

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Sifat Fisik Bahan Bakar

Tahapan awal pada penelitian ini dilakukan dengan pembuatan biodiesel dari bahan baku minyak jarak dan minyak jelantah, bahan baku tersebut kemudian dibuat biodiesel melalui proses transesterifikasi. Biodiesel hasil transesterifikasi ini kemudian diuji sifat fisiknya yaitu viskositas (cSt), densitas (g/ml), flashpoint (°C), dan nilai kalor (cal/g). Hasil dari pengujian sifat fisik dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan sifat fisik biodiesel jarak – jelantah dan solar

Nama Sampel	Sifat Fisik			
	Viskositas (cSt)	Densitas (g/ml)	Flashpoint (°C)	Nilai Kalor (cal/g)
BJBJL 46	6,528897	0,850	184,5	8958,99
Solar	3,631	0,826	60,766	10970,030

Dari tabel 4.1 terlihat bahwa biodiesel jarak – jelantah memiliki nilai viskositas yang masih cukup tinggi dibanding minyak solar dengan selisih antara 2,897897 cSt, begitu juga dengan nilai flashpoint biodiesel yang masih jauh lebih tinggi dari minyak solar dengan selisih sekitar 123,734°C. Disebabkan tingginya nilai tersebut, maka biodiesel jarak – jelantah belum dapat diujikan secara langsung pada mesin diesel. Apabila dipaksakan untuk diujikan secara langsung pada mesin diesel, akan membuat mesin diesel dan komponen – komponennya bekerja lebih berat atau bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada mesin diesel tersebut.

Berdasarkan pertimbangan tersebut maka dicampurkanlah biodiesel jarak – jelantah dengan minyak solar menjadi variasi baru yaitu B5, B10, dan B15, dengan harapan nilai sifat fisiknya akan turun mendekati sifat fisik minyak solar sehingga

dapat diujikan pada mesin diesel. Hasil uji sifat fisik campuran biodiesel jarak – jelantah dengan solar variasi B5, B10, dan B15 dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan sifat fisik biodiesel variasi B5, B10, B15 dan solar

Nama Sampel	Sifat Fisik			
	Viskositas (cSt)	Densitas (g/ml)	Flashpoint (°C)	Nilai Kalor (cal/g)
B5	3,83	0,783	87,43	10669,84
B10	3,96	0,784	92,93	10810,52
B15	4,06	0,912	93,63	10655,63
Solar	3,631	0,826	60,766	10970,030

Dapat diketahui dari tabel 4.2 bahwa biodiesel yang telah dicampur dengan minyak solar memiliki nilai sifat fisik yang mendekati nilai sifat fisik minyak solar terutama pada angka viskositasnya, karena tinggi rendahnya nilai viskositas dari suatu bahan bakar sangat berpengaruh terhadap pembakaran pada ruang bakar. Toleransi angka viskositas suatu bahan bakar standar mesin diesel yaitu antara 2 cSt sampai 4,5 cSt (Pertamina, 2016).

4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Injeksi Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pengujian karakteristik injeksi ini yaitu berupa minyak solar murni dan campuran biodiesel dengan solar yang telah divariasikan menjadi variasi bahan bakar B5, B10 dan B15. Alat uji injeksi bahan bakar menggunakan nosel mesin diesel yang sama. Metode pengambilan data pada pengujian ini dilakukan menggunakan kamera untuk merekam video dari uji karakteristik injeksi, selanjutnya video tersebut diubah ke dalam bentuk format gambar.

Sifat fisik bahan bakar berupa viskositas dan densitas berpengaruh terhadap karakteristik injeksi dari suatu bahan bakar tersebut. Bahan bakar dengan nilai viskositas yang tinggi akan menghasilkan semprotan dengan sudut yang kecil,

sedangkan bahan bakar yang memiliki nilai viskositas yang rendah akan menghasilkan sudut semprotan yang lebih lebar, seperti terlihat pada persamaan berikut (Borman, 1998) :

$$\frac{L}{L_b} = 0,0349 \times \left(\frac{\rho_\alpha}{\rho_f}\right)^{1/2} \times \left(\frac{t}{d_0}\right) \times \left(\frac{\Delta p}{\rho_f}\right)^{1/2}$$

