

UNJUK KERJA MESIN DIESEL DENGAN BAHAN BAKAR BIODIESEL MINYAK KELAPA

Anggit Suasono^{1,a}, Wahyudi^{1,b}, Teddy Nurcahyadi^{1,c}

¹Program Studi Teknik mesin, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

^aanggitsuasono@gmail.com

INTISARI

Biodiesel merupakan pengganti bahan bakar fosil yang berasal dari minyak nabati dan sifatnya dapat diperbaharui. Salah satu contoh bahan baku utama biodiesel adalah minyak kelapa murni yang berasal dari daging kelapa segar. Dalam penelitian ini biodiesel dari minyak kelapa murni di olah melalui proses transesterifikasi menggunakan variasi waktu pembuatan 30, 60, 90, 120 menit pada temperatur 55°C. Selanjutnya biodiesel tersebut di variasikan menjadi B5 dan B10. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik bahan bakar, performa mesin diesel, serta karakteristik injeksi nosel ketika menggunakan bahan bakar solar dengan biodiesel B5 B10.

Secara teknis hasil penelitian menunjukkan bahwa proses lamanya waktu pembuatan dan pemanasan biodiesel secara teratur, dapat memperbaiki nilai properties bahan bakar yang cenderung tinggi. Kemudian untuk hasil pengujian performa mesin diesel menunjukkan bahwa biodiesel B5 menghasilkan daya yang paling mendekati daya yang di hasilkan solar dibandingkan biodiesel B10. Sedangkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik biodiesel lebih rendah dibandingkan solar, terutama biodiesel B10 mempunyai nilai sfc yang paling rendah. Selanjutnya untuk hasil pengujian karakteristik injeksi nosel dipengaruhi oleh sifat fisik bahan bakar berupa densitas dan viskositas.

Kata Kunci: biodiesel, unjuk kerja mesin diesel, karakteristik injeksi nosel, minyak kelapa.

ABSTRAK

Biodiesel is a substitute for fossil fuels derived from vegetable oils and their properties can be renewed. One of the main raw materials of biodiesel is pure coconut oil derived from fresh coconut meat. In this study, biodiesel from pure coconut oil is processed through a transesterification process using variation of manufacture time 30, 60, 90, 120 minutes at 55 ° C. Furthermore biodiesel is varied to B5 and B10. This study aims to determine the physical properties of fuel, diesel engine performance, and the characteristics of nozzle injection when using diesel fuel with biodiesel B5 B10.

Technically, the results of the research indicate that the process of long time of manufacture and heating of biodiesel on a regular basis, can improve the value of the fuel properties that tend to be high. Then for the results of testing the performance of diesel engines showed that biodiesel B5 produces the power that is closest to the power produced diesel than biodiesel B10. While the value of biodiesel specific fuel consumption is lower than diesel, especially biodiesel B10 has the lowest sfc value. Furthermore, for the test results, the characteristics of the nozzle injection are influenced by the physical properties of the fuel in the form of density and viscosity.

Keywords: biodiesel, diesel engine performance, characteristic nozzle injection, coconut oil.

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak merupakan bahan bakar yang berasal dari fosil yang terkubur didalam tanah dalam jangka waktu yang sangat lama dan sifatnya tidak dapat diperbaharui. Kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia termasuk dalam jumlah besar, salah satunya di sektor paling kritis yaitu transportasi dan industri. Untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak disektor transportasi dan industri, Indonesia mengimpor bahan bakar minyak dari negara lain. Di sisi lain harga minyak dunia sering mengalami kondisi naik turun. Kondisi harga minyak dunia yang tidak stabil mempengaruhi kondisi perekonomian di Indonesia. Mulai dari biaya transportasi, biaya produksi dan lain-lain.

Motor diesel adalah salah satu dari beberapa jenis mesin yang sering digunakan baik untuk transportasi maupun industri. Motor diesel menggunakan solar sebagai bahan bakarnya. Namun efek yang ditimbulkan dari pemakaian solar sebagai bahan bakar motor diesel menjadi sumber pencemaran udara dan merusak lingkungan. Selain sebagai sumber pencemaran udara, asap yang ditimbulkan dari motor diesel mengandung racun yang sangat berbahaya. Untuk meminimalisir hal tersebut, perlu adanya alternatif pengganti bahan bakar minyak.

