

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 jagung, bahan baku tersebut kemudian dibuat biodiesel melalui proses transesterifikasi. Biodiesel hasil transesterifikasi ini kemudian diuji sifat fisiknya yaitu viskositas (cSt), densitas (g/ml), flashpoint ($^{\circ}\text{C}$), dan nilai kalor (cal/g). Hasil dari pengujian sifat fisik dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan sifat fisik biodiesel jarak – jagung dan solar

Nama Sampel	Sifat Fisik			
	Viskositas (cSt)	Densitas (g/ml)	Flashpoint ($^{\circ}\text{C}$)	Nilai Kalor (cal/g)
BJBJG 73	11,7	0,889	198,3	9048,46
Solar	3,631	0,826	60,766	10970,030

Dari tabel 4.1 terlihat bahwa biodiesel jarak – jagung memiliki nilai viskositas yang masih cukup tinggi dibanding minyak solar dengan selisih antara 8,069 cSt, begitu juga dengan nilai flashpoint biodiesel yang masih jauh lebih tinggi dari minyak solar dengan selisih sekitar $137,534^{\circ}\text{C}$. Disebabkan tingginya nilai tersebut, maka biodiesel jarak – jagung 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 – jagung 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 – jagung 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	3,85	0,789	67,64	10843,25
B10	3,98	0,793	74,52	10657,90
B15	4,21	0,837	81,40	10551,38
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/m^3)
- ρ_α : Densitas udara (kg/m^3)
- Δp : Tekanan injeksi (Pa)
- d_0 : Diameter lubang nosel (mm)

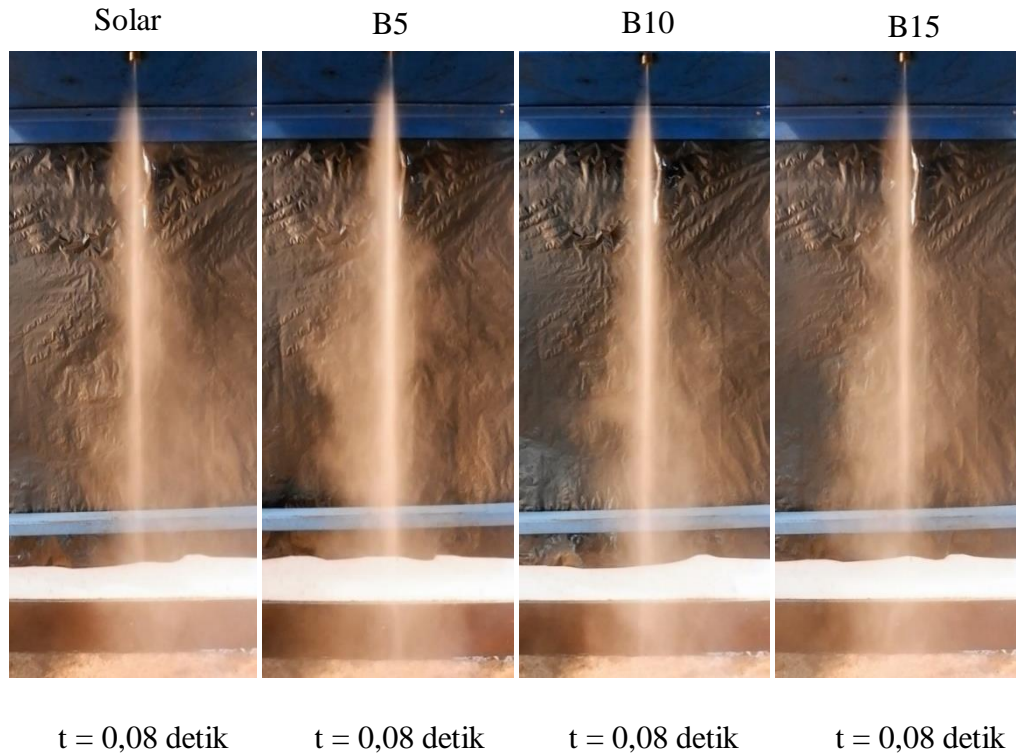
Sedangkan untuk mencari sudut semprotan dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut (Borman, 1998) :

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

Keterangan :

- θ : Sudut semprotan ($^\circ$)
- ΔP : Tekanan injeksi (Pa)
- d_0 : Diameter lubang nosel (mm)
- ρ_f : Densitas bahan bakar (kg/m^3)
- ν_f : Viskositas kinematik bahan bakar (m^2/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)	Panjang semprotan asli (mm)	Sudut semprotan penetrasi (°)
Solar 100%	0,08	594,42	590	10,57
B5		608,24	620	10,54
B10		606,71	615	10,44
B15		590,54	600	10,15

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 – jagung dengan solar dengan variasi B5, B10, dan B15.

