunjukkan bahwa ketiga mesin memiliki karakteristik kinerja yang identik, hal ini ditunjukkan oleh grafik daya dan grafik pemakaian bahan bakar spesifik yang praktis berimpit satu terhadap yang lain. Perbedaan nilai sebesar < 1,5% untuk daya dan < 1% untuk Sfc masih dalam toleransi ketelitian alat ukur yang digunakan.



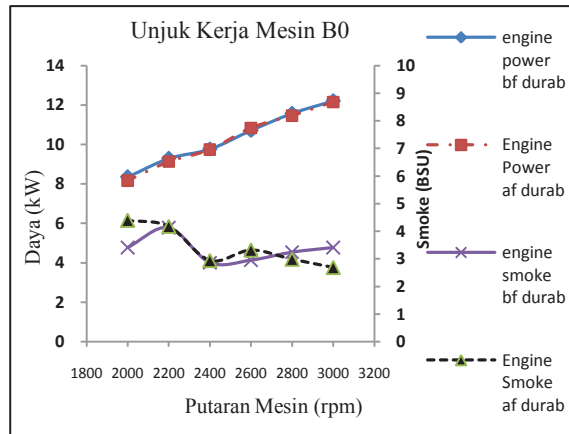
Gambar 2. Grafik Daya Vs Putaran Mesin.



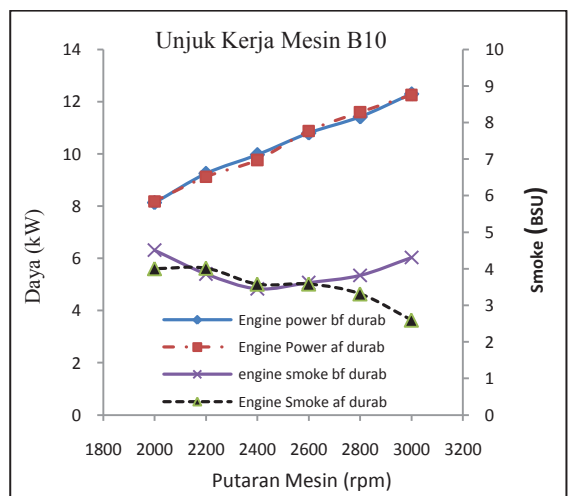
Gambar 3. Grafik Pemakaian Bahan Bakar Spesifik Vs Putaran Mesin.

3.2 Unjuk Kerja Sebelum Dan Sesudah Uji Ketahanan.

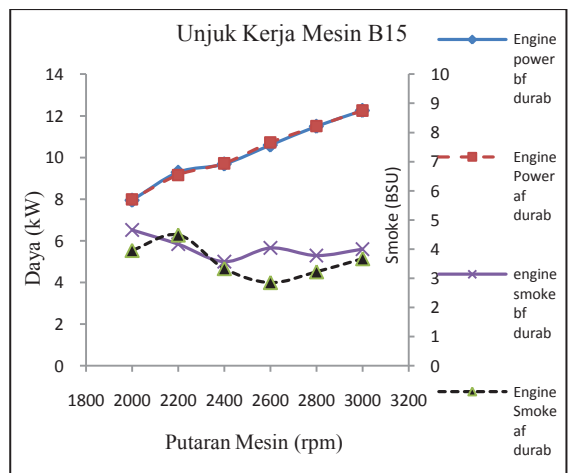
Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel FAME pada jangka waktu yang panjang dilakukan uji unjuk kerja awal dan uji unjuk kerja akhir (setelah uji ketahanan).



Gambar 4. Grafik Daya Dan Emisi Gas Asap Vs Putaran Untuk Mesin 1.



Gambar 5. Grafik Daya dan Emisi Gas Asap Vs Putaran untuk Mesin 2.



Gambar 6. Grafik Daya dan Emisi Gas Asap Vs Putaran untuk Mesin 3.

Untuk dapat membandingkan secara *fair* pengujian unjuk kerja ini dilakukan dengan bahan bakar solar sebagai *base fuel*. Hasil untuk tiap mesinnya dapat dilihat pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 6 di bawah. Uji unjuk kerja mesin sebelum uji ketahanan sama dengan uji karakteristik mesin sebagaimana diuraikan pada paragraf 4.1. di atas.

