

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Sifat Fisik Bahan Bakar

Tahap awal pada penelitian melakukan pembuatan biodiesel dari bahan baku minyak jarak dan minyak goreng bekas, bahan baku tersebut diubah menjadi biodiesel dengan melakukan proses transesterifikasi. Biodiesel yang telah melalui proses transesterifikasi kemudian diuji sifat fisiknya yang meliputi densitas (kg/m^3), viskositas (cSt), flash point ($^{\circ}\text{C}$), dan nilai kalor (cal/g). Hasil uji dari sifat fisik biodiesel campuran minyak jarak – minyak goreng bekas dengan perbandingan 3:2 dan solar murni dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Perbandingan sifat fisik solar dan biodiesel jarak-minyak goreng bekas 3:2

Nama sampel	Sifat Fisik			
	Viskositas (cSt)	Densitas (kg/m^3)	Flash Point ($^{\circ}\text{C}$)	Nilai Kalor (cal/g)
BJBMGB 32	17,957	879,874	208,666	9109,48105
Solar	3,421	818,393	102,533	1054,51475

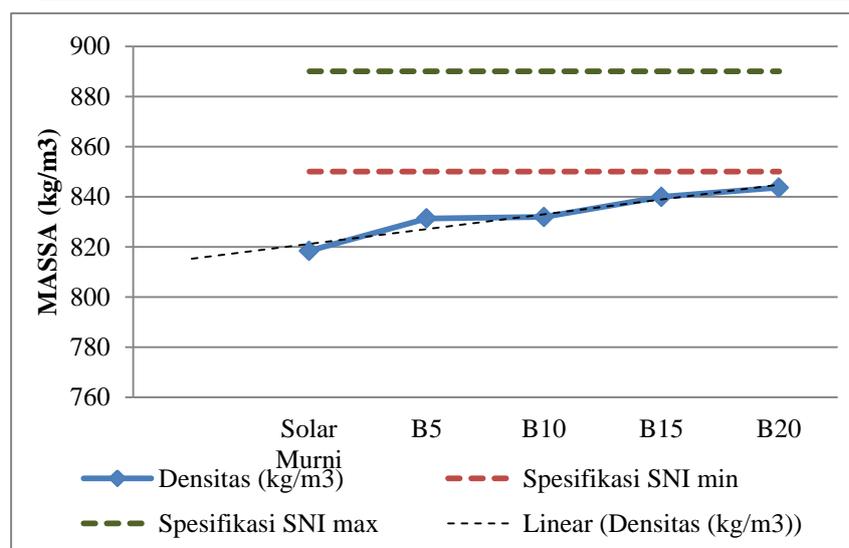
Pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa biodiesel campuran minyak jarak – minyak goreng bekas 3:2 masih memiliki nilai viskositas yang cukup tinggi dibandingkan dengan solar murni dengan selisih 14,536 cSt, begitu juga dengan nilai *flash point* pada biodiesel juga lebih tinggi dari minyak solar murni dengan selisih 106,133 $^{\circ}\text{C}$. Tingginya angka viskositas dan *flash point* pada biodiesel, maka biodiesel campuran minyak jarak – minyak goreng bekas 3:2 tersebut tidak bisa diujikan secara langsung pada mesin diesel. Apabila biodiesel campuran tersebut diujikan pada mesin diesel secara langsung komponen-komponen yang

ada pada mesin diesel tersebut akan bekerja lebih berat bahkan mesin diesel dapat mengalami kerusakan.

Berdasarkan alasan tersebut maka dilakukan pencampuran biodiesel minyak jarak – minyak goreng bekas dengan variasi B5, B10, B15, dan B20 dengan harapan dapat mendapatkan nilai sifat fisik yang lebih baik mendekati sifat fisik minyak solar murni sehingga dapat diujikan pada mesin diesel. Hasil uji sifat fisik dari campuran biodiesel campuran minyak jarak – minyak goreng bekas dengan solar variasi B5, B10, B15, dan B20 dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Perbandingan sifat fisik densitas biodiesel variasi B5, B10, B15, B20, dan solar murni