4.3.1 Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Putaran Mesin Diesel

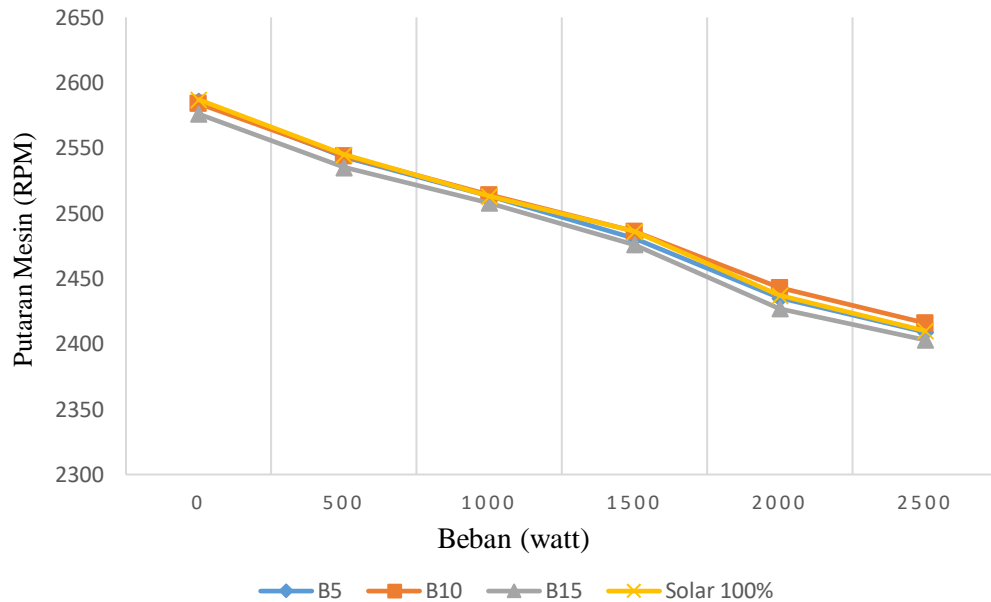
Pada pengujian ini menggunakan mesin diesel merk Jiangdong satu silinder dengan putaran maksimum sebesar 2600 rpm. Bahan bakar yang digunakan yaitu solar murni dan campuran biodiesel jarak – jagung dengan solar variasi B5, B10, dan B15.

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 – jagung B5, B10, dan B15 dengan bukaan throttle 100% (bukaa 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	2586	2584	2576	2587
	500	2543	2544	2535	2545
	1000	2510	2512	2508	2513
	1500	2481	2486	2476	2486
	2000	2435	2443	2427	2437
	2500	2409	2416	2403	2410



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 2416 rpm. Sedangkan variasi bahan bakar biodiesel B15 memiliki putaran mesin terendah dari semua jenis variasi bahan bakar pada pembebanan maksimum yaitu 2403 rpm

Tinggi rendahnya 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

Perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik dapat diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut :

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

dimana :

$$mf = \frac{V_f \times \rho_f}{t_f} \times \frac{3600}{1000}$$

Keterangan :

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

m_f : Laju Aliran Bahan Bakar (kg/jam)

V_f : 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)

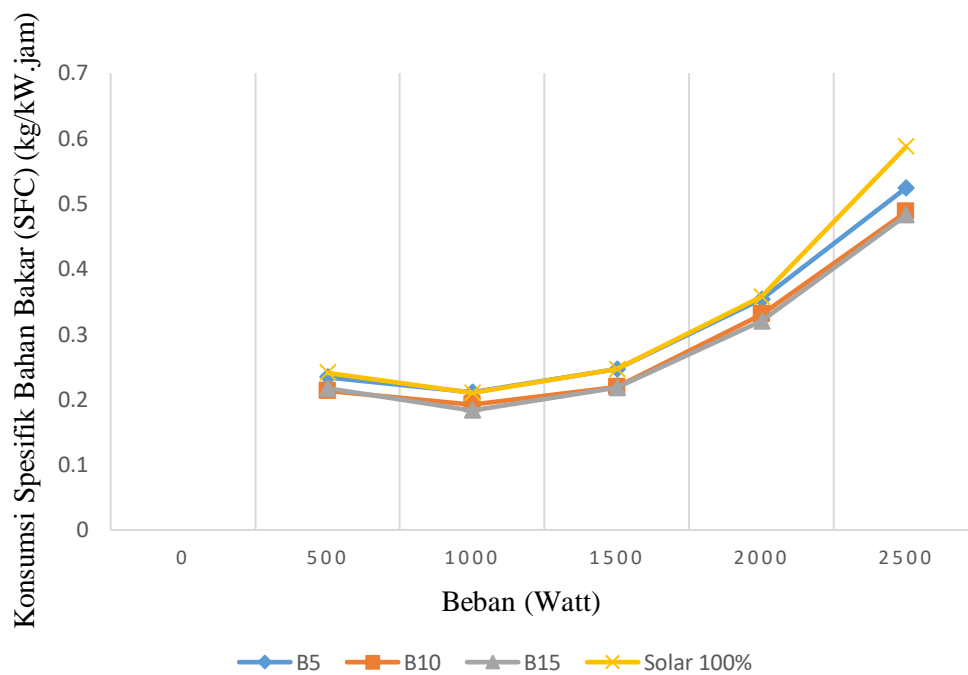
P : Daya keluaran (Watt)

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 burret 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	0,234	0,213	0,217	0,241
	1000	0,211	0,192	0,183	0,210
	1500	0,246	0,219	0,218	0,246
	2000	0,353	0,330	0,320	0,357
	2500	0,524	0,487	0,480	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 tinggi.

