

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Uji Sifat Fisik Bahan Bakar

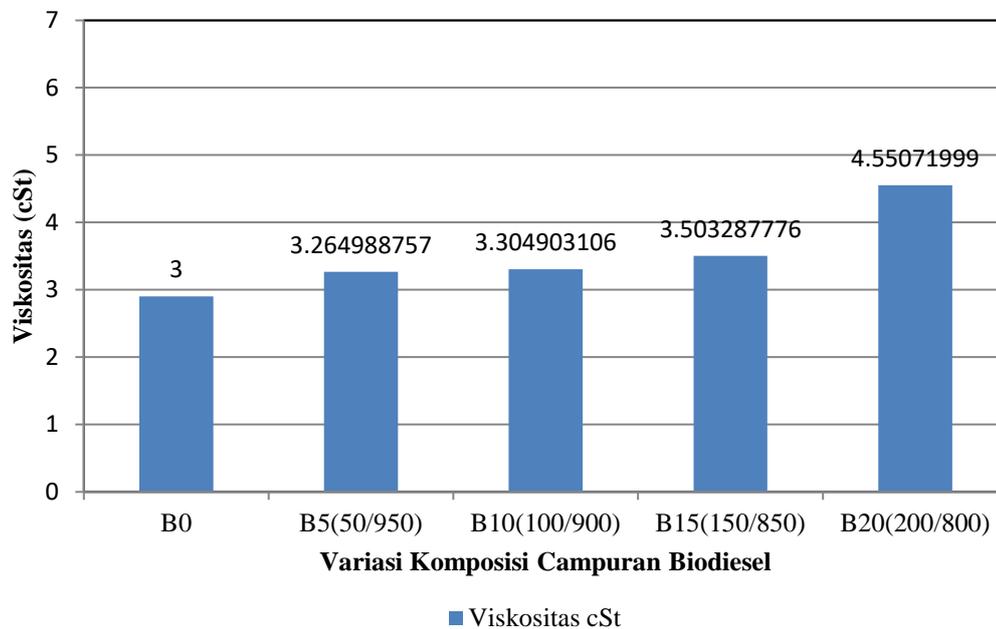
Pembuatan biodiesel ini menggunakan bahan baku minyak jarak dan minyak sawit. Untuk proses pembuatan biodiesel minyak jarak menggunakan proses metode eksterifikasi dan transesterifikasi sedangkan untuk minyak sawit menggunakan proses metode transesterifikasi. Satu persatu bahan baku dibuat dan setelah menjadi biodiesel kemudian dicampur solar (B0) dengan variasi B5, B10, B15 dan B20. Proses pencampuran membutuhkan waktu 60 menit per variasinya dengan suhu 70°C. Berikut adalah hasil uji sifat viskositas biodiesel jarak-sawit dengan bahan bakar B0 dengan variasi B5, B10, B15, dan B20 dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Viskositas Biodiesel Jarak-Sawit dengan bahan bakar B0.

Viskositas Kinematik cSt			
No	Nama Sampel	Viskositas cSt	Spesifikasi SNI
1	Biodiesel Jarak	70,3	Min 2,3 Maks 6
2	Biodiesel Sawit	5,9	
3	BJBS 3 : 2	19,8	
4	B0	2,9	
5	B5	3,2	
6	B10	3,3	
7	B15	3,5	
8	B20	4,5	

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui setiap biodiesel yang telah dicampur dengan bahan bakar B0 memiliki nilai sifat viskositas yang mendekati dengan sifat minyak variasi B0. Tinggi dan rendahnya nilai viskositas sangat berpengaruh terhadap pembakaran pada ruang bakar di suatu mesin. Standar nilai viskositas bahan bakar mesin diesel diantara angka 2,3 samapi 6 cSt

(Pertamina,2006). Grafik viskositas biodiesel dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