Dari Gambar 4 sampai dengan Gambar 6 terlihat bahwa daya mesin sebelum uji ketahanan (*before durability*) dan sesudah uji ketahanan (*after durability*) relatif sama, baik untuk mesin dengan bahan bakar solar (B0) maupun mesin dengan bahan bakar solar+biodiesel (B10 dan B15).

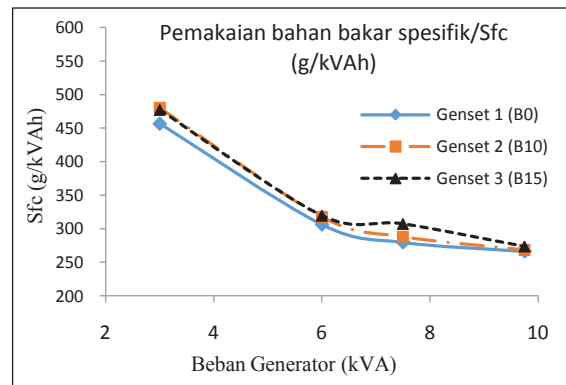
Penurunan daya masing-masing sebesar 2,2% untuk B0, 2,0% untuk B10 dan 1,4% untuk B15. Perbedaan nilai yang sangat kecil dan dalam toleransi alat ukur (<3%) mengindikasikan bahwa ketiga mesin tidak mengalami kerusakan yang berarti. Dari angka-angka penurunan tersebut dapat dicatat bahwa semakin besar prosentase biodiesel semakin kecil penurunan dayanya. Hal ini mengindikasikan bahwa fungsi pelumasan biodiesel lebih baik dibanding solar reguler, sehingga mengurangi gesekan dan keausan komponen.

Untuk emisi gas asap (*smoke*) hampir semua mesin mengalami penurunan, kecuali untuk mesin berbahan bakar solar (B0) yang mengalami kenaikan emisi sebesar 22% pada putaran rendah (2000 rpm), baru kemudian diikuti penurunan sebesar 21% pada putaran tinggi (3000 rpm). Untuk mesin B10 terjadi penurunan sebesar 11% pada putaran rendah dan 40% pada putaran tinggi, sedangkan mesin B15 mengalami penurunan emisi sebesar 15% pada putaran rendah dan 8% pada putaran tinggi. Pada putaran antara 2200 rpm sampai dengan 2800 rpm rata-rata mempunyai emisi yang identik antara sebelum dan sesudah uji ketahanan kecuali emisi untuk mesin B15 yang terjadi penurunan sebesar 29% pada putaran 2600 rpm. Dari hasil ini terlihat bahwa penambahan biodiesel dalam jumlah tertentu akan memperbaiki kinerja mesin dan menurunkan emisi gas asap. Untuk mesin dalam kondisi setelan standar sebagaimana digunakan dalam penelitian ini, maka campuran B10 memberikan hasil terbaik.

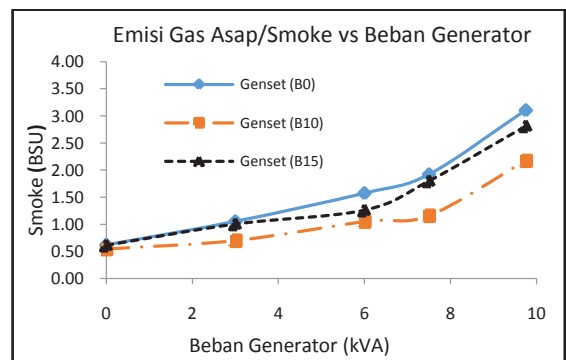
3.3 Unjuk Kerja dengan Variasi Beban pada Genset

Pengukuran unjuk kerja bahan bakar pada berbagai beban dilakukan dengan menggunakan satu genset yaitu Genset 1. Hal ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dengan variasi bahan bakar terhadap individu mesin yang sama. Gambar 7 dan

Gambar 8 menunjukkan perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik dan emisi gas asap pada berbagai beban genset. Dari grafik Gambar 7 terlihat bahwa pemakaian bahan bakar spesifik untuk B0 lebih rendah dibandingkan dengan B10 dan B15, terutama pada beban rendah (< 6 kVA). Sedangkan pada beban tinggi (>8 kVA) perbedaan menjadi lebih kecil terutama untuk B10. Rata-rata perbedaan konsumsi bahan bakar pada setiap bebannya antara 4% sampai dengan 5% pada beban rendah, dan turun menjadi kurang dari 3% pada beban tinggi, kecuali untuk B15 pada beban 7,5 kVA, dimana pemakaiannya bahan bakar spesifiknya 9% lebih tinggi dibandingkan B0. Pemakaian bahan bakar spesifik biodiesel yang lebih tinggi dibandingkan minyak diesel (B0) akibat nilai kalornya (*energy content*) yang lebih rendah (Innocent D.S. 2013).



