

UNJUK KERJA MESIN DIESEL DENGAN BAHAN BAKAR BIODIESEL DARI BAHAN BAKU CAMPURAN MINYAK JARAK (*JATROPHA CURCAS*) DAN MINYAK SAWIT (*CRUDE PALM OIL*)

Tomi Zulkifli^{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

tomi_zulkifli@yahoo.co.id

INTISARI

Semakin menipisnya cadangan minyak bumi yang terjadi saat ini dibarengi dengan melimpahnya ketersediaan minyak nabati maupun hewani, sehingga meningkatkan tuntutan untuk menggunakan minyak nabati sebagai pengganti sumber daya minyak bumi. Umumnya, minyak nabati dapat diperoleh dari tumbuh – tumbuhan seperti kelapa sawit, jarak, kelapa, kedelai, dan lain sebagainya. Selanjutnya minyak nabati tersebut diubah ke dalam bentuk akil ester atau yang lebih dikenal dengan biodiesel. Proses produksi biodiesel ini dilakukan dengan reaksi metanolisis yang kemudian menghasilkan asam lemak metil ester dan gliserin. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kinerja dari mesin diesel menggunakan bahan bakar biodiesel jarak dan sawit. Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian sifat fisik biodiesel, pengujian biodiesel jarak-sawit pada mesin diesel, uji karakteristik injeksi biodiesel, analisis data dan kesimpulan.

Hasil penelitian didapatkan bahwa bahan bakar biodiesel B5 dan B10 memiliki daya yang lebih rendah dari solar. Biodiesel yang memiliki daya tertinggi yaitu BJBS 55 B5 dengan daya sebesar 1.672 kW atau 2.90% dibawah daya solar pada pembebanan maksimal. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada biodiesel B5 dan B10 lebih rendah dibanding solar atau lebih hemat dalam pemakaian bahan bakarnya. Hasil uji karakteristik injeksi menunjukkan bahwa biodiesel B5 dan B10 memiliki semprotan yang lebih panjang dan sudut semprotan yang lebih kecil dibanding solar. Semprotan terpanjang dan sudut semprotan terkecil terdapat pada biodiesel BJBS 91 B10 dengan selisih 116.4 mm lebih panjang dari semprotan solar dan selisih sudut semprotan 2.15° dibawah solar pada waktu 0.01 detik.

Kata kunci : biodiesel, unjuk kerja mesin diesel, minyak jarak, minyak sawit, karakteristik injeksi

ABSTRACT

The increasing depletion of petroleum reserves is currently accompanied by an abundance of vegetable and animal oils, thereby increasing the demand for using vegetable oil instead of petroleum resources. Generally, vegetable oil can be obtained from plants such as oil palm, castor, coconut, soybean, etc. Furthermore the vegetable oil is converted into the form of ester or better known as biodiesel. Biodiesel production process is done by methanolysis reaction which then produce fatty acid methyl ester and glycerin. The purpose of this study is to know the performance of diesel engines using biodiesel fuel from castor oil and palm oil. This research begins by testing the physical properties of biodiesel, testing of biodiesel of castor-palm on diesel engines, testing of biodiesel injection characteristics, data analysis and conclusions.

The research results obtained that biodiesel fuel B5 and B10 have lower power than diesel fuel. Biodiesel that has the highest power of BJBS 55 B5 with power of 1.672 kW or 2.90% under diesel fuel power at maximum load. Specific fuel consumption on biodiesel B5 and B10 are lower than diesel fuel or more efficient in fuel consumption. Injection characteristics test result show that biodiesel B5 and B10 have longer spray and spray angle smaller than diesel fuel. The longest spray and the smallest spray angle are found in

BJBS 91 B10 with a difference of 116.4 mm longer than the spray of diesel fuel and a split-angle difference of 2.15° under diesel fuel in 0.01 seconds.