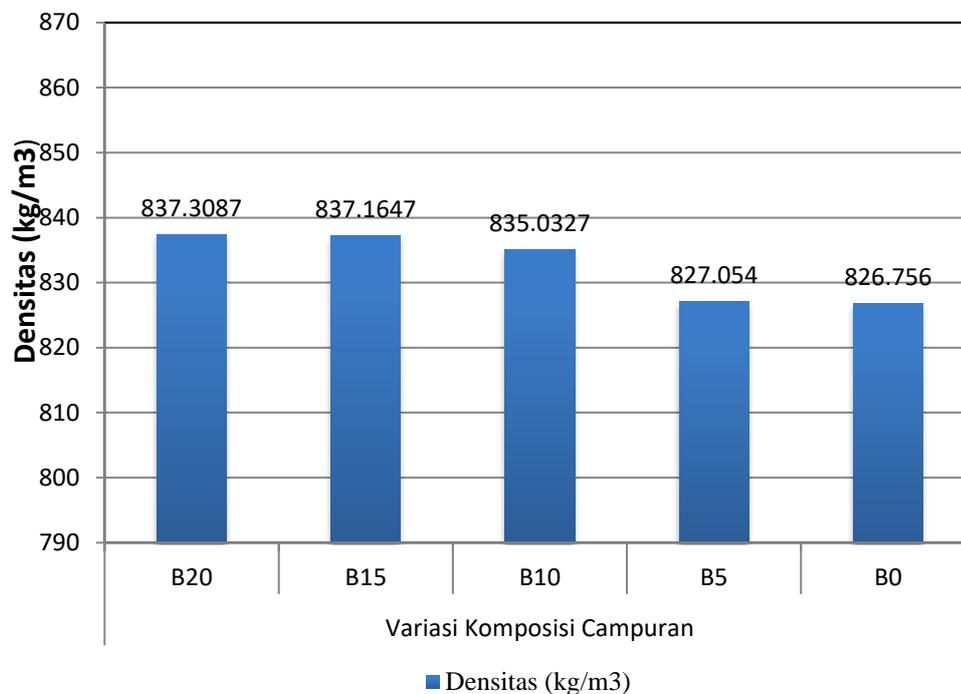
Gambar 4.1 Pengujian Viskositas

Dilihat dari Gambar 4.1 dari data bahan bakar diatas dapat dilihat bahwa B5, B10, B15, dan B20 telah memenuhi standar viskositas pertamina karena memiliki nilai viskositas yang hampir sama dengan bahan bakar B0. Untuk biodiesel campuran minyak jarak-sawit tidak memenuhi standar viskositas pertamina, karena memiliki nilai viskositas diatas standar viskositas pertamina. Viskositas yang terlalu tinggi mengakibatkan kerusakan pada sistem bahan bakar, dikarenakan minyak yang terlalu kental memiliki hambatan aliran yang besar. Sehingga bahan bakar yang diinjeksi di ruang bakar tidak teratomisasi dengan baik, bahan bakar yang tidak teratomisasi dengan baik akan mengakibatkan pembakaran yang kurang sempurna dan menyebabkan daya yang dihasilkan tidak optimal.

Selanjutnya untuk data hasil pengujian densitas biodiesel jarak-sawit dengan bahan bakar B0 dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan pada Gambar 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Densitas Biodiesel Jarak-Sawit dengan bahan bakar B0.

Densitas (kg/m <sup>3</sup> )			
No	Nama Sampel	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Spesifikasi Solar/Biosolar Pertamina
1	Biodiesel Jarak	926,152	Min 815 Maks 860
2	Biodiesel Sawit	846,559	
3	BJBS 3:2	901,174	
4	B20	837,308	
5	B15	837,164	
6	B10	835,032	
7	B5	827,756	
8	B0	826,756	