Dimana L_b dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut (Borman, 1998) :

$$L_b = 15,8 \times d_0 \times \sqrt{\frac{\rho_f}{\rho_\alpha}}$$

Dengan :

L : Panjang semprotan (mm)

ρ_f : Densitas bahan bakar (kg/m³)

ρ_α : Densitas udara (kg/m³)

Δp : Tekanan injeksi (Pa)

d_0 : Diameter lubang nosel (mm)

Sedangkan untuk mencari sudut semprotan dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut (Borman, 1998) :

$$\theta = 0,05 \times \left(\frac{\Delta P \times (d_0)^2}{\rho_f \times \nu_f}\right)^{1/4}$$

Keterangan :

θ : Sudut semprotan (°)

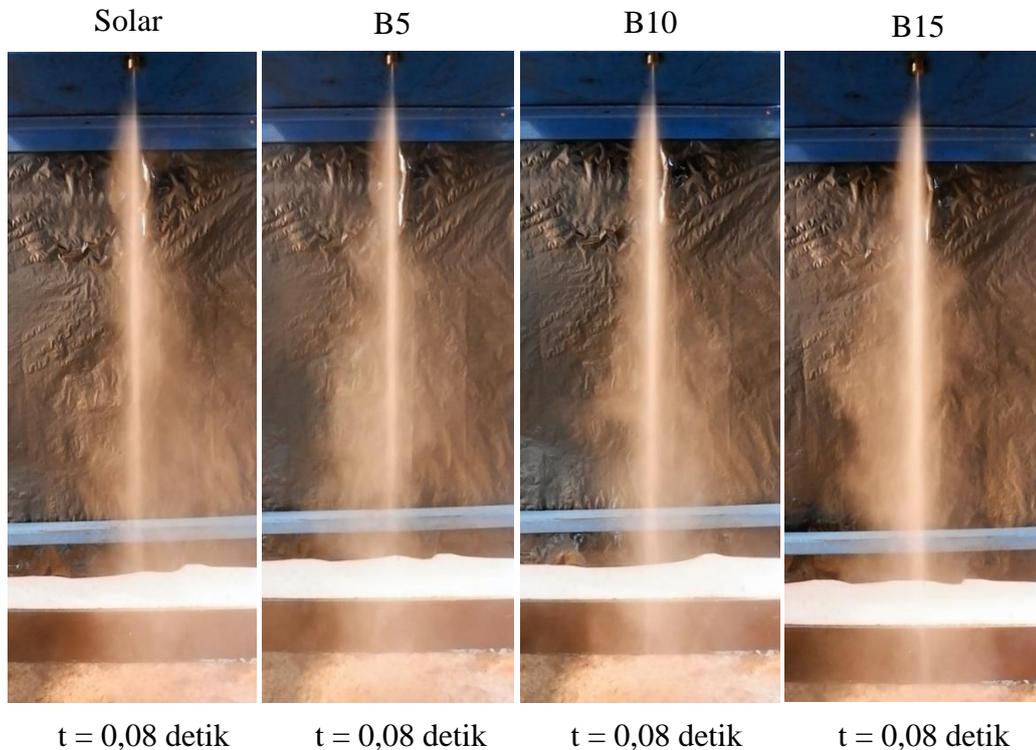
ΔP : Tekanan injeksi (Pa)

d_0 : Diameter lubang nosel (mm)

ρ_f : Densitas bahan bakar (kg/m³)

ν_f : Viskositas kinematik bahan bakar (m²/s)

4.2.1 Hasil Uji Injeksi Bahan Bakar Solar dan Biodiesel B5, B10, B15



Gambar 4.1 Semprotan bahan bakar solar pada t (detik)

Hasil pengujian dari semua variasi bahan bakar kemudian dilakukan analisis teoritis menggunakan persamaan Gary L. Borman, sehingga didapatkan hasil seperti terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan karakteristik injeksi bahan bakar solar 100%, B5, B10, B15

Sampel	Pada (t) waktu (detik)	Panjang semprotan penetrasi (mm)	Sudut semprotan penetrasi (°)
Solar 100%	0,08	594,42	10,57
B5		610,50	10,57
B10		610,17	10,48
B15		565,711	10,03