Keywords: *biodiesel, performance of diesel engine, castor oil, palm oil, injection characteristics*

1. PENDAHULUAN

Krisis energi menjadi permasalahan global yang saat ini sedang dihadapi. Sumber energi salah satunya didapat dari minyak bumi yang berasal dari fosil yang tidak terbarukan. Hal ini tentu akan menjadi masalah besar apabila digunakan secara terus – menerus tanpa dicari sumber energi alternatif lain yang terbarukan, dikarenakan semakin menipisnya ketersediaan minyak bumi dari sumber. Beberapa upaya telah dilakukan dalam pengembangan dan penelitian sumber energi alternatif, diantaranya pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi. Minyak nabati dapat digunakan secara langsung pada kendaraan bermotor komersial, namun mesin - mesin kendaraan bermotor tersebut perlu dimodifikasi terlebih dahulu. Hal ini tentu kurang ekonomis, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengubah karakteristik minyak nabati dengan mengkonversi minyak nabati ke dalam bentuk metil ester asam lemak (*FAME : Fatty Acid Methyl Esters*) atau yang lebih dikenal sebagai “biodiesel”, melalui proses transesterifikasi maupun esterifikasi (Turnip, 2010). Reaksi transesterifikasi ini akan menghasilkan metil atau etil ester, tergantung dari jenis alkohol yang direaksikan pada minyak nabati tersebut. Apabila minyak nabati direaksikan dengan metanol maka akan terbentuk metil ester, sedangkan jika direaksikan dengan etanol akan terbentuk etil ester. Metil ester atau etil ester inilah yang disebut dengan bahan bakar biodiesel dan memiliki properties mirip dengan bahan bakar fosil (Banjari, 2015).

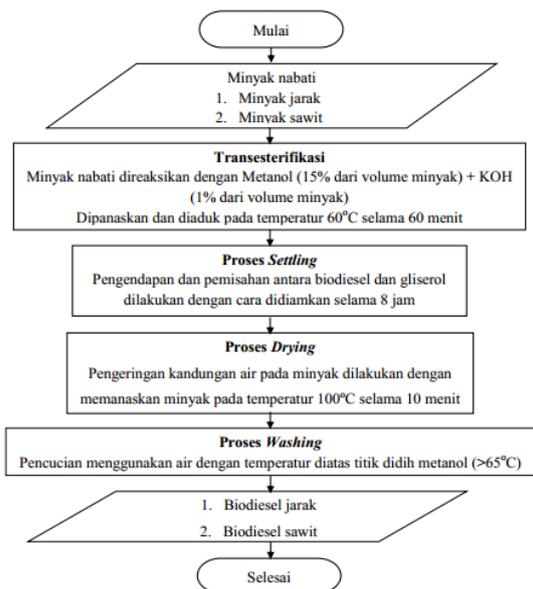
Beberapa parameter penting dari bahan bakar yang mempengaruhi hasil kinerja dari mesin yaitu : viskositas, angka setana, flashpoint, titik tuang, penguapan (*volality*), residu karbon, kadar belerang, abu dan endapan, dan sifat korosi. (Murni, 2010 di dalam Sari dan Pramono, 2012). Sebuah penelitian dari Nagar *et al.* (2015), tentang pengujian kinerja mesin diesel menggunakan bahan bakar biodiesel

jarak-sawit terhadap daya dan besar konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) serta emisi gas buang yang di hasilkan. Diperoleh hasil bahwa daya mesin dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) yang dihasilkan dipengaruhi oleh sifat fisik yang terdapat pada masing – masing bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor pada suatu bahan bakar menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut memiliki kualitas yang baik, sedangkan apabila semakin rendah nilai kalor yang ada pada suatu bahan bakar berarti dapat dikatakan bahwa bahan bakar tersebut memiliki kualitas yang rendah Tinggi atau rendahnya kualitas bahan bakar biasanya ditunjukkan dengan angka setana. yang terdapat pada bahan bakar tersebut. Sedangkan tinggi atau rendahnya konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) dipengaruhi oleh viskositas yang terdapat pada bahan bakar. Semakin tinggi viskositasnya maka akan memiliki konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) yang kecil atau lebih hemat pemakaian bahan bakarnya, dan sebaliknya.

Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Kurdi (2006) tentang uji kinerja mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel dari bahan baku jarak. Fajar *et al.* (2009) tentang kaji ekperimental pengaruh temperatur biodiesel minyak sawit terhadap performansi mesin diesel *direct injection* dengan putaran konstan. Sudarmanta dan Sungkono (2005) yang meneliti tentang transesterifikasi *crude palm oil* dan pengaruhnya terhadap karakteristik semprotan yang dihasilkan pada injektor mesin diesel.

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku yang berupa minyak jarak mentah dan minyak sawit mentah dibuat menjadi biodiesel melalui tahapan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pembuatan biodiesel

Selanjutnya biodiesel jarak dan sawit tersebut dikombinasikan menjadi variasi seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi campuran biodiesel jarak dan sawit

No	Sampel	Variasi komposisi campuran (%)	
		Biodiesel Jarak	Biodiesel Sawit
1	BJBS 91	90	10
2	BJBS 82	80	20
3	BJBS 73	70	30
4	BJBS 64	60	40
5	BJBS 55	50	50

Setelah menjadi campuran biodiesel jarak-sawit, kemudian dilakukan uji sifat fisik. Uji sifat fisik bertujuan untuk mengetahui apakah biodiesel jarak-sawit tersebut dapat diujikan secara langsung pada mesin diesel atau tidak. Hasil uji sifat fisik terlihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Sifat fisik campuran biodiesel jarak-sawit

Nama Sampel	Sifat Fisik			
	Viskositas (cSt)	Densitas (g/ml)	Flashpoint (°C)	Nilai Kalor (cal/g)
BJBS 91	18.701	0.898	192.267	8833.012
BJBS 82	15.485	0.891	193.333	8933.093
BJBS 73	13.844	0.888	182.900	9017.606
BJBS 64	11.923	0.881	190.667	9096.640
BJBS 55	10.915	0.880	160.867	9083.425

Didapatkan hasil bahwa viskositas dari biodiesel

jarak-sawit tersebut masih terlalu tinggi dan tidak dapat digunakan secara langsung pada mesin diesel, sehingga kami membuat variasi bahan bakar baru yaitu B5 dan B10.



Gambar 2. Biodiesel B5 dan B10

Variasi bahan bakar ini merupakan campuran dari biodiesel jarak – sawit dan solar dengan perbandingan pencampuran sebagai berikut :

- BJBS 91 (Biodiesel Jarak 90% - Biodiesel Sawit 10% + Solar murni)
 - BJBS 91 (5%) + Solar murni (95%) = B5
 - BJBS 91 (10%) + Solar murni (90%) = B10
- BJBS 82 (Biodiesel Jarak 80% - Biodiesel Sawit 20% + Solar murni)
 - BJBS 82 (5%) + Solar murni (95%) = B5
 - BJBS 82 (10%) + Solar murni (90%) = B10
- BJBS 73 (Biodiesel Jarak 70% - Biodiesel Sawit 30% + Solar murni)
 - BJBS 73 (5%) + Solar murni (95%) = B5
 - BJBS 73 (10%) + Solar murni (90%) = B10
- BJBS 64 (Biodiesel Jarak 60% - Biodiesel Sawit 40% + Solar murni)
 - BJBS 64 (5%) + Solar murni (95%) = B5
 - BJBS 64 (10%) + Solar murni (90%) = B10
- BJBS 55 (Biodiesel Jarak 50% - Biodiesel Sawit 50% + Solar murni)
 - BJBS 64 (5%) + Solar murni (95%) = B5
 - BJBS 64 (10%) + Solar murni (90%) = B10

Setelah melalui proses pencampuran tersebut, selanjutnya dilakukan uji sifat fisik bahan bakar. Berikut hasil uji sifat fisik dari solar murni (Tabel 3) serta biodiesel jarak-sawit yang telah diubah menjadi biodiesel B5 (Tabel 4) dan biodiesel B10 (Tabel 5).