Nama sampel	Densitas (kg/m ³)	Spesifikasi biodiesel SNI minimal (kg/m ³)	Spesifikasi biodiesel SNI maksimal (kg/m ³)
Solar Murni	818,393	-	-
B5	831,305	850	890
B10	831,923	850	890
B15	839,924	850	890
B20	843,637	850	890

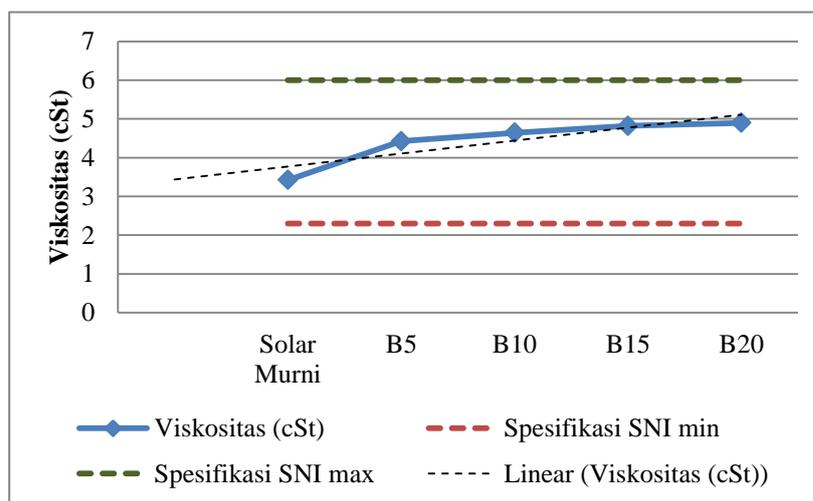


Gambar 4.1 Grafik sifat fisik densitas biodiesel variasi B5, B10, B15, B20, dan solar murni

Dari gambar 4.1 menunjukkan densitas yang dihasilkan dari campuran biodiesel minyak goreng bekas dan biodiesel jarak memiliki densitas yang berbeda pada setiap sampelnya. Bahan bakar dengan densitas tertinggi adalah B20 dan bahan bakar dengan densitas terendah adalah solar murni. Perbedaan nilai densitas ini karena dipengaruhi banyaknya perbandingan campuran biodiesel yang ditambahkan, semakin banyak perbandingan biodiesel maka nilai densitas akan semakin tinggi.

Tabel 4.3 Perbandingan sifat fisik viskositas biodiesel variasi B5, B10, B15, B20, dan solar murni

Nama sampel	Viskositas (cSt)	Spesifikasi biodiesel SNI minimal (cSt)	Spesifikasi biodiesel SNI maksimal (cSt)
Solar Murni	3,421	-	-
B5	4,425	2,3	6,0
B10	4,640	2,3	6,0
B15	4,819	2,3	6,0
B20	4,896	2,3	6,0

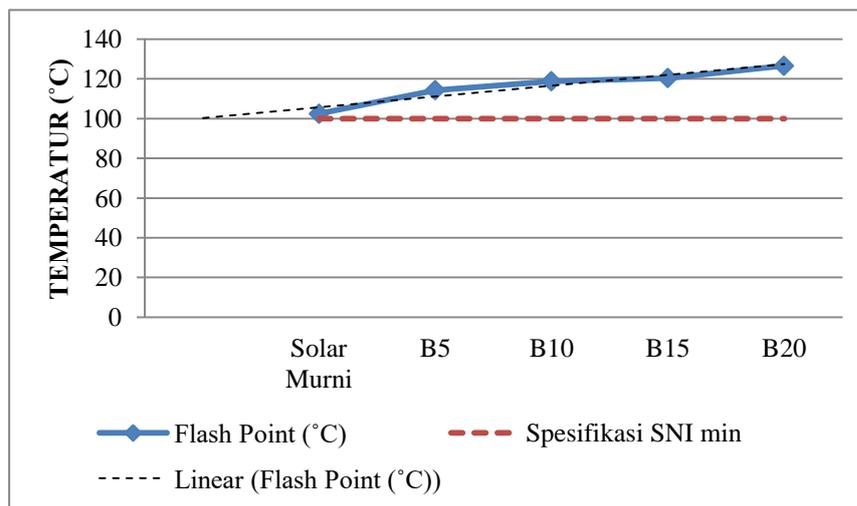


Gambar 4.2 Grafik sifat fisik viskositas biodiesel variasi B5, B10, B15, B20, dan solar murni

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa biodiesel campuran memiliki nilai viskositas yang semakin meningkat pada setiap variasi komposisinya. Dari 4 sampel yang dilakukan pengujian viskositas, keseluruhan sampel tersebut telah memenuhi standar SNI 7182-2015 (2,3 – 6,0 cSt). Namun semakin banyak campuran dari biodiesel maka nilai viskositas bahan bakar akan naik. Hal ini disebabkan karena viskositas dari biodiesel campuran lebih tinggi dari solar murni.