Tabel 4.3 menunjukkan secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa bahan bakar dengan nilai viskositas yang paling tinggi akan memiliki sudut semprotan terkecil dan bahan bakar dengan nilai viskositas terendah akan memiliki sudut semprotan yang lebih lebar. Hal ini disebabkan bahwa semakin tinggi viskositas maka bahan bakar akan semakin sulit untuk dikabutkan sehingga saat bahan bakar disemprotkan atau saat proses penginjeksian bahan bakar tidak akan membentuk kabutan akan tetapi berbentuk tetesan dan menyebabkan sudut penyemprotan semakin kecil. Sedangkan semakin panjang atau semakin pendeknya semprotan penetrasi bahan bakar dipengaruhi oleh angka densitas pada masing – masing bahan bakar. Apabila angka densitas suatu bahan bakar tinggi maka akan menyebabkan bahan bakar memiliki semprotan penetrasi 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 penetrasi bahan bakar.

4.3 Hasil Pengujian Kinerja Mesin Diesel

Hasil penelitian serta pembahasan kinerja mesin diesel dimulai dari proses pengambilan data dan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan meliputi data spesifikasi obyek penelitian dan hasil pengujian. Data hasil pengujian kemudian diolah dengan analisis serta perhitungan untuk mendapatkan variabel yang diinginkan setelah itu dilanjutkan dengan pembahasan. Berikut ini merupakan proses pengumpulan data, perhitungan, dan pembahasan. Pengujian kinerja mesin diesel dilakukan untuk mengetahui perbandingan performa yang dihasilkan mesin diesel menggunakan bahan bakar solar murni dengan performa mesin diesel saat menggunakan bahan bakar campuran biodiesel jarak – jelantah dengan solar dengan variasi B5, B10, dan B15.

4.3.1 Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Putaran Mesin Diesel

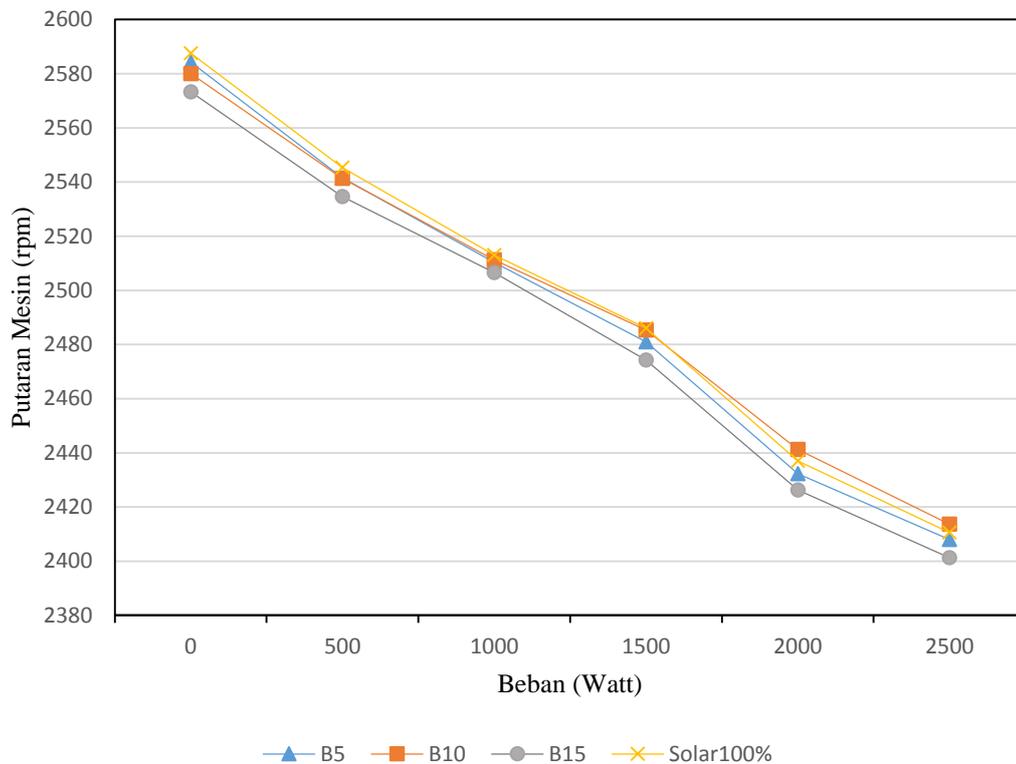
Pada pengujian ini menggunakan mesin diesel merk Jiangdong satu silinder dengan putaran maksimum sebesar 2600 rpm. Bahan bakar yang digunakan yaitu solar murni dan campuran biodiesel jarak – jelantah dengan solar variasi B5, B10, dan B15.