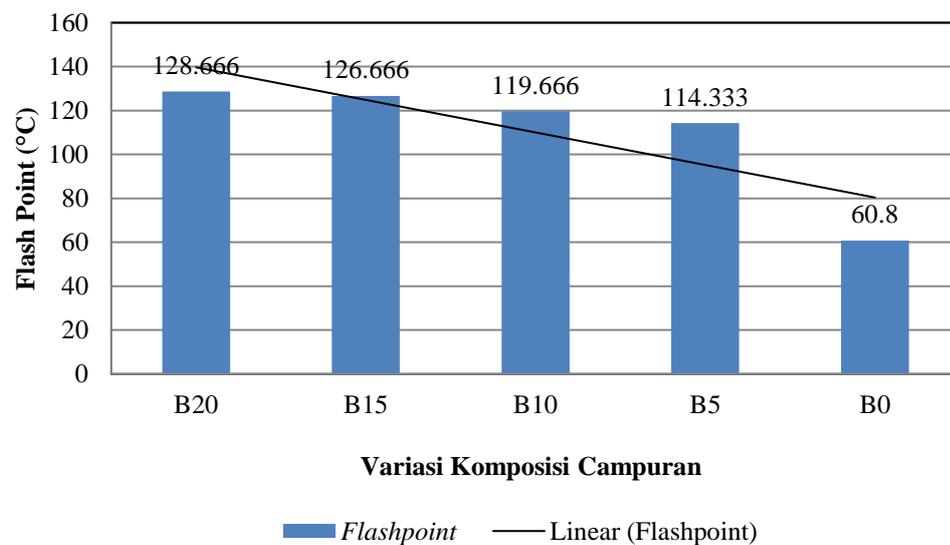
Gambar 4.2 Pengujian Densitas

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa dari bahan bakar campuran B0 dengan variasi B5, B10, B15, dan B20 memiliki nilai densitas yang memenuhi standar Pertamina. Untuk biodiesel campuran minyak jarak-sawit memiliki nilai densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak solar. Nilai densitas yang tinggi mengakibatkan pompa injeksi bekerja lebih berat dan juga berpengaruh pada penyemprotan di dalam ruang bakar.

Selanjutnya untuk hasil pengujian flashpoint biodiesel campuran minyak jarak-sawit dengan bahan bakar B0 dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan pada Gambar 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Flashpoint Biodiesel Jarak-Sawit dengan bahan bakar B0.

Flashpoint (°C)			
No	Nama Sampel	Flashpoint (°C)	Spesifikasi SNI
1	Biodiesel Jarak	211,3	Min 52
2	Biodiesel Sawit	185	
3	BJBS 3 : 2	171,3	
4	B20	128,6	
5	B15	126,6	
6	B10	119,6	
7	B5	114,3	
8	B0	60,8	



Gambar 4.3 Pengujian *Flash point*

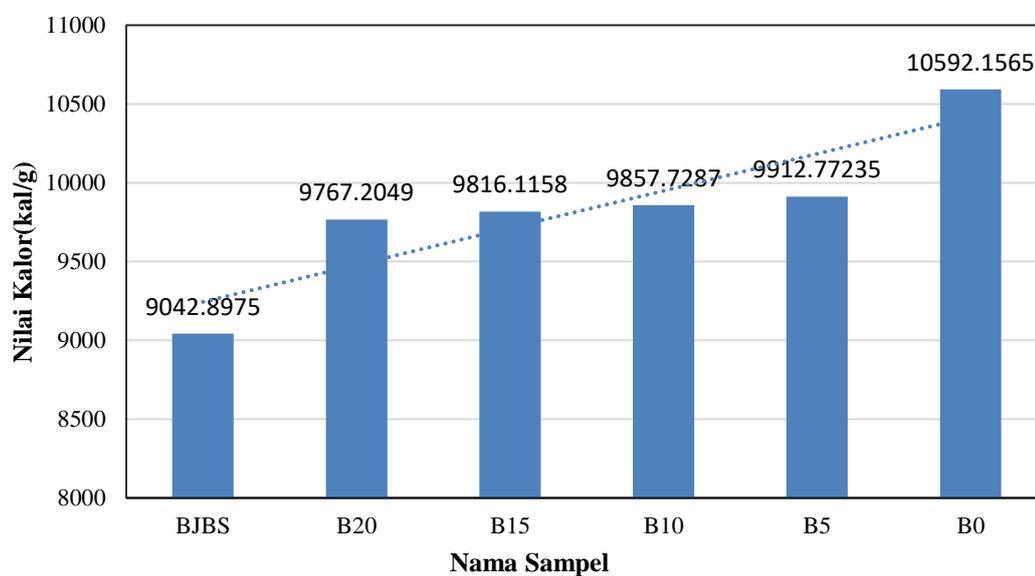
Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa biodiesel campuran minyak jarak-sawit, B5, B10, B15, dan B20 semuanya memiliki nilai *flashpoint* yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar B0. Dari data diatas semua sampel tidak memenuhi standar pertamina, dikarenakan semua sampel menghasilkan nilai flashpoint yang tinggi. Hal ini menjadikan efek positif dari biodiesel dimana bahan bakar tersebut tidak mudah menguap sehingga tidak

mudah terjadi kandungan air di dalam tangki, seperti yang dikemukakan oleh Widyastuti (2007), bahwa semakin tinggi titik nyala dari suatu bahan bakar semakin aman dalam penyimpanannya.