Biodiesel merupakan pengganti bahan bakar fosil yang berasal dari minyak nabati dan sifatnya dapat diperbaharui. Keunggulan dari biodiesel diantaranya adalah proses pembuatan yang mudah, ramah lingkungan, dan bisa dipakai di sebagian besar merek kendaraan saat ini. Sedangkan kelemahan biodiesel adalah viskositas yang tinggi dan nilai kalor yang relatif rendah. Beberapa contoh bahan baku biodiesel antara lain adalah kelapa, sawit, kedelai, jarak, jagung dan lain sebagainya.

Biodiesel dari buah kelapa dibuat melalui proses transesterifikasi yang menghasilkan minyak kelapa (Harsono dan Siregar, 2015). Pada pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi harus memperhatikan temperatur, waktu, bahan – bahan pencampur biodiesel, maupun hal – hal yang berkaitan dengan proses tersebut. Karena untuk menghasilkan sifat dan biodiesel yang baik sangat dipengaruhi oleh faktor – faktor di atas. Penggunaan bahan bakar biodiesel khususnya dari minyak kelapa di Indonesia masih kurang. Hal ini dikarenakan banyak orang yang belum mengetahui manfaat dan keunggulan dari bahan bakar biodiesel tersebut. Pohon kelapa tumbuh subur di Negara yang beriklim tropis. Indonesia merupakan salah satu Negara yang beriklim tropis, sehingga banyak pohon kelapa tumbuh di Indonesia baik di dataran tinggi maupun rendah. Manfaat dari pohon kelapa maupun buah kelapa sangat banyak, hampir semuanya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari.

Terutama daging buahnya tebal dan keras dengan kadar minyak yang tinggi. Daging buah kelapa dapat diolah menjadi minyak goreng, minyak kelapa murni, dan dapat diproses menjadi kopra. Sehingga potensinya sangat besar untuk dijadikan bahan bakar biodiesel yang ramah lingkungan.

Pentingnya penghematan bahan bakar minyak terhadap pemborosan energi fosil dan melindungi lingkungan hidup dari pencemaran udara, mendorong beberapa penelitian dan pengembangan dilakukan tentang pemanfaatan minyak kelapa sebagai bahan bakar biodiesel untuk pengganti bahan bakar minyak. Namun masih menemukan beberapa kendala dan kekurangan. Melihat latar belakang masalah di atas maka perlu dilakukan penelitian tentang unjuk kerja mesin diesel terhadap bahan bakar biodiesel dari minyak kelapa.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biodiesel minyak kelapa dan solar murni non subsidi. Minyak kelapa dibuat dari minyak kelapa murni yang diperoleh dari Unit Pengolahan kelapa terpadu “SUN COCO”, Jl. Tumbak Keris Km 1 Pertanahan, Kebumen. Sedangkan solar murni non subsidi diperoleh dari SPBU Pertamina 44.557.11 Jl. Bantul, Yogyakarta.

Tahapan penelitian diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan. Dalam penelitian ini biodiesel yang digunakan adalah biodiesel minyak kelapa murni dengan variasi pembuatan berdasarkan lamanya waktu pembuatan, di mulai dari 30, 60, 90, dan 120 menit pada temperatur 55°C. Selanjutnya masing – masing biodiesel tersebut dicampur solar murni menjadi B5 dan B10. Kemudian bahan bakar tersebut di uji propertiesnya atau uji sifat fisik bahan bakar yang berupa uji viskositas, densitas, flash point, dan nilai kalor.



Gambar 1. Alat uji sifat fisik bahan bakar

Pengujian kinerja mesin diesel dalam penelitian ini menggunakan mesin deisel Jiang Dong R180N dan altenator Yasui ST 3 yang telah dilengkapi dengan alat instrumentasi lain. Dalam pengujian ini variasi yang digunakan adalah dengan menggunakan bukaan throttle penuh (100%) pada mesin diesel dan menggunakan 5 buah lampu sebagai bebannya, yang masing – masing lampu memiliki beban 500 Watt.