Untuk mengetahui kinerja mesin diesel maka dilakukan pembebanan menggunakan 5 buah lampu dengan daya masing – masing lampu sebesar 500 watt, selanjutnya lampu tersebut dinyalakan satu per satu hingga hingga kelima lampu tersebut menyala. Selain dengan variasi pembebanan lampu dan variasi pada bahan bakarnya, pengujian ini dilakukan pada bukaan throttle 100% atau dalam kondisi throttle terbuka penuh.

Berikut ini merupakan tabel data pengujian kinerja mesin diesel menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel jarak – jelantah B5, B10, dan B15 dengan bukaan throttle 100% (bukkaan throttle penuh) :

Tabel 4.4 Perbandingan pembebanan lampu terhadap putaran mesin dengan bahan bakar solar dan biodiesel B5, B10, dan B15

Bukaan Throttle	Beban (Watt)	Putaran mesin (rpm)			
		B5	B10	B15	Solar 100%
100%	0	2584,3	2580	2573,3	2587,6
	500	2541,6	2541,3	2534,6	2545,3
	1000	2510,3	2511,3	2506,6	2513
	1500	2481	2485,3	2474,3	2486
	2000	2432,3	2441,3	2426,3	2437
	2500	2408	2413,6	2401,3	2410,6



Gambar 4.2 Perbandingan putaran mesin dengan bahan bakar solar dan biodiesel B5, B10, B15 terhadap beban lampu pada bukaan throttle 100%

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa terjadi penurunan putaran mesin yang mendekati konstan di semua jenis bahan bakar sesuai dengan beban yang diberikan, apabila mesin diesel diberi pembebanan yang besar maka akan terjadi penurunan putaran mesin yang besar dan sebaliknya. Pada pembebanan 0 sampai dengan 1500 watt, putaran mesin diesel dengan bahan bakar solar murni memiliki putaran mesin paling tinggi yaitu 2486 rpm dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel variasi B5, B10 maupun B15. Akan tetapi pada pembebanan maksimum atau pada beban 2500 watt, putaran mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel variasi B10 menjadi yang tertinggi dengan putaran mesin sebesar 2413,6 rpm. Sedangkan variasi bahan bakar biodiesel B15 memiliki putaran mesin terendah dari semua jenis variasi bahan bakar pada pembebanan maksimum yaitu 2401,3 rpm

Tinggi rendahnya suatu putaran mesin ini dipengaruhi oleh nilai sifat fisik dari masing – masing bahan bakar tersebut, terutama angka viskositas dan nilai

kalor yang terkandung di dalamnya. Akan tetapi pada bahan bakar biodiesel variasi B5 dan B10 ini nilai sifat fisiknya tidak begitu mempengaruhi sifat fisik dari minyak solar ketika pencampuran biodiesel dengan solar. Penyebab dari tidak begitu berpengaruhnya nilai sifat fisik biodiesel terhadap solar tersebut karena pada bahan bakar variasi B5 maupun B10 memiliki komposisi 5% dan 10% biodiesel berbanding 95% dan 90% solar murni. Sehingga ketika biodiesel variasi B5 maupun B10 diujikan pada mesin diesel maka putaran mesin yang dihasilkan tidak begitu signifikan perbedaannya dibanding putaran mesin yang dihasilkan ketika menggunakan minyak solar.

4.3.2 Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel

Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin diesel Jiangdong silinder tunggal dengan kondisi mesin standar tanpa perubahan apapun pada bagian mesin. Bahan bakar yang digunakan pada pengujian ini yaitu minyak solar murni dan campuran biodiesel dengan solar yang telah divariasikan menjadi biodiesel variasi B5, B10, dan B15.

Pengambilan data konsumsi bahan bakar spesifik dilakukan dengan cara menghitung waktu konsumsi per 10 ml bahan bakar menggunakan tangki bahan bakar mini dan buret.