Selanjutnya untuk hasil pengujian nilai kalor biodiesel campuran minyak jarak-sawit dengan bahan bakar B0 dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan pada Gambar 4.4. berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Nilai Kalor Campuran Biodiesel Jarak-Sawit dengan bahan bakar B0.

Nilai Kalor (cal/g)		
No	Nama Sampel	Nilai Kalor (cal/g)
1	Biodiesel Jarak	8807,3435
2	Biodiesel Sawit	9497,813
3	BJBS 3:2	9042,8975
4	B20	9767,2049
5	B15	9816.1158
6	B10	9857,7287
7	B5	9912,7723
8	B0	10592,1565



Gambar 4.4 Pengujian Nilai Kalor

Pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai kalor yang dihasilkan dalam pengujian ini cenderung meningkat seiring dengan peningkatan komposisi bahan

bakar B0 pada setiap variasinya. Bahan bakar B0 memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 10592,1565 cal/g. Sedangkan untuk bahan bakar biodiesel campuran minyak jarak-sawit pada variasi B5, memiliki nilai kalor yang paling tinggi yaitu 9912,7723 cal/g dibanding variasi biodiesel lainnya. Semakin tinggi nilai kalor suatu bahan bakar semakin besar energi yang terkandung pada bahan bakar tersebut, dan menghasilkan daya yang lebih besar dari bahan bakar yang bernilai kalor kecil.

## **4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Injeksi**

Pengujian pada tahap ini menggunakan bahan bakar campuran B0 dengan biodiesel jarak-sawit beserta variasinya. Alat uji semprotan bahan bakar dengan nosel mesin diesel. Pengambilan data menggunakan kamera dengan menangkap objek sehingga menjadi format gambar.

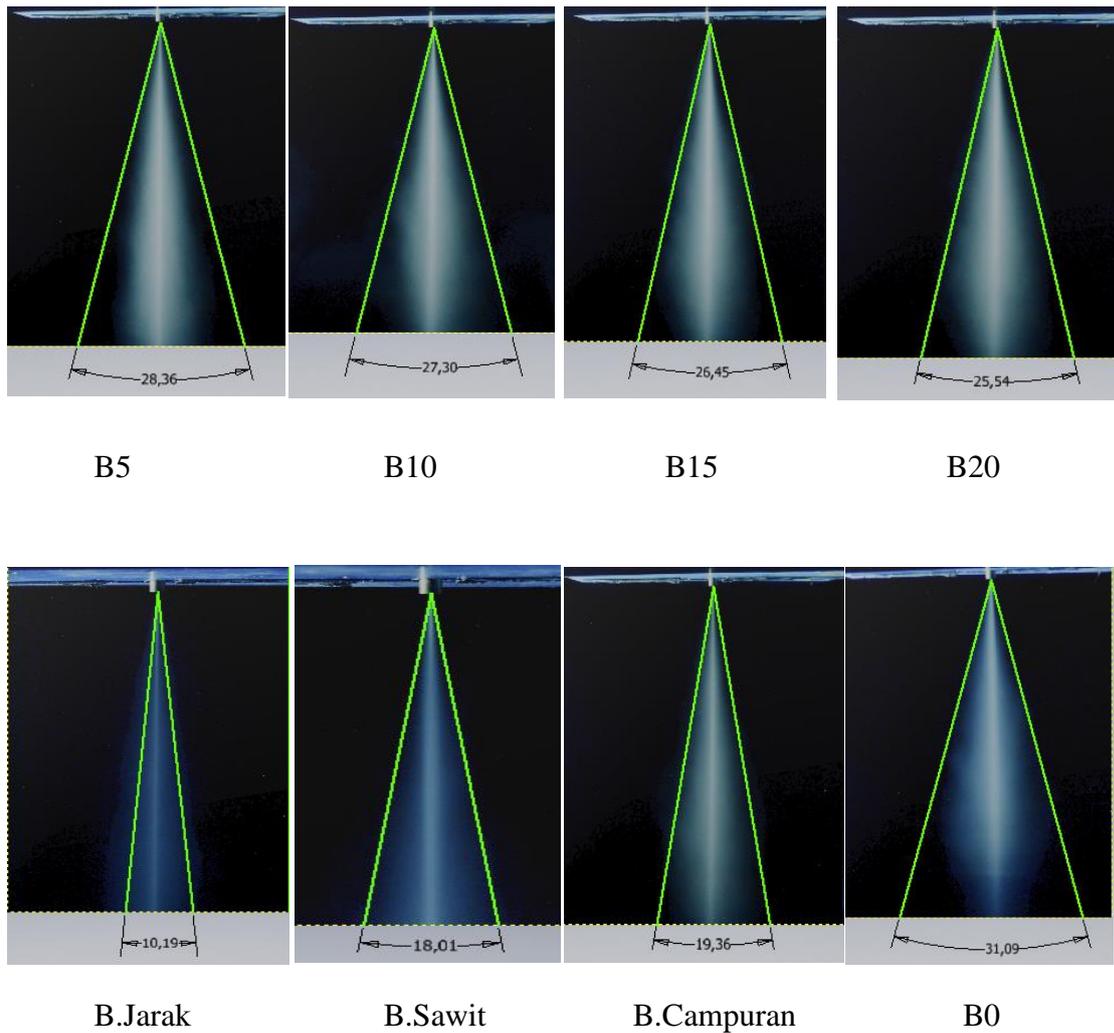
Karakteristik semprotan dipengaruhi oleh sifat bahan bakar yang berupa viskositas. Sifat fisik viskositas mempengaruhi lebar sudut penyemprotan, dimana semakin besar nilai viskositas suatu bahan bakar maka semakin kecil pula sudut yang dihasilkan.