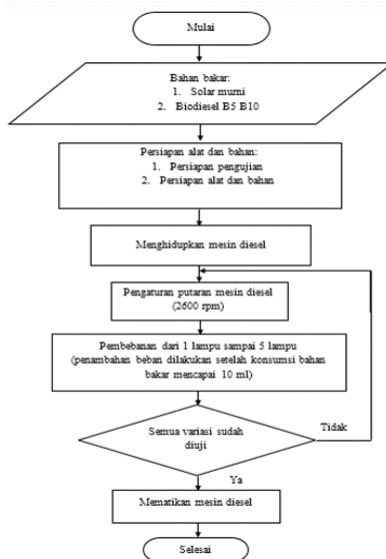


Keterangan :

1. Mesin diesel
2. Alternator/dynamo
3. Selang bahan bakar
4. Tiang penyangga
5. Tangki bahan bakar
6. Burret
7. Lampu (beban)
8. Display alat ukur

Gambar 2. Alat uji kinerja mesin diesel

Berikut merupakan diagram alir pengujian kinerja mesin diesel seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 di bawah ini.



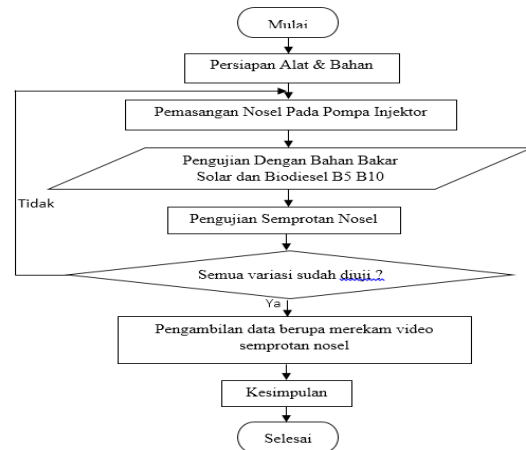
Gambar 3. Diagram alir pengujian mesin diesel

Pengujian selanjutnya yaitu, pengujian karakteristik injeksi nosel atau semprotan bahan bakar. Dalam pengujian ini alat yang digunakan berupa nosel yang sama dengan mesin diesel dan menggunakan motor listrik EFOS JY1A-4 *single phase* sebagai penggerak pompa bahan bakar.



Gambar 4. Alat uji karakteristik injeksi

Pengujian karakteristik injeksi dilakukan dengan beberapa tahapan seperti terlihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Diagram alir pengujian karakteristik injeksi nosel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dalam penelitian ini berupa hasil pengujian properties bahan bakar, karakteristik injeksi nosel, dan hasil pengujian pada mesin diesel.

Tabel 1. Pengujian properties bahan bakar

No	Jenis Sampel	Hasil Pengujian Sampel			
		Viskositas Kinematik (cSt)	Densitas (Kg/m ³)	Flash Point (°C)	Nilai kalor (Cal/gram)
1	SOLAR	3.6	826.160	60.8	10970.030
2	BP1 B5 (30)	4.2	829.960	76.1	10135.309
3	BP2 B5 (60)	4	829.254	73.7	10612.179
4	BP3 B5 (90)	3.8	829.012	72.2	10632.454
5	BP4 B5 (120)	3.6	828.242	71.7	10637.505
6	BP1 B10 (30)	4.8	834.122	90.1	10443.798
7	BP2 B10 (60)	4.6	833.464	88.1	10503.425
8	BP3 B10 (90)	4.4	832.850	85.5	10525.366
9	BP4 B10 (120)	4.2	832.292	83.5	10547.896

Keterangan:

1. BP1 B5 (30) = 95% solar dan 5% biodiesel dengan waktu pembuatan 30 menit.
2. BP2 B5 (60) = 95% solar dan 5% biodiesel dengan waktu pembuatan 60 menit.
3. BP3 B5 (90) = 95% solar dan 5% biodiesel dengan waktu pembuatan 90 menit.
4. BP4 B5 (120) = 95% solar dan 5% biodiesel dengan waktu pembuatan 120 menit.
5. BP1 B10 (30) = 90% solar dan 10% biodiesel dengan waktu pembuatan 30 menit.
6. BP2 B10 (60) = 90% solar dan 10% biodiesel dengan waktu pembuatan 60 menit.
7. BP3 B10 (90) = 90% solar dan 10% biodiesel dengan waktu pembuatan 90 menit.
8. BP4 B10 (120) = 90% solar dan 10% biodiesel dengan waktu pembuatan 120 menit.