4.3.2.1 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

$$SFC = \frac{mf}{P}$$

dimana :

$$mf = \frac{V_f \times \rho_f}{t_f} \times 3600$$

Keterangan :

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

mf : Laju Aliran Bahan Bakar (kg/jam)

Vf : Volume Bahan Bakar yang Diuji (ml)

ρ_f : Densitas Bahan Bakar (g/ml)

t_f : Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume yang diuji (detik)

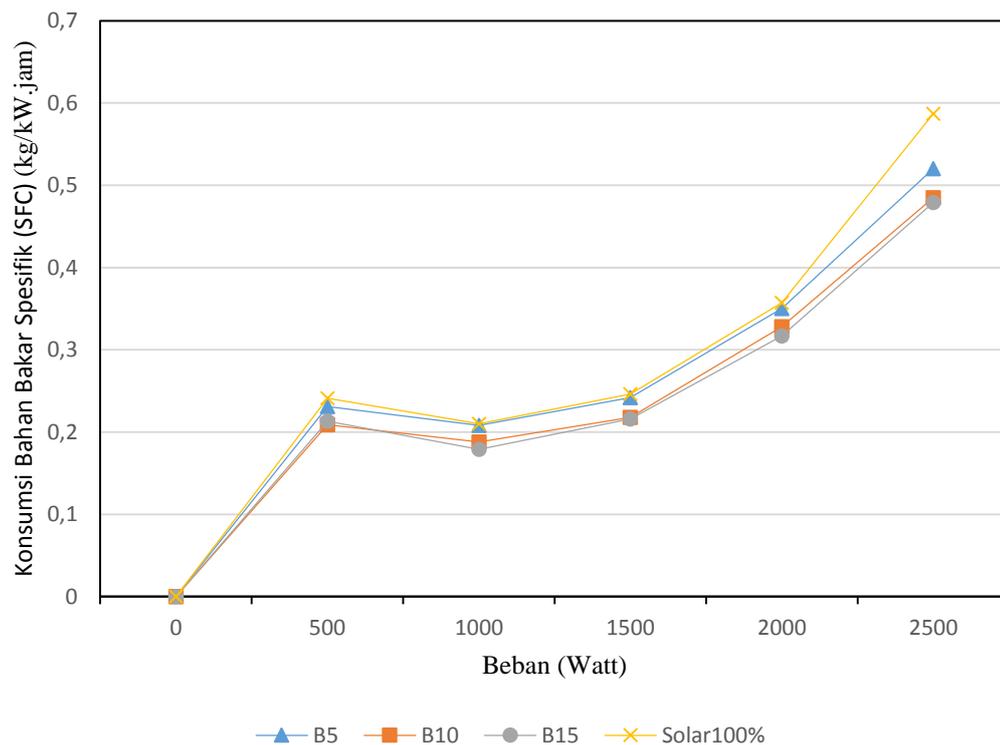
P : Daya keluaran (Watt)

4.3.2.2 Hasil Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Pada pengujian ini digunakan bahan bakar solar murni dan campuran biodiesel dengan solar yang telah divariasikan menjadi biodiesel variasi B5, B10, dan B15. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan besar konsumsi masing – masing bahan bakar pada mesin diesel. Perhitungan konsumsi bahan bakar dilakukan menggunakan tangki bahan bakar mini dan buret guna mempermudah proses perhitungan konsumsi bahan bakar tersebut.

Tabel 4.5 Perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel variasi B5, B10, dan B15

Bukaan Throttle	Beban (Watt)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.jam)			
		B5	B10	B15	Solar 100%
100%	0	0	0	0	0
	500	0,231	0,209	0,213	0,241
	1000	0,208	0,188	0,179	0,210
	1500	0,242	0,218	0,216	0,246
	2000	0,350	0,328	0,317	0,357
	2500	0,520	0,485	0,479	0,587



Gambar 4.3 Perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel variasi B5, B10, B15 terhadap beban lampu pada putaran mesin maksimal

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) saat menggunakan bahan bakar solar murni secara keseluruhan memiliki angka yang paling tinggi pada seluruh variasi pembebanan dari semua jenis bahan bakar atau merupakan yang paling boros. Karena semakin tinggi angka SFC berarti semakin banyak pula bahan bakar yang dikonsumsi dan juga sebaliknya.