Tabel 3. Sifat fisik solar

Nama Sampel	Sifat Fisik			
	Viskositas (cSt)	Densitas (g/ml)	Flashpoint (°C)	Nilai Kalor (cal/g)
Solar	3.631	0.826	60.766	10970.030

Tabel 4. Sifat fisik biodiesel jarak-sawit B5

Nama Sampel	Sifat Fisik			
	B5			
	Viskositas (cSt)	Densitas (g/ml)	Flashpoint (°C)	Nilai Kalor (cal/g)
BJBS 91	4.580	0.837	87.667	10779.120
BJBS 82	4.404	0.835	83.467	10801.090
BJBS 73	4.204	0.834	82.733	10770.040
BJBS 64	4.016	0.833	78.933	10765.020
BJBS 55	3.796	0.832	77.633	10774.220

Tabel 5. Sifat fisik biodiesel jarak-sawit B10

Nama Sampel	Sifat Fisik			
	B10			
	Viskositas (cSt)	Densitas (g/ml)	Flashpoint (°C)	Nilai Kalor (cal/g)
BJBS 91	4.970	0.840	90.367	10566.300
BJBS 82	4.589	0.837	85.367	10514.240
BJBS 73	4.397	0.836	83.333	10691.220
BJBS 64	4.201	0.834	80.467	10705.070
BJBS 55	3.994	0.832	79.167	10661.130

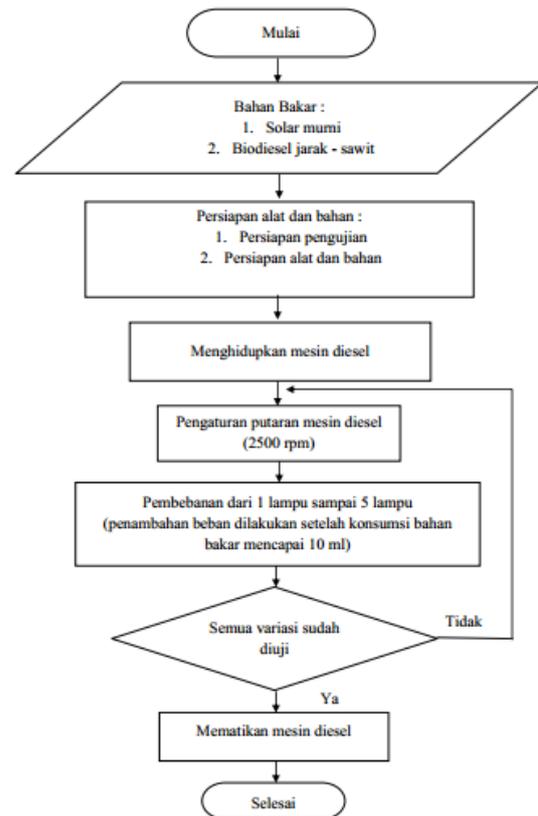
Setelah didapatkan bahwa biodiesel B5 dan B10 memiliki angka viskositas yang masuk dalam *range* mesin diesel yaitu sekitar 2-4.5 cSt (Pertamina, 2016), kemudian dilanjutkan dengan pengujian bahan bakar tersebut pada mesin diesel serta uji karakteristik injeksi. Uji kinerja dilakukan menggunakan mesin diesel Jiang Dong R180N dan alternator Yasui ST 3 yang telah dilengkapi dengan alat instrumentasi lain. Proses uji kinerja mesin dilakukan pada putaran mesin penuh.



- 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 3. Alat uji unjuk kerja mesin diesel

Pengujian unjuk kerja mesin diesel dilakukan dengan beberapa tahapan seperti terlihat pada Gambar 4.