Gambar 7. Grafik Pemakaian Bahan Bakar Spesifik Vs Beban Generator.



Gambar 8. Grafik Emisi Gas Asap Vs Beban Generator.

Dari Gambar 8 yang menunjukkan grafik perbandingan emisi gas asap (*smoke*) untuk berbagai jenis bahan bakar dan variasi beban terlihat adanya perbedaan *smoke* yang signifikan. Emisi *smoke* baik untuk B10 maupun B15 terlihat lebih rendah bila

dibandingkan dengan B0, dengan perbedaan terhadap B0 antara 13% sampai dengan 40% untuk B10 dan antara 2% sampai dengan 20% untuk B15. Hal ini disebabkan terutama oleh adanya perbaikan proses pembakaran, dimana emisi gas asap utamanya dihasilkan dari proses pembakaran akhir (*late combustion*). Penambahan biodiesel yang memiliki bilangan cetana lebih tinggi dibandingkan solar akan memperbaiki tenggat waktu penyalan (*ignition delay*) dan mengurangi prosentase bahan bakar pada proses pembakaran akhir (Prawoto, et. al. 2004, Solasa Goutham. et. al. 2013).

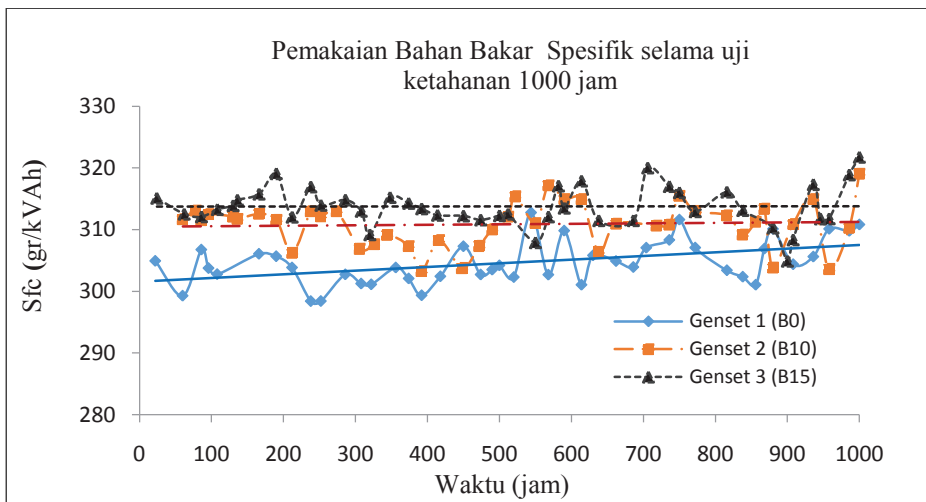
3.4 Hasil Uji Ketahanan

Pengujian ketahanan mesin genset dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan

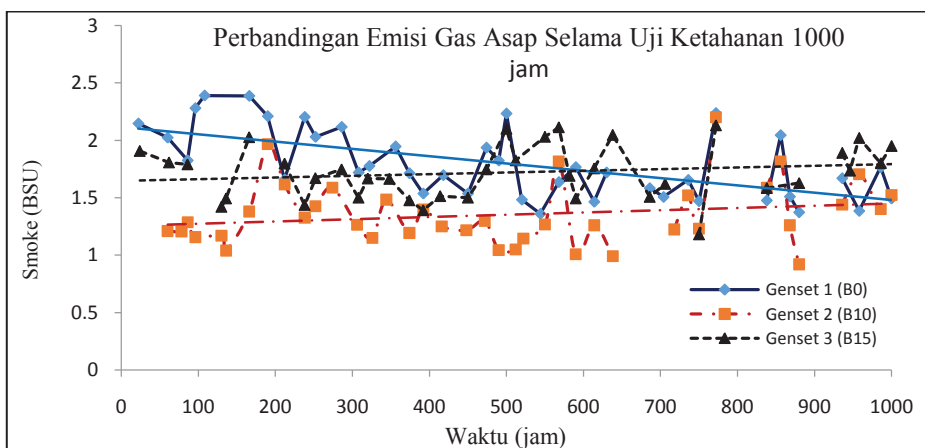
bakar terhadap kinerja mesin dalam jangka waktu panjang, dalam penelitian ini selama 1000 jam.