Tabel 4.4 Perbandingan sifat fisik *flash point* biodiesel variasi B5, B10, B15, B20, dan solar murni

Nama sampel	<i>Flash Point</i> (°C)	Spesifikasi biodiesel SNI minimal (°C)
Solar Murni	102,5	-
B5	114,3	100
B10	118,8	100
B15	120,4	100
B20	126,6	100



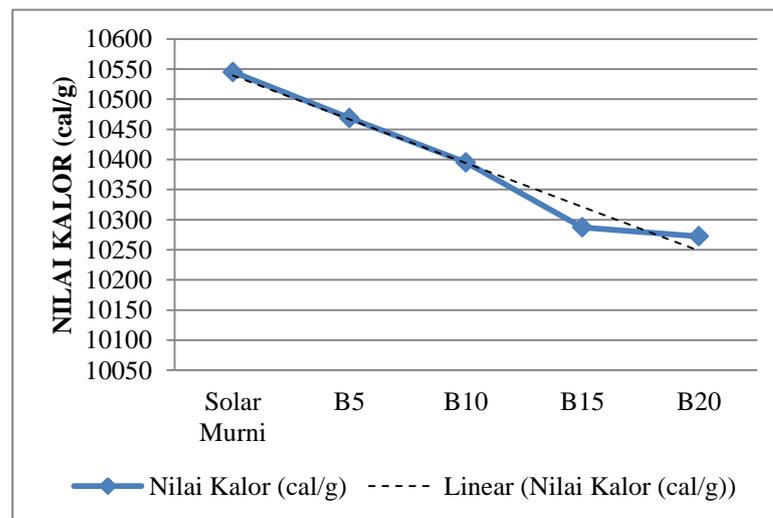
Gambar 4.3 Grafik sifat fisik *flash point* biodiesel variasi B5, B10, B15, B20, dan solar murni

Dari gambar diatas menunjukkan hasil yang berbeda dari setiap komposisi masing-masing variasi. Namun dari semua sampel tersebut memenuhi standar SNI

7182:2015 yaitu minimal 100°C. Nilai *flash point* pada variasi B5, B10, B15, dan B20 selalu meningkat, hal ini disebabkan karena nilai *flash point* biodiesel minyak goreng bekas dan biodiesel jarak lebih tinggi dari pada nilai *flash point* solar murni.

Tabel 4.5 Perbandingan sifat fisik nilai kalor biodiesel variasi B5, B10, B15, B20, dan solar murni

Nama sampel	Nilai Kalor (cal/g)
Solar Murni	10545,1475
B5	10468,8005
B10	10395,0255
B15	10287,2325
B20	10272,3620



Gambar 4.4 Grafik sifat fisik nilai kalor biodiesel variasi B5, B10, B15, B20, dan solar murni

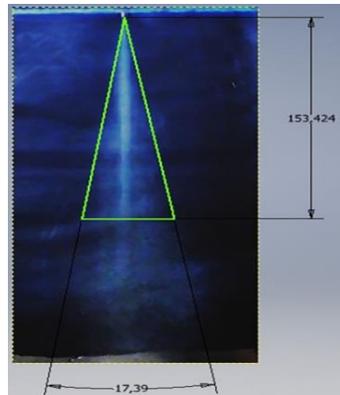
Pada pengujian nilai kalor menunjukkan bahwa solar murni memiliki nilai kalor yang paling tinggi dibandingkan biodiesel campuran dengan variasi B5, B10, B15, dan B20. Penurunan nilai kalor terjadi karena pencampuran minyak solar murni dengan biodiesel minyak goreng bekas - biodiesel jarak yang memiliki nilai kalor yang rendah.