### **4.2.1 Hasil Uji Injeksi Bahan Bakar B0 dan Biodiesel Campuran Minyak Jarak-Sawit dengan Variasi B5, B10, B15, dan B20.**

Pengujian ini menggunakan bahan bakar campuran B0 dengan biodiesel jarak-sawit. Alat uji semprotan bahan bakar dengan nosel mesin diesel. Pengambilan data menggunakan kamera dengan menangkap objek sehingga menjadi format gambar yang kemudian diolah menggunakan aplikasi Inventor. Hasil pengujian semprotan injeksi dapat diuraikan sebagai berikut.

#### **4.2.1.1 Sudut Semprotan Injektor Bahan Bakar B0 dan Biodiesel Campuran Minyak Jarak-Sawit dengan Variasi B5, B10, B15, dan B20.**

Pengolahan data mengenai data sudut semprotan dilakukan menggunakan aplikasi Inventor. Berikut hasil pengolahan data sudut semprotan injektor yang disajikan pada Gambar 4.5 dan pada Tabel 4.5.



Gambar 4.5 Sudut Semprotan Injektor

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sudut Semprotan Injektor.

No	Nama Sampel	Viskositas (cSt)	Semprotan Sudut (°)
1	Jarak	70,3	10,13
2	Sawit	5,9	18,01
3	B Campuran	19,8	19,36
4	B20	4,5	25,54
5	B15	3,5	26,45
6	B10	3,3	27,30
7	B5	3,2	28,36
8	B0	2,9	31,09

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa bahan bakar minyak dengan nilai viskositas yang paling tinggi akan memiliki sudut semprotan terkecil

dan sebaliknya jika bahan bakar yang memiliki nilai viskositas yang rendah akan memiliki sudut semprotan yang lebih lebar. Hal ini dikarenakan jika semakin tinggi nilai viskositas maka bahan bakar akan semakin sulit untuk dikabutkan sehingga saat bahan bakar disemprotkan atau diinjeksikan bahan bakar tidak akan membentuk kabutan akan tetapi membentuk tetesan dan menyebabkan sudut penyemprotan semakin kecil. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sudarmanta, dkk (2006), menjelaskan bahwa jika angka viskositas, densitas, dan tegangan permukaan yang lebih besar maka akan menghasilkan ukuran diameter yang lebih besar dan sudut penyebaran semprotan yang semakin sempit.

### **4.3 Hasil Pengujian Kinerja Mesin Diesel**

Pengujian kinerja mesin diesel dilakuakam untuk mengetahui perbandingan perfoma yang dihasilkan mesin dengan menggunakan bahan bakar biodiesel jarak-sawit campuran B0 dengan variasi B5, B10, B15, dan B20 yang dibandingkan dengan bahan bakar B0.