Pada awalnya beban genset diatur sebesar 80% dengan menghasilkan daya output sekitar 8,40 kVA. Namun karena temperatur air pendingin, pelumas dan gas buang dianggap terlalu tinggi, mulai jam ke 20 beban ketiga genset diturunkan masing-masing menjadi 75%.

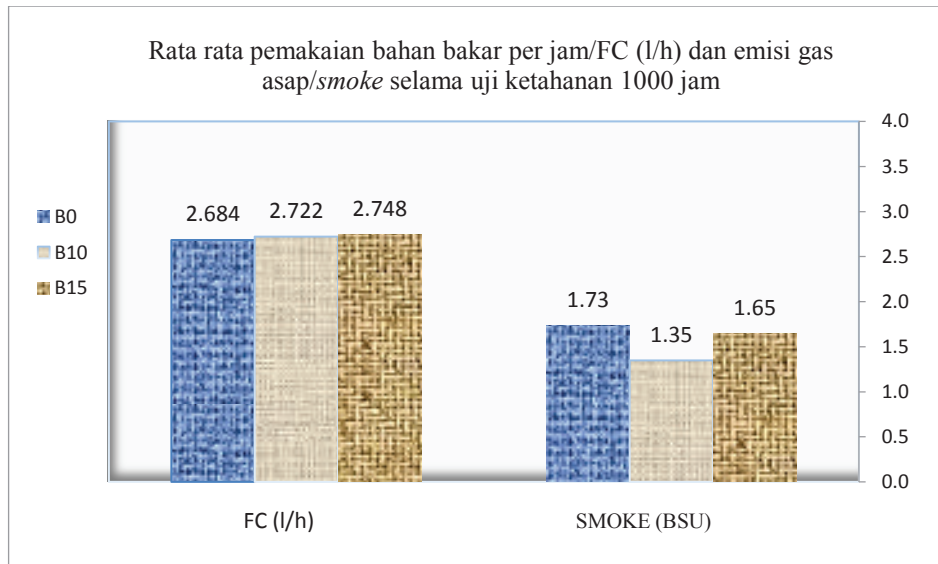
Gambar 9 dan Gambar 10 masing-masing menunjukkan grafik pemakaian bahan bakar spesifik dan emisi *smoke* selama uji ketahanan untuk ketiga mesin yang diuji. Sedangkan Gambar 11 menunjukkan perbandingan nilai rata-rata pemakaian bahan bakar per jam dan *smoke* tersebut.



Gambar 9. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Spesifik selama Uji Ketahanan.



Gambar 10. Grafik Emisi Gas Asap selama Uji Ketahanan.



Gambar 11. Nilai Rata Rata Fc dan Smoke selama Uji Ketahanan 1.000 Jam.

Emisi *smoke* mesin berbahan bakar B0 cenderung turun dengan bertambahnya waktu uji, dapat diamati selama uji ketahanan penurunan emisi *smoke* sebesar 29 %. Sedangkan untuk B10 dan B15, sebagaimana pemakaian bahan bakar spesifik, emisi *smoke* pada mesin dengan kedua bahan bakar relatif konstan selama uji ketahanan (Gambar 10). Dari ketiga mesin yang diuji emisi mesin berbahan bakar B10 adalah yang terbaik. Dari grafik pada Gambar 11 terlihat bahwa dibandingkan dengan mesin B0, konsumsi bahan bakar Genset dengan B10 dan B15 lebih tinggi masing-masing sebesar 1,4 % dan 2,4 %, sedangkan emisi gas asap turun sebesar 22,5 % untuk B10 dan 4,5 % untuk B15.