Dapat diketahui dari tabel 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 bahwa biodiesel yang telah dicampur dengan minyak solar memiliki sifat fisik yang mendekati sifat fisik minyak solar terutama pada angka viskositasnya, karena nilai viskositas yang tinggi atau nilai viskositas yang rendah dari suatu bahan bakar akan berpengaruh terhadap pembakaran pada ruang bakar.

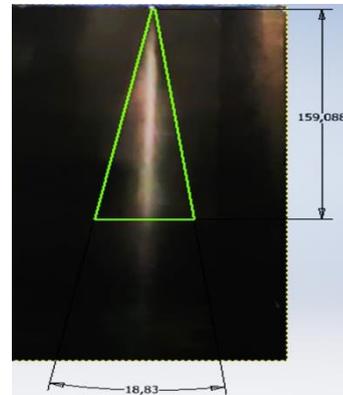
4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Injeksi Bahan Bakar

Pengujian karakteristik injeksi menggunakan bahan bakar minyak solar murni dan campuran biodiesel dengan solar murni yang telah divariasikan menjadi variasi bahan bakar B5, B10, B15, dan B20. Alat uji injeksi bahan bakar menggunakan nosel mesin diesel yang sama. Metode pengambilan data pada pengujian karakteristik injeksi bahan bakar dilakukan dengan menggunakan kamera untuk merekam video hasil semprotan pada pengujian karakteristik injeksi, kemudian dilakukan perubahan format video tersebut kedalam bentuk format gambar.

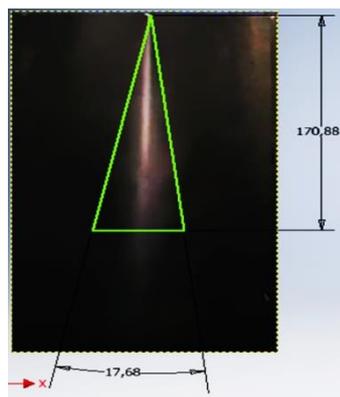
1.2.1 Hasil Uji Injeksi Bahan Bakar Solar dan Biodiesel B5, B10, B15, dan B20



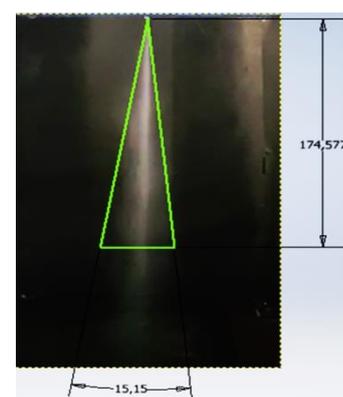
(a). Solar Murni



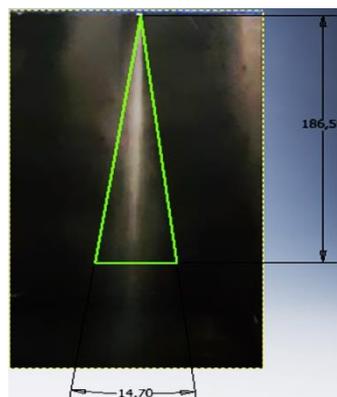
(b). B5



(c). B10



(d). B15



(e). B20

Gambar 4.5 Semprotan dan sudut penetrasi (a). Solar murni , (b). B5 , (c). B10 , (d). B15 , (e). B20

Tabel 4.6 Hasil pengujian karakteristik injeksi bahan bakar solar murni, B5, B10, B15, dan B20

Sampel	Pada (t) waktu (detik)	Panjang semprotan penetrasi (mm)	Sudut semprotan penetrasi (°)
Solar Murni	0,09	140,958	20,10
B5		159,088	18,83
B10		170,881	17,68
B15		174,577	15,15
B20		186,590	14,70