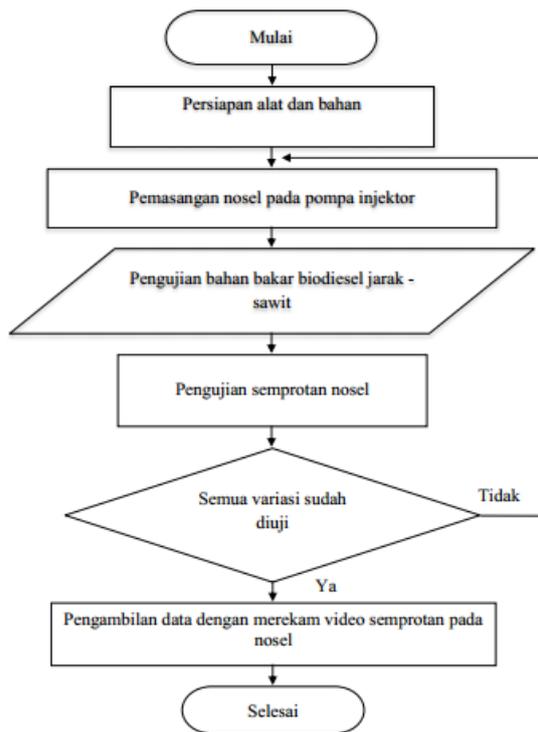
Gambar 4. Diagram alir uji unjuk kerja mesin diesel

Selain melakukan uji unjuk kerja mesin diesel, juga dilakukan uji karakteristik injeksi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh sifat fisik suatu bahan bakar terhadap karakteristik semprotan serta pengaruhnya terhadap daya dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) yang dihasilkan. Alat uji karakteristik injeksi yang digunakan yaitu menggunakan nosel yang sama dengan mesin diesel dan menggunakan motor listrik EFOS JY1A-4 *single phase* sebagai penggerak pompa bahan bakar.



Gambar 5. Alat uji karakteristik injeksi

Alur yang digunakan saat melakukan uji karakteristik injeksi seperti terlihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Diagram alir uji karakteristik injeksi

Uji sifat fisik bahan bakar dilakukan di LPPT UGM, sedangkan uji unjuk kerja mesin diesel dan karakteristik injeksi dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UMY.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini yaitu kinerja/unjuk kerja mesin diesel dan karakteristik injeksi dengan berbahan bakar biodiesel jarak-sawit.

a. Hasil uji unjuk kerja mesin diesel

Pengujian dilakukan menggunakan bahan bakar biodiesel jarak-sawit B5 dan B10 serta solar murni sebagai pembandingan. Parameter yang diteliti yaitu konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) dan daya listrik. Konsumsi bahan bakar spesifik didapatkan melalui pengujian dan rumus sebagai berikut :

$$SFC = \frac{mf}{P} \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana :

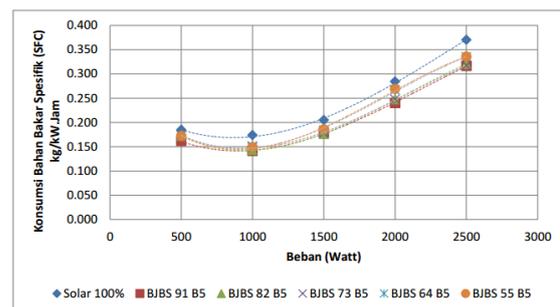
$$mf = \frac{vf \times \rho_f}{t} \times \frac{3600}{1000} \dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

SFC : Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.jam)

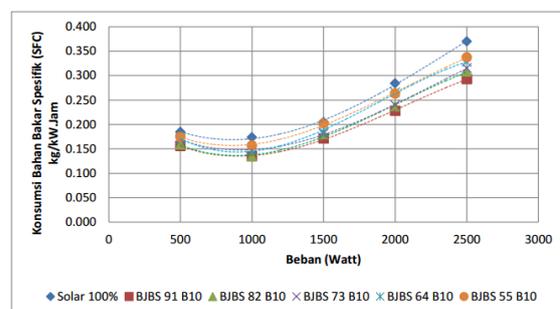
- mf : Laju Aliran Bahan Bakar (kg/jam)
- Vf : Volume bahan bakar yang diuji (ml)
- pf : Densitas bahan bakar (g/ml)
- t : Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume yang diuji (detik)
- P : Daya keluaran (Watt)