Pada beban 1000 Watt terjadi penurunan SFC dibanding pada beban 500 watt ini dikarenakan pada beban 500 Watt bahan bakar belum mencapai suhu ideal. Pendapat ini juga sesuai dengan pengujian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Mohc Murni (2012) bahwa viskositas bahan bakar solar akan menurun dengan meningkatnya temperatur bahan bakar tersebut. Setelah dilakukan pemanasan bahan bakar solar sebelum pompa nosel ternyata akan mempengaruhi konsumsi bahan bakar, efisiensi dan SFC mesin diesel. Temperatur yang ideal untuk mesin diesel *dong feng* 1 silinder *direct injektion* putaran konstan yang menggunakan bahan bakar solar adalah pada temperatur 60 °C. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa, bahan bakar solar merupakan yang terboros dari jenis variasi bahan bakar dengan angkar SFC sebesar 0,587 kg/kW.jam dan B15 merupakan variasi bahan

bakar yang paling hemat pemakaian bahan bakarnya yaitu dengan angka SFC sebesar 0,480 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 *altenator/dynamo* melalui *v-belt*, sehingga altenator dapat menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan kemudian diteruskan untuk menyalakan lampu (beban). Pengambilan data pada pengujian ini berupa pencatatan arus dan tegangan pada altenator.

4.3.3.1 Perhitungan Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Daya listrik dilambangkan dengan huruf P dalam persamaan listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu. Perhitungan daya listrik dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Dimana :

P : Daya listrik (KW)

V : Tegangan (Volt)

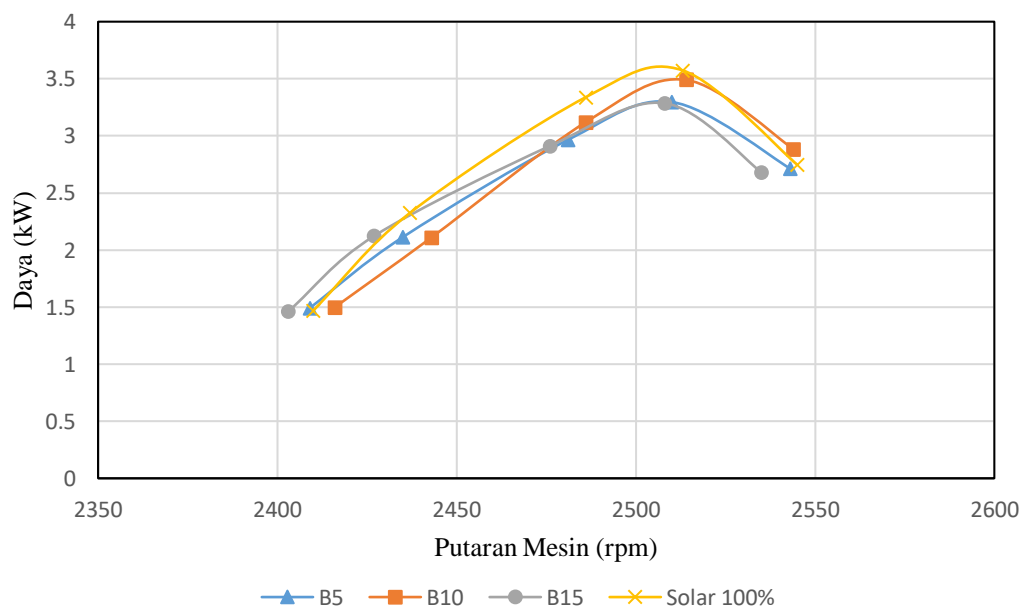
I : Arus (Ampere)

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-jagung 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 altenator.

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	2586	2584	2576	2587
	500	2543	2544	2535	2545
	1000	2510	2512	2508	2513
	1500	2481	2486	2476	2486
	2000	2435	2443	2427	2437
	2500	2409	2416	2403	2410
	Beban (Watt)	Daya (kW)			
		B5	B10	B15	Solar 100%
	500	2,715	2,883	2,681	2,747
	1000	3,296	3,490	3,286	3,574
	1500	2,964	3,119	2,911	3,338
	2000	2,113	2,110	2,123	2,325
2500	1,491	1,498	1,461	1,470	



Gambar 4.4 Perbandingan putaran mesin dengan daya listrik mesin diesel menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel variasi B5, B10, dan 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 1,498 kW pada putaran mesin 2416 rpm. Sedangkan daya terendah dihasilkan bahan bakar B15 yaitu sebesar 1,461 kW dengan putaran mesin 2403 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.