Tabel 4.6 menunjukkan secara keseluruhan hasil dari uji injeksi bahan bakar sehingga dapat disimpulkan seperti yang terdapat pada persamaan 2.5 bahwa bahan bakar yang memiliki nilai viskositas yang paling tinggi akan memiliki sudut semprotan yang paling kecil dan bahan bakar dengan nilai viskositas yang rendah akan memiliki sudut semprotan yang lebih lebar. Hal ini disebabkan bahwa semakin tinggi nilai viskositas pada bahan bakar maka bahan bakar tersebut akan semakin sulit untuk dikabutkan karena pada saat bahan bakar mulai disemprotkan atau pada saat proses penginjeksian bahan bakar tidak membentuk kabutan tetapi bahan bakar tersebut akan berbentuk tetesan sehingga mengakibatkan sudut penyemprotan akan semakin kecil. Minyak solar murni memiliki sudut penetrasi paling lebar yaitu sebesar $20,10^\circ$ karena memiliki nilai viskositas kinematik yang kecil dan sudut penetrasi paling kecil dimiliki oleh bahan bakar B20 yaitu sebesar $14,70^\circ$ karena memiliki nilai viskositas kinematik yang besar.

Semakin panjang atau pendeknya semprotan penetrasi dari masing-masing bahan bakar dipengaruhi oleh nilai viskositas dan densitas pada masing-masing bahan bakar tersebut. Apabila nilai viskositas dan densitas dari bahan bakar tersebut tinggi akan menyebabkan bahan bakar memiliki semprotan penetrasi yang lebih panjang. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya campuran dari

variasi biodiesel akan membuat nilai densitasnya akan semakin besar. Sesuai dengan (Ghurri, 2012) yang menjelaskan bahwa seiring meningkatnya nilai viskositas dan densitas maka semprotan yang dihasilkan juga akan semakin panjang. Bahan bakar variasi B20 memiliki semprotan paling panjang yaitu 186,590 mm karena memiliki viskositas dan densitas yang paling besar, sedangkan semprotan yang paling pendek dimiliki minyak solar murni dengan panjang semprotan 140,958 mm karena memiliki nilai viskositas dan densitas yang paling kecil.

1.3 Hasil Pengujian Kinerja Mesin Diesel

Hasil penelitian dan pembahasan kinerja mesin diesel dimulai dari proses pengambilan dan pengumpulan data. Data yang diambil dan dikumpulkan meliputi data spesifikasi obyek penelitian dan hasil pengujian. Data hasil pengujian kemudian diolah dengan analisis serta perhitungan untuk mendapatkan variabel yang diinginkan kemudian dilanjutkan dengan pembahasan. Berikut ini merupakan proses pengumpulan, perhitungan, dan pembahasan data. Pengujian kinerja mesin diesel dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan performa yang dihasilkan mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar solar murni dan bahan bakar campuran biodiesel minyak jarak – minyak goreng bekas dengan variasi B5, B10, B15, dan B20.

1.3.1 Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Putaran Mesin Diesel

Pada pengujian ini mesin diesel yang digunakan adalah mesin diesel merk Jiangdong satu silinder dengan putaran maksimum sebesar 2600 rpm. Bahan bakar yang akan digunakan yaitu minyak solar murni dan biodiesel campuran minyak jarak – minyak goreng bekas dengan variasi B5, B10, B15, dan B20.

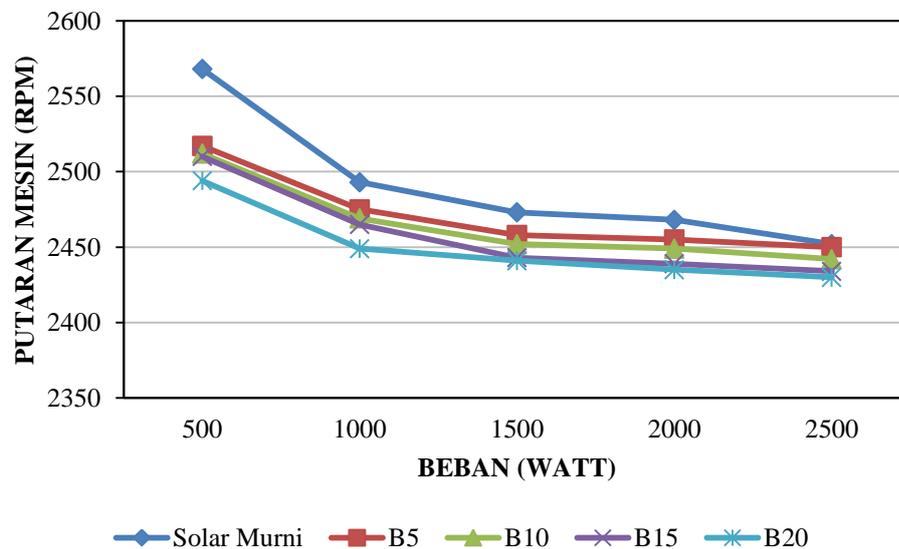
Untuk mengetahui kinerja dari mesin diesel maka dilakukan pembebanan pada mesin diesel menggunakan 5 buah lampu dengan daya masing-masing lampu sebesar 500 watt, kemudian 5 buah lampu tersebut dinyalakan satu per satu hingga kelima lampu tersebut menyala. Selain dengan variasi pembebanan lampu dan