Nilai dari sifat fisik suatu bahan bakar sangat berpengaruh terhadap angka SFC yang dihasilkan. Angka sifat fisik yang berpengaruh terhadap SFC antara lain viskositas, densitas, dan nilai kalor. Bahan bakar dengan nilai viskositas dan densitas yang tinggi akan mengakibatkan bahan bakar sulit dialirkan maupun diinjeksikan sehingga suplai bahan bakar ke ruang bakar menjadi sedikit, serta semakin rendahnya nilai kalor suatu bahan bakar maka energi yang terkandung di dalam bahan bakar tersebut juga semakin kecil, sehingga pada saat terjadi pembakaran pada ruang bakar maka energi yang dihasilkan dari bahan bakar tersebut juga semakin kecil dan mengakibatkan turunnya daya yang dihasilkan oleh mesin. Suplai bahan bakar yang sedikit ke dalam ruang bakar berarti sedikit pula bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin pada saat pembakaran di ruang bakar sehingga SFC menjadi kecil. Jadi semakin kecil angka SFC maka daya yang dihasilkan juga akan semakin menurun.

Hasil ini sesuai dengan pengujian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Nagar dkk. (2015), bahwa nilai konsumsi bahan bakar spesifik akan menurun seiring bertambahnya jumlah perbandingan biodiesel yang dicampurkan dengan solar. Diketahui dari penelitian tersebut bahwa nilai konsumsi bahan bakar spesifik, bahan bakar biodiesel jarak-sawit 20% (JPB20) lebih rendah 9,30% dari bahan bakar solar murni (D100) dengan beban 75% dari beban total. Sedangkan pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa bahan bakar biodiesel jarak-jelantah variasi B5, B10, dan B15 memiliki nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) yang lebih rendah dibandingkan dengan solar murni. Selisih terbesar terdapat pada variasi bahan bakar biodiesel B15 dengan memiliki nilai SFC lebih rendah 18,40% dari bahan bakar solar pada pembebanan maksimal (2500 watt).

Dapat ditarik kesimpulan bahwa, bahan bakar solar merupakan yang terboros dari semua jenis variasi bahan bakar dengan angka SFC sebesar 0,587 kg/kW.jam dan B15 merupakan variasi bahan bakar yang paling hemat pemakaian bahan bakarnya yaitu dengan angka SFC sebesar 0,479 kg/kW.jam pada pembebanan maksimal.

4.3.3 Hasil Pengujian Daya Listrik Pada Mesin Diesel

Pada pengujian ini daya listrik dihasilkan dari gerak putar mesin diesel, kemudian putaran tersebut diteruskan ke alternator/dynamo melalui v-belt, sehingga alternator dapat menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan kemudian diteruskan untuk menyalakan lampu (beban). Pengambilan data pada pengujian ini berupa pencatatan arus dan tegangan pada alternator.

4.3.3.1 Perhitungan Daya Listrik

$$P = V \times I$$

Dimana :

P : Daya listrik (KW)

V : Tegangan (Volt)

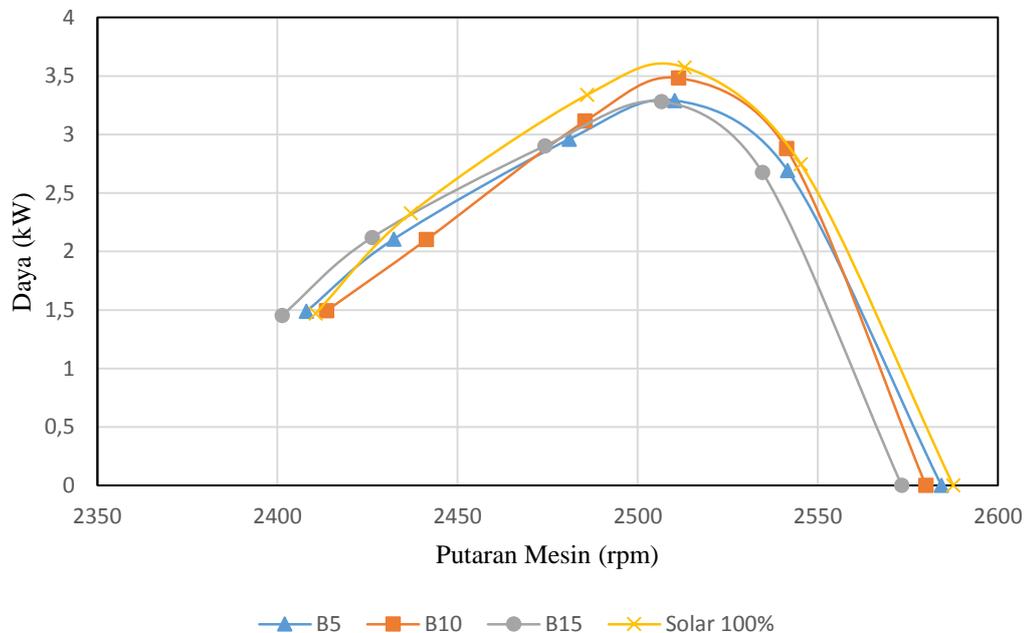
I : Arus (Ampere)