Dari tabel 1 di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian properties atau sifat fisik bahan bakar biodiesel minyak kelapa B5 B10 mempunyai nilai properties yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan solar murni. Kecuali nilai kalor solar murni lebih tinggi dari biodiesel.

Hasil Uji Karakteristik Injeksi Nosel

Parameter yang dilakukan pada pengujian ini yaitu panjang injeksi/semprotan serta besar sudut semprotan. Panjang dan besar sudut injeksi/semprotan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Borman, 1998) :

$$\frac{L}{L_b} = 0.0349 \times \left(\frac{\rho_a}{\rho_f}\right)^{1/2} \times \left(\frac{t}{d_o}\right) \times \left(\frac{\Delta P}{\rho_f}\right)^{1/2} \dots (3.1)$$

dimana :

$$L_b = 15.8 \times d_o \times \sqrt{\frac{\rho_f}{\rho_a}} \dots (3.2)$$

Keterangan :

L : Panjang semprotan (mm)

ρ_f : Densitas bahan bakar (kg/m^3)

ρ_a : Densitas udara (kg/m^3)

ΔP : Tekanan injeksi (Pa)

d_o : Diameter lubang nosel (mm)

Sudut semprotan dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\theta = 0.05 \times \left(\frac{\Delta P \times (d_o)^2}{\rho_f \times (V_f)^2}\right)^{1/4} \dots (3.3)$$

Keterangan :

θ : Sudut semprotan ($^\circ$)

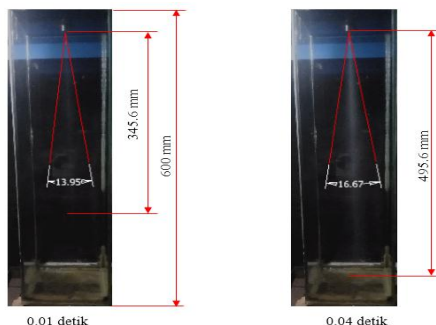
ΔP : Tekanan injeksi (Pa)

d_o : Diameter lubang nosel (mm)

ρ_f : Densitas bahan bakar (kg/m^3)

V_f : Viskositas kinematik bahan bakar (m^2/s)

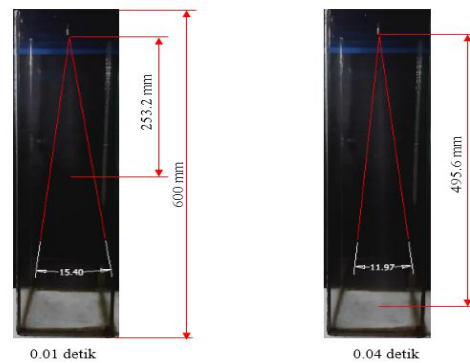
Berikut hasil uji injeksi pada bahan bakar B5 dan B10 dengan tekanan 1 atm.



Gambar 6. Semprotan bahan bakar solar murni

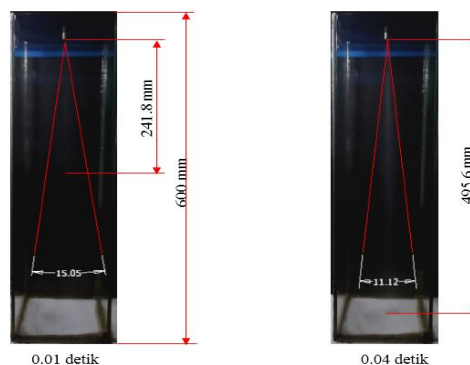
Dari gambar 6 dengan skala 1:6 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah 345.6 mm dengan sudut 13.95° . Hal ini menunjukkan bahwa bahan bakar solar memiliki sifat fisik yang ideal, salah satunya tidak memiliki

viskositas yang tinggi. Apabila suatu bahan bakar memiliki viskositas yang tinggi, maka akan berpengaruh pada hasil semprotan yang dihasilkan. Semprotan yang dihasilkan oleh bahan bakar yang memiliki viskositas yang tinggi berupa butiran – butiran yang kasar karena bahan bakar sulit untuk dikabutkan.