variasi pada bahan bakar pengujian ini dilakukan dengan bukaan throttle 100% atau throttle dalam kondisi terbuka penuh.

Berikut ini merupakan tabel data hasil pengujian kinerja mesin diesel menggunakan bahan bakar solar dan biodiesel campuran minyak jarak – minyak goreng bekas variasi B5, B10, B15, dan B20 dengan bukaan throttle 100% atau throttle dalam kondisi terbuka penuh :

Tabel 4.7 Pembebanan lampu terhadap putaran mesin dengan bahan bakar solar dan variasi biodiesel B5, B10, B15,dan B20

Bukaan Throttle	Beban (Watt)	Putaran mesin (rpm)				
		Solar Murni	B5	B10	B15	B20
100%	500	2568	2517	2512	2510	2494
	1000	2493	2475	2469	2465	2449
	1500	2473	2458	2452	2443	2441
	2000	2468	2455	2449	2439	2435
	2500	2452	2450	2442	2434	2430



Gambar 4.6 Grafik putaran mesin dari berbagai bahan bakar terhadap beban lampu pada bukaan throttle 100%

Gambar 4.6 grafik perbandingan putaran mesin menunjukkan penurunan pada putaran mesin yang mendekati konstan di semua jenis bahan bakar sesuai dengan beban yang telah diberikan, apabila pembebanan besar diberikan pada mesin diesel maka akan terjadi penurunan pada putaran mesin yang besar begitu juga sebaliknya. Pada pembebanan 0 sampai 2500 watt, putaran dengan bahan bakar minyak solar murni memiliki putaran mesin yang paling tinggi yaitu 2452 rpm dibandingkan dengan variasi biodiesel B5, B10, B15, dan B20. Sedangkan variasi biodiesel B20 memiliki putaran mesin yang paling rendah pada pembebanan maksimum yaitu 2430 rpm.

Tinggi dan rendahnya suatu putaran mesin dipengaruhi oleh nilai sifat fisik bahan bakar dari masing-masing variasi pada bahan bakar tersebut, terutama nilai viskositas dan nilai kalor yang terkandung pada bahan bakar tersebut. Akan tetapi pada variasi bahan bakar B5 nilai fisiknya tidak begitu mempengaruhi sifat fisik dari minyak solar ketika dilakukan pencampuran variasi biodiesel dan minyak solar. Penyebab dari tidak terlalu berpengaruhnya bahan bakar campuran biodiesel B5 dan minyak solar karena pada bahan bakar variasi B5 hanya memiliki komposisi sebesar 5% biodiesel berbanding 95% minyak solar murni. Sehingga pada saat biodiesel dengan variasi B5 dilakukan pengujian pada mesin diesel maka putaran mesin yang didapatkan tidak begitu signifikan perbedaannya dibandingkan dengan putaran mesin yang dihasilkan ketika menggunakan solar murni.