4.3.3.2 Hasil Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Daya Listrik

Sama pada pengujian sebelumnya, pada pengujian ini variasi bahan bakar yang digunakan yaitu minyak solar murni dan campuran biodiesel jarak-jelantah dengan solar yang telah divariasikan menjadi variasi biodiesel B5, B10,dan B15. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan besar daya yang dihasilkan masing – masing bahan bakar pada mesin diesel. Pengambilan data daya listrik yang dihasilkan dilakukan menggunakan alat ukur ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus dan voltmeter untuk mengukur tegangan atau voltase pada alternator.

Tabel 4.6 Perbandingan putaran mesin dengan daya listrik mesin diesel menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel variasi B5, B10, dan B15

Bukaan Throttle	Beban (Watt)	Putaran mesin (rpm)				
		B5	B10	B15	Solar 100%	
100%	0	2584,3	2580	2573,3	2587,6	
	500	2541,6	2541,3	2534,6	2545,3	
	1000	2510,3	2511,3	2506,6	2513	
	1500	2481	2485,3	2474,3	2486	
	2000	2432,3	2441,3	2426,3	2437	
	2500	2408	2413,6	2401,3	2410,6	
			Daya (kW)			
			B5	B10	B15	Solar 100%
		0	0	0	0	0
		500	2,692	2,879	2,676	2,747
		1000	3,290	3,483	3,280	3,574
		1500	2,959	3,113	2,902	3,338
		2000	2,105	2,101	2,119	2,325
		2500	1,487	1,493	1,453	1,470



Gambar 4.4 Perbandingan putaran mesin terhadap daya yang dihasilkan dengan bahan bakar solar dan biodiesel variasi B5, B10, B15

Dapat diketahui dari gambar 4.4 bahwa secara keseluruhan bahan bakar solar menghasilkan daya yang paling tinggi dibanding bahan bakar lainnya. Daya tertinggi yang dihasilkan solar yaitu sebesar 3,574 kW dengan putaran mesin 2513 rpm pada pembebanan 1000watt. Akan tetapi pada pembebanan maksimum atau pada beban 2500watt, bahan bakar variasi B10 mampu menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 1,493 kW pada putaran mesin 2413,6 rpm. Sedangkan daya terendah dihasilkan bahan bakar B15 yaitu sebesar 1,453 kW dengan putaran mesin 2401,3 rpm.

Perbedaan daya yang dihasilkan oleh masing – masing bahan bakar dipengaruhi oleh nilai sifat fisiknya terutama nilai kalor yang terdapat pada masing – masing bahan bakar tersebut. Bahan bakar dengan nilai kalor yang tinggi berarti memiliki kandungan energi yang tinggi pula. Tingginya kandungan energi yang terdapat pada suatu bahan bakar maka berpengaruh pada proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar. Semakin tinggi kandungan energi maka pembakaran di dalam ruang bakar juga semakin sempurna dan efisien, sehingga akan menghasilkan daya *output* yang tinggi. Akan tetapi pada bahan bakar variasi B10 terjadi penurunan atau kenaikan daya dibanding dengan solar tetapi tidak begitu signifikan, hal ini dikarenakan bahan bakar B10 memiliki campuran komposisi 10% biodiesel berbanding 90% solar, sehingga nilai sifat fisik dari biodiesel B10 pada campuran tersebut tidak terlalu mempengaruhi nilai sifat fisik solar.