Hasil pengujian pengaruh bahan bakar biodiesel B5 terhadap SFC yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil SFC biodiesel B5

Tidak terdapat perbedaan yang signifikan SFC yang dihasilkan pada semua variasi biodiesel B5 maupun dengan solar. Akan tetapi pada variasi biodiesel B10 terlihat lebih jelas perbedaan SFC yang dihasilkan. Seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil SFC biodiesel B10

Pada biodiesel B10 SFC yang dihasilkan lebih terlihat jelas perbedaannya, dengan SFC tertinggi pada variasi BJBS 55 B10 dan terendah pada BJBS 91 B10. Akan tetapi biodiesel B5 maupun B10 masih memiliki SFC dibawah solar murni, yang berarti bahwa biodiesel B5 dan B10 lebih hemat pemakaian bahan bakarnya. Tinggi rendahnya SFC pada suatu bahan bakar tentu akan berpengaruh pula terhadap daya yang dihasilkan. Daya keluaran

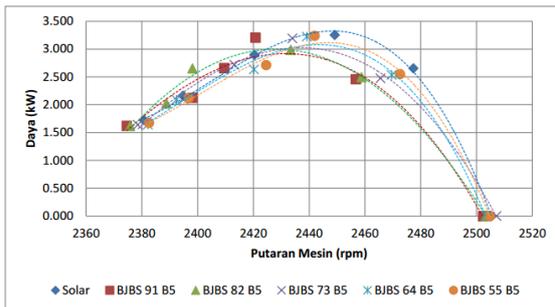
mesin diesel dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

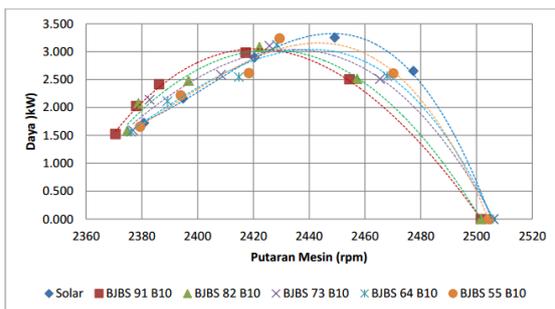
- P : Daya listrik (KW)
- V : Tegangan (Volt)
- I : Arus (Ampere)

Hasil uji pengaruh daya yang dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Hasil daya biodiesel B5

Terlihat bahan bakar biodiesel B5 memiliki daya yang hampir mendekati daya yang dihasilkan oleh solar, akan tetapi solar masih lebih tinggi dibanding semua bahan bakar biodiesel B5. Sedangkan pada biodiesel B10, daya yang dihasilkan jauh lebih rendah dibanding solar. Daya yang dihasilkan biodiesel B10 terlihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Hasil daya biodiesel B10

Daya yang dihasilkan oleh biodiesel B10 jauh lebih rendah dibanding solar bahkan lebih rendah dari biodiesel B5. Besarnya daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh sifat fisik dari masing – masing variasi bahan bakar, seperti viskositas, densitas serta nilai kalor.

Selain berpengaruh terhadap SFC dan daya,

sifat fisik suatu bahan bakar juga mempengaruhi karakteristik penginjeksian bahan bakar. 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) :

$$\frac{L}{L_b} = 0.0349 \times \left(\frac{\rho_a}{\rho_f}\right)^{1/2} \times \left(\frac{t}{d_o}\right) \times \left(\frac{\Delta P}{\rho_f}\right)^{1/2} \dots\dots(3.4)$$

dimana :

$$L_b = 15.8 \times d_o \times \sqrt{\frac{\rho_f}{\rho_a}} \dots\dots\dots(3.5)$$

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)

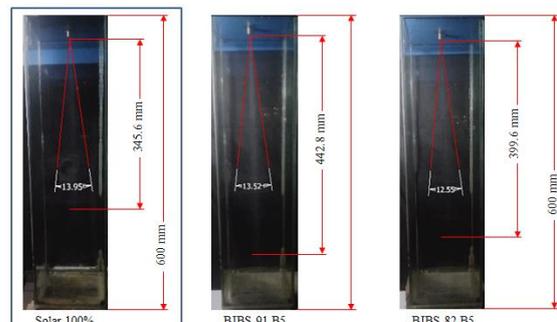
Sudut semprotan dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut :

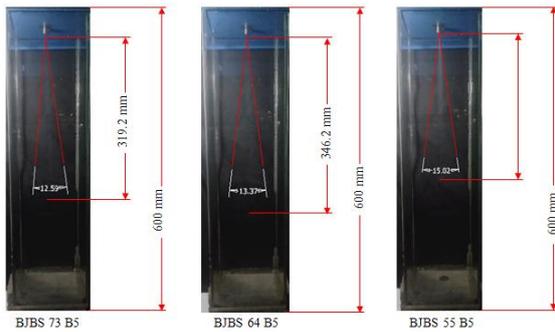
$$\theta = 0.05 \times \left(\frac{\Delta P \times (d_o)^2}{\rho_f \times (v_f)^2}\right)^{1/4} \dots\dots\dots(3.6)$$

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)

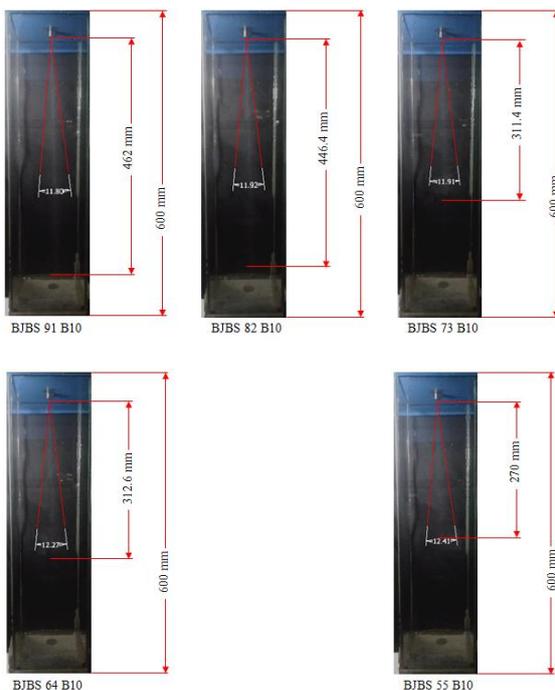
Berikut hasil uji injeksi pada bahan bakar B5 dan B10 pada waktu penginjeksian 0.01 detik.





Gambar 9. Karakteristik injeksi biodiesel B5 dan solar

Dari Gambar 9 menunjukkan panjang dan besar sudut semprotan pada bahan bakar solar murni dan biodiesel B5. Sedangkan untuk hasil karakteristik injeksi biodiesel B10 dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Karakteristik injeksi biodiesel B10

Semakin panjang atau semakin pendeknya semprotan bahan bakar dipengaruhi oleh angka densitas pada masing – masing bahan bakar. Apabila angka densitas suatu bahan bakar tinggi maka akan menyebabkan bahan bakar memiliki karakteristik semprotan yang pendek, karena bahan bakar yang memiliki nilai densitas tinggi berarti kuantitas konsentrasi zat yang dimilikinya tinggi

sehingga akan memiliki kerapatan yang tinggi pula. Tingginya kuantitas konsentrasi zat dan kerapatan yang dimiliki oleh bahan bakar akan menyebabkan bahan bakar tersebut sulit dialirkan dan menyebabkan semakin pendeknya semprotan bahan bakar. Sedangkan viskositas akan berpengaruh terhadap sudut injeksi. Jika viskositas semakin tinggi maka bahan bakar akan semakin sulit untuk dikabutkan sehingga saat bahan bakar disemprotkan atau saat proses penginjeksikan tidak akan membentuk kabutan akan tetapi berbentuk tetesan dan menyebabkan sudut semprotan yang semakin kecil.