4.3.2 Hasil Pengujian Daya Listrik Pada Mesin Diesel

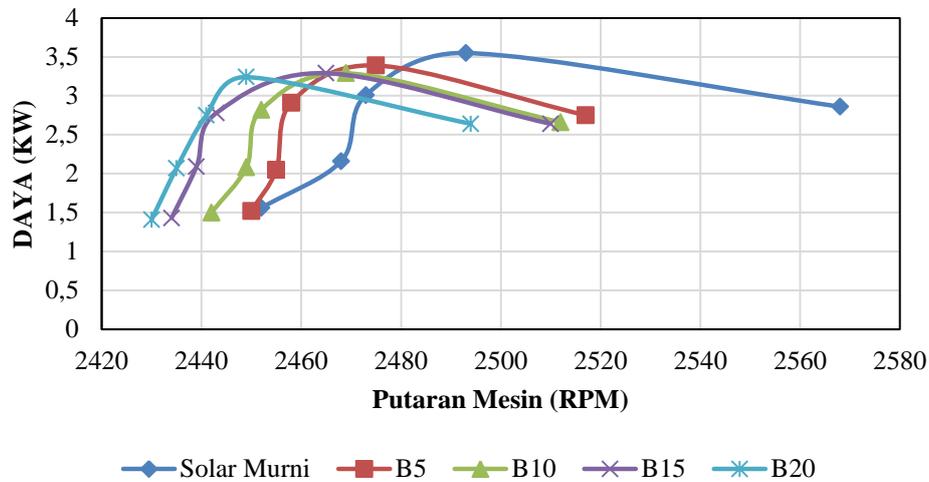
Pada pengujian ini daya listrik dihasilkan dari hasil gerak putar pada mesin diesel, kemudian putaran tersebut diteruskan ke dynamo/alternator dengan melalui v-belt sehingga dynamo/alternator dapat menghasilkan listrik. Listrik yang telah dihasilkan kemudian diteruskan untuk menyalakan lampu (beban).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

4.3.2.1 Hasil Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Daya Listrik

Pada pengujian ini variasi bahan bakar yang digunakan yaitu minyak solar murni dan campuran biodiesel jarak – minyak goreng bekas dengan solar murni yang telah divariasi menjadi biodiesel B5, B10, B15, dan B20. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan besar daya yang telah dihasilkan dari masing-masing bahan bakar pada mesin diesel. Pengambilan data daya listrik yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan alat ukur arus yaitu ampere meter dan alat ukur tegangan yaitu voltmeter.

Tabel 4.8 Putaran mesin dengan daya listrik mesin diesel menggunakan bahan bakar solar dan variasi biodiesel B5, B10, B15,dan B20

BEBAN (Watt)	Putaran Mesin (RPM)				
	Solar Murni	B5	B10	B15	B20
500	2568	2517	2512	2510	2494
1000	2493	2475	2469	2465	2449
1500	2473	2458	2452	2443	2441
2000	2468	2455	2449	2439	2435
2500	2452	2450	2442	2434	2430
BEBAN (Watt)	DAYA (KW)				
	Solar Murni	B5	B10	B15	B20
500	2,86	2,75	2,66	2,64	2,64
1000	3,55	3,39	3,29	3,29	3,24
1500	3,01	2,91	2,82	2,78	2,75
2000	2,16	2,05	2,08	2,09	2,07
2500	1,56	1,52	1,50	1,43	1,41



Gambar 4.7 Grafik putaran mesin terhadap daya yang dihasilkan dengan menggunakan berbagai bahan bakar terhadap beban lampu pada bukaan throttle 100%

Dari Gambar 4.7 grafik perbandingan putaran mesin terhadap daya yang dihasilkan bahwa secara keseluruhan bahan bakar solar murni menghasilkan daya yang paling tinggi dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. Diketahui bahwa daya tertinggi pada minyak solar murni adalah 3,55 KW pada putaran mesin 2493 rpm. Sedangkan bahan bakar yang menghasilkan daya yang mendekati solar murni adalah B5 dengan daya tertinggi adalah 3,39 KW pada putaran mesin 2475 rpm.

Perbedaan daya yang dihasilkan oleh masing-masing bahan bakar dipengaruhi oleh besarnya nilai kalor yang terkandung pada masing-masing bahan bakar tersebut. Bahan bakar dengan nilai kalor tinggi akan menghasilkan kandungan energi yang tinggi. Tingginya kandungan energi yang terdapat pada bahan bakar akan berpengaruh pada proses pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar. Semakin tinggi kandungan energi maka pembakaran didalam ruang bakar akan semakin sempurna dan efisien, sehingga akan menghasilkan daya *output* yang tinggi.