4 KESIMPULAN

Dari serangkaian pengujian Biodiesel dengan komposisi B0, B10 dan B15 dapat ditarik kesimpulan bahwa selama pengujian ketahanan genset 1000 jam dengan berbagai campuran bahan bakar (solar + biodiesel) hingga 15% tidak mengalami kendala yang berarti. Dengan sifat detergensi yang baik pada biodiesel diperlukan perhatian pada saat awal pengoperasian, terutama terkait dengan filter bahan bakar agar tidak terjadi penyumbatan. Hasil uji unjuk kerja baik dengan B0, B10 maupun B15 menunjukkan tidak adanya penurunan unjuk kerja. Dikarenakan nilai kalor yang lebih rendah secara rata rata dibandingkan dengan mesin berbahan bakar B0 konsumsi bahan bakar dengan B10 dan B15 lebih tinggi masing-masing sebesar 1,4% dan 2,4%.

Sebagai saran, pemakaian biodiesel sebagai campuran bahan bakar diesel perlu didorong, dengan

prosentase yang sesuai dengan kondisi mesin akan memperbaiki emisi gas buang seperti emisi *smoke*. Dengan kondisi mesin standard penambahan 10% biodiesel dapat menurunkan *smoke* hingga 22%. Untuk penggunaan biodiesel dengan prosentase lebih besar diperlukan penyesuaian stel mesin sehingga pengaruh terhadap penurunan emisi tetap dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Rashid. 2011. Biodiesel A Renewable Alternate Clean And Environment Friendly Fuel For Petrodiesel Engines: A Review. International Journal Of Engineering Science And Technology. Vol. 3 No.10.
- Anonim. 2009. Biodiesel Handling and Use Guide (Fourth Edition). National Renewable Energy Laboratory. U.S. Department of Energy. <http://www.osti.gov/bridge>.
- Bello E. I., et. al. 2012. Cetane number of three vegetable oils, their biodiesels and blends with diesel fuel. Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels Vol. 3(5), pp. 52-57, <http://www.academicjournals.org/JPTAF>.
- European Standard ECE R-85, "Methode of Measurement Net Power".
- Innocent Demshemino S., 2013. Comparative Analysis Of Biodiesel And Petroleum Diesel. International Journal Of Education And Research. Vol. 1 No. 8.
- Jayed M.H. et. al. 2011. Prospects of dedicated biodiesel engine vehicles in Malaysia and

- Indonesia. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 220–235. journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser.
- Kusdiana Dadan. 2015. Bahan Seminar Kajian Teknis dan Uji Pemanfaatan Biodiesel (B20) pada Kendaraan Bermotor dan Alat Besar. Direktorat Jendral EBTKE. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Prateepchaikul G and Aphichato T, 2003. “Palm Oil as a Fuel for Agricultural Diesel Engines: Comparative Testing against Diesel Oil. SONGKLANAKARIN”, Journal of Science and Technology Vol. 25 No. 3.
- Prawoto, et. al. 2004. Kelambatan Waktu Penyalaan Campuran Solar dan Metil Ester Kelapa Sawit Pada Motor Diesel Injeksi Langsung. Jurnal Teknik Mesin ITB, Vol XIX, No. 1.
- SNI 05-0119-2000 (diperbaharui oleh SNI 0119-2009 namun belum resmi dberlakukan), “Motor Bakar Penyalaan Kompresi Gerak Bolak-balik untuk Kegunaan Umum – Unjuk Kerja dan Cara Uji “.
- Solasa Goutham. et. al. 2013. Diesel Engine Perormance Improvement by Using Cetane Improver. International Journal of Engineering and Advanced Technology. Volume-2, Issue-4.
- Teixeira Elba C., et. al. 2011. Estimated Atmospheric Emissions From Biodiesel And Characterization Of Pollutants In The Metropolitan Area Of Porto Alegre-Rs. Anais Da Academia Brasileira De Ciências (2012) 84(3): 655-667 (Annals Of The Brazilian Academy Of Sciences). Wwww. Scielo.Br/Aabc.
- Tesfa Belachew. et. al. 2014. Emission Characteristics of a CI Engine Running with a Range of Biodiesel Feedstocks. Journal-Energies. www.mdpi.com/journal/energies.
- Wirawan S.S, and Tambunan A.H. 2006. The Current Status and Prospects of Biodiesel Development in Indonesia : a review. Third Asia Biomass Workshop, Tsukuba, Japan.