4. KESIMPULAN

1. Pengaruh penggunaan bahan bakar campuran biodiesel jarak dan sawit variasi B5 dan B10 terhadap daya yang dihasilkan lebih rendah dibanding solar murni. Hal ini disebabkan oleh beberapa sifat fisik yang terdapat pada bahan bakar biodiesel B5 dan B10, salah satunya yaitu nilai viskositas yang lebih tinggi serta nilai kalor yang lebih rendah dibanding minyak solar. Biodiesel yang memiliki daya paling mendekati solar yaitu BJBS 55 B5 dengan daya sebesar 1.672 kW atau 2.90% di bawah solar pada pembebanan maksimal.
2. Secara keseluruhan, bahan bakar campuran biodiesel jarak dan sawit variasi B5 dan B10 memiliki angka konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) yang lebih rendah dibanding solar murni atau lebih hemat penggunaan bahan bakarnya dibanding solar murni. Biodiesel yang memiliki angka SFC tertinggi atau yang paling mendekati solar yaitu BJBS 55 B10 dengan angka SFC sebesar 0.337 kg/kW.jam atau 8.92% dibawah solar pada pembebanan maksimal, sedangkan biodiesel yang memiliki angka SFC terendah atau yang paling hemat dalam pemakaian bahan bakarnya yaitu BJBS 91 B10 dengan angka SFC sebesar 0.293 kg/kW.jam atau 20.82% dibawah solar pada beban maksimal.
3. Hasil pengujian karakteristik injeksi menunjukkan bahwa bahan bakar campuran biodiesel jarak dan sawit memiliki semprotan yang lebih panjang dan memiliki sudut yang

lebih kecil dibanding bahan bakar solar murni. Semakin panjangnya semprotan dikarenakan bahan bakar biodiesel yang memiliki densitas lebih rendah dibanding solar, sedangkan semakin kecilnya sudut semprotan disebabkan oleh viskositas pada bahan bakar biodiesel yang lebih tinggi dari solar murni. Biodiesel yang memiliki semprotan terpanjang dan sudut semprotan terkecil yaitu BJBS 91 B10 dengan panjang semprotan sebesar 462 mm memiliki sudut semprotan sebesar 11.80° pada waktu 0.01 detik.

Bahan Bakar Biodiesel M20 dari Minyak Jelantah dengan Katalis 0,35% NaOH. Universitas Gunadarma, Depok.

- Sudarmanta, Bambang dan Djoko Sungkono. 2005. *“Transesterifikasi Crude Palm Oil dan Uji Karakteristik Semprotan Menggunakan Injektor Motor Diesel”*. ITS, Surabaya.
- Turnip, Jekson. 2010. *“Pengujian dan Performansi Motor Bakar Diesel Menggunakan Biodiesel Dimethyl Ester B-01 dan B-02”*. Universitas Sumatera Utara, Medan.

Daftar Pustaka

- Banjari *et al.* 2015. *“Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar Etanol / Metanol Pada Mini Glass Tube Dan Mini Copper Tube”*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Borman, Gary L. 1998. *“Combustion Engineering”*. McGraw Hill. New York, United States of America.
- Fajar, Berkah, Toni Suryo, dan Murni. 2009. *“Kaji Eksperimental Pengaruh Temperatur Biodiesel Minyak Sawit Terhadap Performansi Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan”*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kurdi, Ojo. 2006. *“Uji Performa Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar yang Diproduksi Secara Enzimatis Pada Mesin Diesel”*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Leung, Dennis Y.C., Xuan Wu, dan M.K.H. Leung. 2009. *“A Review On Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification”*. The University of Hong Kong. Hong Kong, China.
- Nagar *et al.* 2015. *“A Comparative Experimental Study Between The Biodiesels of Jatropha and Palm Oils on Their Performance and Emissions In a Four Stroke Diesel Engine”*. Thapar University, India.
- Pertamina. 2016. *Bahan Bakar Minyak : Spesifikasi Solar/Biosolar*.
- Sari, Sri Poernomo, Eko Pramono. 2012. *“Unjuk Kerja Motor Diesel Tipe S-1110 dengan*