4.3.3 Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel

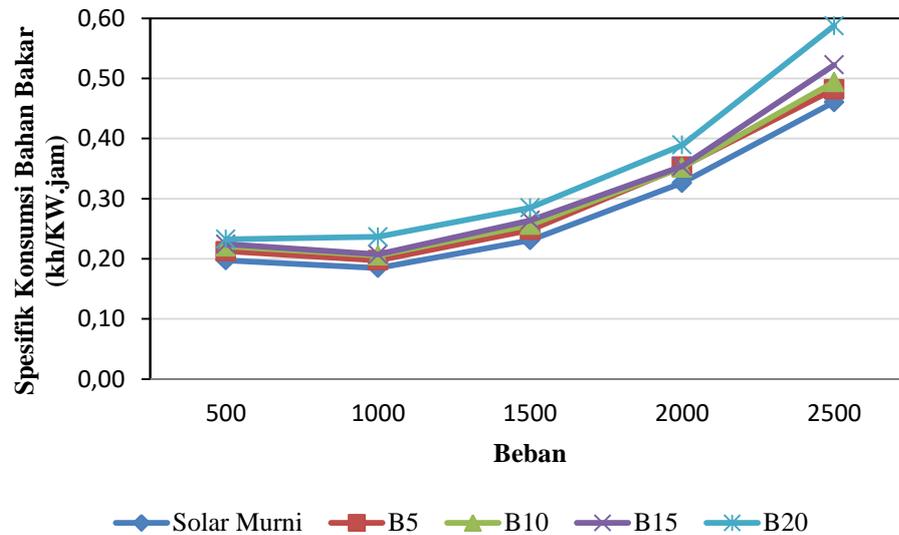
Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat mesin diesel Jiangdong silinder tunggal dengan kondisi mesin standar tanpa melakukan modifikasi mesin. Proses pengambilan data konsumsi bahan bakar spesifik dilakukan dengan menghitung waktu konsumsi per 10 ml pada bahan bakar dengan menggunakan tangki bahan bakar mini dan buret.

4.3.3.1 Hasil Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian ini menggunakan bahan bakar solar murni dan campuran biodiesel dengan solar murni yang telah divariasikan menjadi B5, B10, B15, dan B20. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan besar konsumsi pada bahan bakar dan dilakukan dengan menggunakan tangki bahan bakar mini dan juga buret untuk mempermudah proses perhitungan konsumsi bahan bakar.

Tabel 4.9 Konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan bakar solar dan variasi biodiesel B5, B10, B15, dan B20

Bukaan Throttle	Beban (Watt)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.jam)				
		Solar Murni	B5	B10	B15	B20
100%	500	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23
	1000	0,18	0,20	0,21	0,21	0,24
	1500	0,23	0,25	0,26	0,26	0,28
	2000	0,32	0,35	0,35	0,36	0,39
	2500	0,46	0,48	0,49	0,52	0,59



Gambar 4.8 Grafik konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan berbagai bahan bakar terhadap beban lampu pada bukaan throttle 100%

Dari Gambar 4.8 grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui bahwa minyak solar murni memiliki konsumsi bahan bakar yang paling rendah dan B20 memiliki konsumsi bahan bakar yang paling tinggi dari bahan bakar lain diseluruh pembebanan, artinya minyak solar murni merupakan bahan bakar yang paling irit dan B20 merupakan bahan bakar yang paling boros diantara bahan bakar lainnya. Semakin tinggi angka konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (SFC) maka bahan bakar akan semakin boros, sedangkan apabila angka konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) rendah maka bahan bakar semakin hemat. Grafik menunjukkan bahwa solar murni memiliki angka SFC yang paling rendah karena densitas yang dimiliki solar murni lebih kecil dibandingkan dengan variasi bahan bakar B5, B10, B15, dan B20. Nilai SFC solar murni yang paling rendah didapatkan pada pembebanan 1000 Watt yaitu sekitar 0,18 kg/kW.jam sedangkan untuk bahan bakar yang paling boros yaitu B20 didapatkan 0,24 kg/kW.jam pada pembebanan yang sama.

Hal ini disebabkan karena nilai sifat fisik dari suatu bahan bakar mempengaruhi angka SFC yang dihasilkan. Nilai sifat fisik yang mempengaruhi SFC yaitu densitas sesuai dengan persamaan 2.3 dan 2.4. ketika nilai densitas

tinggi laju aliran bahan bakar semakin cepat sehingga angka SFC yang dihasilkan semakin besar dan sebaliknya.