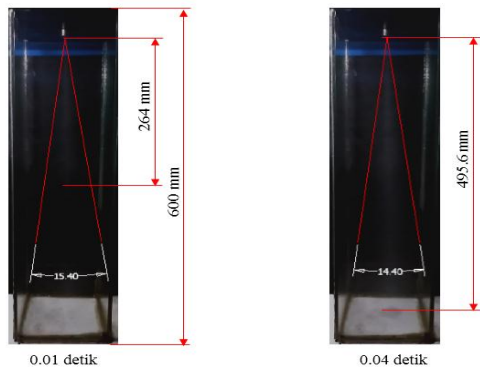
Gambar 7. Semprotan bahan bakar biodiesel BP1 B5 (30)

Dari gambar 7 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah 253.2 mm dengan sudut 15.40° . Bahan bakar biodiesel jenis BP1 B5 (30) menghasilkan panjang semprotan yang lebih pendek dan sudut yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan bakar solar.



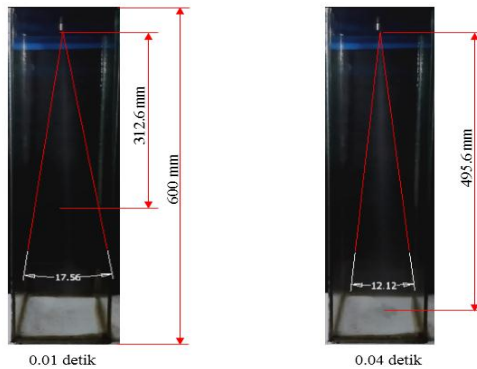
Gambar 8. Semprotan bahan bakar biodiesel BP2 B5 (60)

Dari gambar 8 dengan dengan skala 1:6 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah 241.8 mm dengan sudut 15.05° . Bahan bakar biodiesel jenis BP2 B5 (60) menghasilkan panjang semprotan yang lebih pendek dan sudut yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan bakar solar.



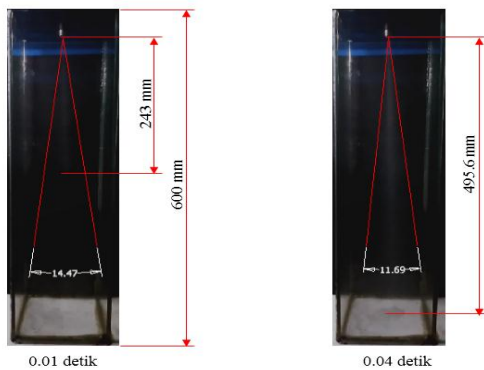
Gambar 9. Semprotan bahan bakar biodiesel BP3 B5 (90)

Dari gambar 9 dengan skala 1:6 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah 264 mm dengan sudut 15.40° . Bahan bakar biodiesel jenis BP3 B5 (90) menghasilkan panjang semprotan yang lebih pendek dan sudut yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan bakar solar.



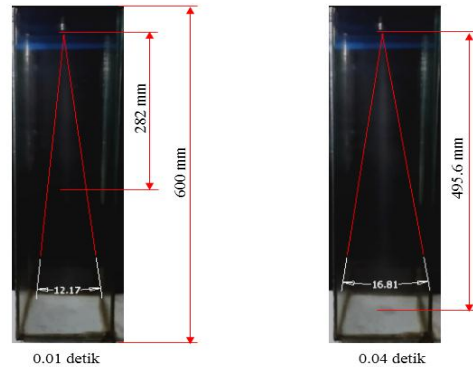
Gambar 10. Semprotan bahan bakar biodiesel BP4 B5 (120)

Dari gambar 10 dengan skala 1:6 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah 312.6 mm dengan sudut 17.56° . Bahan bakar biodiesel jenis BP4 B5 (120) menghasilkan panjang semprotan yang lebih pendek dan sudut yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan bakar solar.



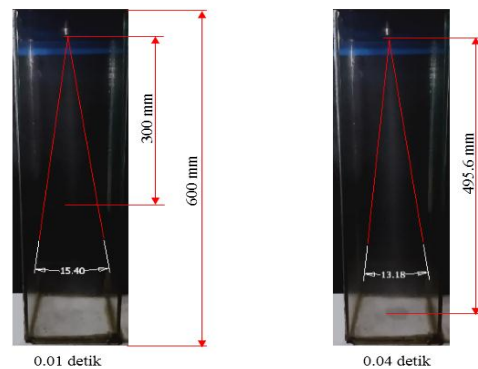
Gambar 11. Semprotan bahan bakar biodiesel BP1 B10 (30)

Dari gambar 11 dengan skala 1:6 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah sebesar 243 mm dengan sudut 14.47° . Bahan bakar biodiesel jenis BP1 B10 (30) menghasilkan panjang semprotan yang lebih pendek dan sudut yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan bakar solar.



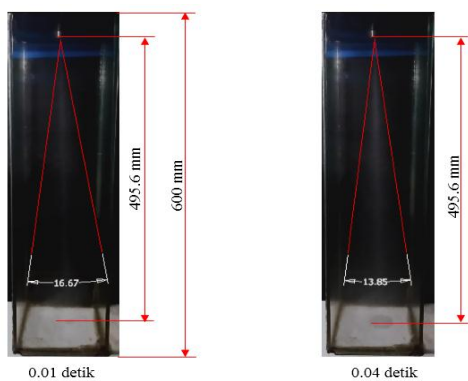
Gambar 12. Semprotan bahan bakar biodiesel BP2 B10 (60)

Dari gambar 12 dengan skala 1:6 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah 282 mm dengan sudut 12.17° . Bahan bakar biodiesel jenis BP2 B10 (60) menghasilkan panjang semprotan yang lebih pendek dan sudut yang lebih kecil jika dibandingkan dengan bahan bakar solar.



Gambar 13. Semprotan bahan bakar biodiesel BP3 B10 (90)

Dari gambar 13 dengan skala 1:6 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah 300 mm dengan sudut 15.40° . Bahan bakar biodiesel jenis BP3 B10 (90) menghasilkan panjang semprotan yang lebih pendek dan sudut yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan bakar solar.



Gambar 14. Semprotan bahan bakar biodiesel BP4 B10 (120)

Dari gambar 14 dengan skala 1:6 diketahui bahwa panjang semprotan pada detik 0.01 adalah 495.6 mm dengan sudut 16.67° . Bahan bakar biodiesel jenis BP4 B10 (120) menghasilkan panjang semprotan yang lebih panjang dan sudut yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan bakar solar.

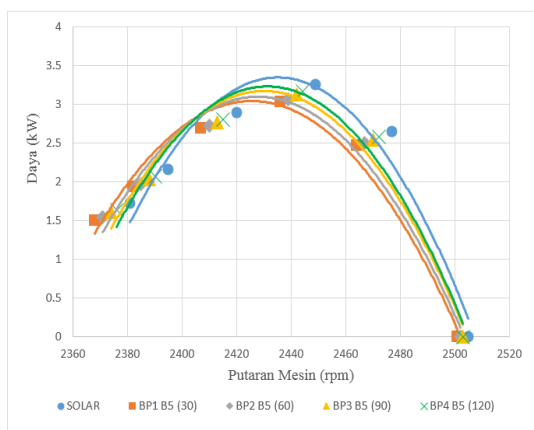
Hasil Uji Kinerja Mesin Diesel

Parameter yang diteliti yaitu daya listrik dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC). Konsumsi bahan bakar spesifik didapatkan melalui pengujian dan rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

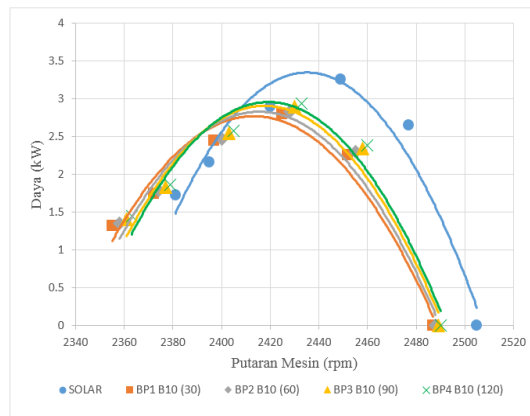
- P : Daya listrik (KW)
- V : Tegangan (Volt)
- I : Arus (Ampere)



Gambar 15. Grafik putaran mesin terhadap daya B5

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar solar menghasilkan daya listrik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel B5. Bahan bakar solar memiliki daya listrik yang paling tinggi pada

putaran mesin 2477 rpm yaitu sebesar 2.653 kW. Sedangkan untuk bahan bakar biodiesel jenis BP4 B5 (120) memiliki daya listrik yang paling tinggi pada putaran 2472 rpm yaitu sebesar 2.580 kW. Biodiesel jenis BP4 B5 (120) adalah jenis biodiesel yang paling mendekati daya listrik solar murni.



Gambar 16. Grafik putaran mesin terhadap daya B10

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar solar menghasilkan daya listrik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel B10. Bahan bakar solar memiliki daya listrik yang paling tinggi pada putaran mesin 2477 rpm yaitu sebesar 2.653 kW. Sedangkan untuk bahan bakar jenis biodiesel BP4 B10 (120) memiliki daya listrik yang paling tinggi pada putaran 2490 rpm yaitu sebesar 2.379 kW. Biodiesel jenis BP4 B10 (120) paling mendekati daya listrik solar murni apabila dibandingkan dengan jenis biodiesel yang lainnya.

Konsumsi bahan bakar spesifik didapatkan melalui pengujian dan rumus sebagai berikut :

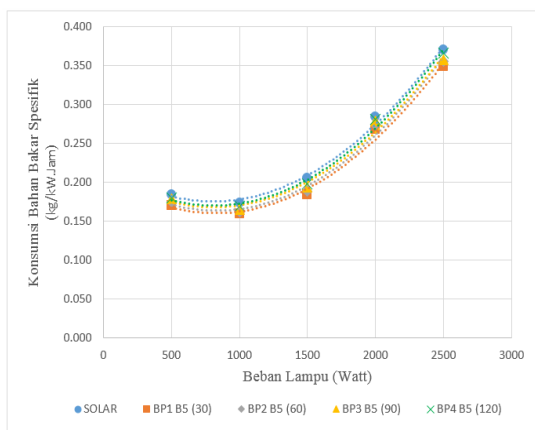
$$SFC = \frac{mf}{P} \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana :

$$mf = \frac{vf \times \rho f}{t} \times \frac{3600}{1000} \dots\dots\dots(3.6)$$

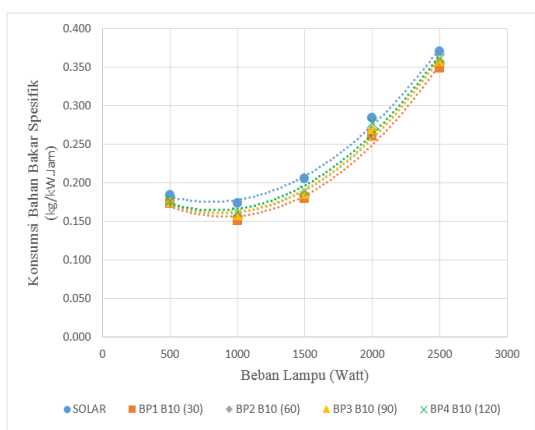
Keterangan :

- SFC : Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.jam)
- mf : Laju Aliran Bahan Bakar (kg/jam)
- Vf : Volume bahan bakar yang diuji (ml)
- ρf : Densitas bahan bakar (g/ml)
- t : Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume yang diuji (detik)
- P : Daya keluaran (Watt)



Gambar 17. Grafik konsumsi bahan bakar spesifik B5

Dari tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada bahan bakar solar murni memiliki angka yang paling tinggi di seluruh variasi pembebanan dari semua jenis bahan bakar atau merupakan yang paling boros. Hal ini terjadi karena semakin tinggi angka konsumsi bahan bakar (SFC) berarti semakin boros pemakaian bahan bakarnya dan juga sebaliknya.



Gambar 18. Grafik konsumsi bahan bakar spesifik B10

Secara keseluruhan, bahan bakar minyak solar merupakan yang terboros dari semua jenis variasi bahan bakar dan bahan bakar BP1 B10 (30) merupakan yang paling hemat dalam pemakaian bahan bakarnya, yaitu dengan nilai konsumsi bahan bakar (SFC) sebesar 0.349 kg/kW.jam pada beban maksimal.

4. KESIMPULAN

- Hasil pengujian sifat fisik bahan bakar menunjukkan bahwa biodiesel B5 dan B10 dari minyak kelapa memiliki sifat fisik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan solar murni.

- Penggunaan bahan bakar biodiesel minyak kelapa menghasilkan nilai daya tertinggi ketika menggunakan bahan bakar biodiesel BP4 B5 (120) adalah sebesar 2.580 kW pada putaran mesin 2472 rpm. Bahan bakar biodiesel tersebut merupakan jenis bahan bakar yang paling mendekati nilai daya yang dihasilkan oleh bahan bakar solar, yaitu sebesar 2.653 kW pada putaran 2477 rpm. Sedangkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) biodiesel lebih rendah jika dibandingkan dengan solar murni. Bahan bakar biodiesel yang memiliki nilai SFC terendah atau yang paling hemat dalam pemakaian bahan bakarnya adalah biodiesel BP1 B10 (30) yaitu sebesar 0.349 kg/kW.jam.
- Hasil Perbandingan uji karakteristik injeksi atau semprotan bahan bakar menunjukkan bahwa panjang semprotan dan penyebaran kabut yang dihasilkan oleh bahan bakar solar murni dan biodiesel minyak kelapa dipengaruhi oleh viskositas dan densitas bahan bakar. Bahan Bakar biodiesel jenis ke empat dengan campuran 90% solar murni dan 10% biodiesel dengan waktu pembuatan 120 menit merupakan jenis biodiesel yang menghasilkan panjang semprotan paling panjang dan mempunyai sudut yang paling besar dibandingkan dengan bahan bakar solar maupun bahan bakar biodiesel yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. 1988. *“Penggerak Mula Motor Bakar”*. Edisi Ketiga. ITB, Bandung.
- Borman, Gary L. 1998. *“Combustion Engineering”*. McGraw Hill. New York, United States of America.
- Darmanto, 2006. *“Analisa Biodiesel Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Minyak Diesel”*. UNIMUS. Semarang.
- Harsono, Soni Sisbudi dan Kiman Siregar. 2015. *“Peningkatan Kinerja Mesin Diesel dengan Produksi Biodiesel dari Kelapa (Coconut Nufera) dan Unjuk Kinerjanya Berbasis Transesterifikasi dengan Sistem Injeksi Langsung”*. Jurnal Rona Teknik Pertanian.
- Murni. 2012. *“Pengaruh Temperatur Solar Terhadap Peforma Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan”*. Semarang : D3 Teknik Sipil-UNDIP.
- Nugraha, Oky Satria dan Taharuddin. 2015. *“Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa (Coconut Oil) dengan Metanol Sebagai Pelarut dan Reaktan Menggunakan Ekstraktor-Transesterifikator”*. Jurnal Rekayasa Produk dan Proses Kimia.

- Priyanto, Dimas. 2017. *“Studi Eksperimental Pengaruh Temperatur Pemanasan Bahan Bakar Biodiesel Palm Oil (B100) Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel Sistem Injeksi Langsung Diamond Tipe Di800”*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Pertamina. 2016. *Bahan Bakar Minyak: Spesifikasi Solar/Biosolar*.
- Sari, Sri Poernomo dan Eko Pramono. 2012. *“Unjuk Motor Diesel Tipe S-1110 Dengan Bahan Biodiesel M20 Dari Minyak Jelantah Dengan Katalis 0,35% NaOH”*. Universitas Gunadarma.
- Sudarmanta, Bambang dan Djoko Sungkono. 2005. *“Transesterifikasi Crude Palm Oil dan Uji Karakteristik Semprotan Menggunakan Injektor Motor Diesel”*. ITS, Surabaya.
- Sudik. 2013. *“Perbandingan Peforma Dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Satu Silinder Dengan Variasi Tekanan Injeksi Bahan Bakar Dan Variasi Campuran Bahan Bakar Solar, Minyak Kelapa Dan Minyak Kemiri”*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Sumber: (SNI 04-7182-2006). (n.d.). *“SNI 04-7182-2006”*. Nasionanl, Badan Standarisasi.
- Turnip, Jakson. 2010. *“Pengujian dan Analisa Performasi Motor Bakar Diesel Menggunakan Biodiesel Dimethyl Ester B-01 Dan B-02”*. Universitas Sumatera Utara, Medan.