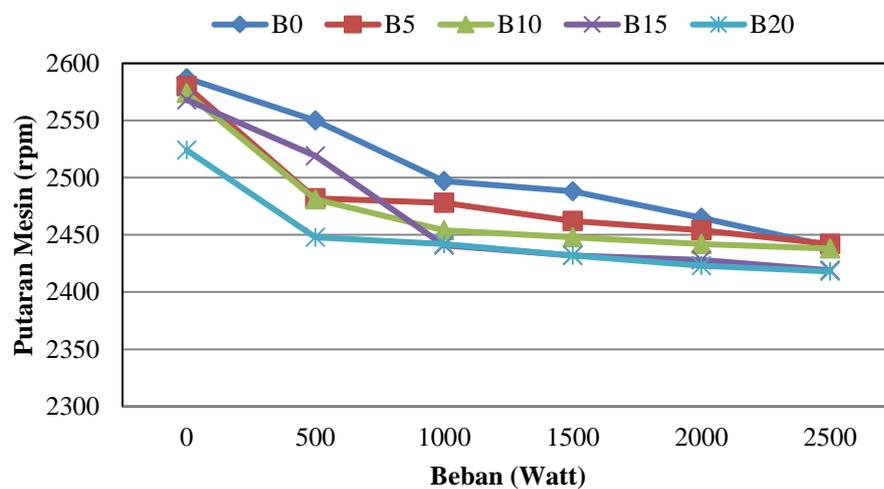
#### **4.3.1 Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Kinerja Mesin Diesel**

Pengujian ini menggunakan mesin diesel silinder tunggal. Untuk mengetahui kinerja dari mesin diesel dilakukan dengan pembebanan menggunakan generator beserta beban daya lampu sebesar 500 watt sebanyak 5 lampu. Selanjutnya lampu dinyalakan satu persatu hingga kelima lampu menyala. Putaran mesin yang digunakan adalah putaran mesin tinggi, dikarenakan untuk mengetahui kinerja mesin maksimal.

Pada tabel 4.6 merupakan tabel dari data pengujian mesin diesel menggunakan bahan bakar campuran B0 dengan biodiesel campuran minyak jarak-sawit dengan variasi B5, B10, B15, dan B20 pada putaran mesin maksimal. Serta grafik perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6

Tabel 4.6 Perbandingan Pembebanan Lampu terhadap Putaran Mesin dengan Bahan Bakar B0 dan Biodiesel Campuran B5, B10, B15, dan B20.

Putaran Mesin (RPM)					
Beban	B0	B5	B10	B15	B20
0	2587	2580	2574	2568	2524
500	2550	2482	2481	2519	2448
1000	2497	2478	2454	2441	2442
1500	2488	2462	2448	2432	2432
2000	2465	2454	2442	2428	2423
2500	2440	2442	2438	2419	2418



Gambar 4.6 Perbandingan Putaran Mesin dengan Bahan Bakar B0 dan Biodiesel B5, B10, B15, dan B20 terhadap Beban Lampu.

Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa terjadi penurunan putaran mesin yang mendekati nilai konstan pada semua jenis bahan bakar yang telah sesuai dengan beban yang diberikan, dimana jika mesin diesel diberikan beban yang besar maka akan terjadi penurunan putaran mesin yang besar dan begitu pula sebaliknya. Pada pembebanan 0 sampai 1500 watt, putaran mesin diesel dengan bahan bakar B0 memiliki putaran mesin paling tinggi yaitu sebesar 2488 rpm dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel variasi B5, B10, B15, maupun B20. Tetapi pada pembebanan maksimum (2500 watt), biodiesel variasi B5 menjadi putaran mesin diesel yang tertinggi yaitu sebesar 2442 rpm. Sedangkan bahan

bakar yang memiliki putaran mesin terendah dari semua jenis variasi bahan bakar yaitu pada variasi bahan bakar biodiesel B20 pada pembebanan maksimum yaitu 2418 rpm. Sifat fisik dari masing-masing bahan bakar tersebut mempengaruhi tinggi rendahnya suatu putaran mesin terutama nilai viskositas dan nilai kalor yang terkandung di dalamnya.

#### **4.3.2 Hasil Pengujian Daya Listrik pada Mesin Diesel**

Pengujian ini dilakukan dengan mesin diesel jiangdong silinder tunggal dan daya listrik yang dihasilkan dari gerak putar mesin diesel, selanjutnya putaran tersebut diteruskan ke alternator/dinamo 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.

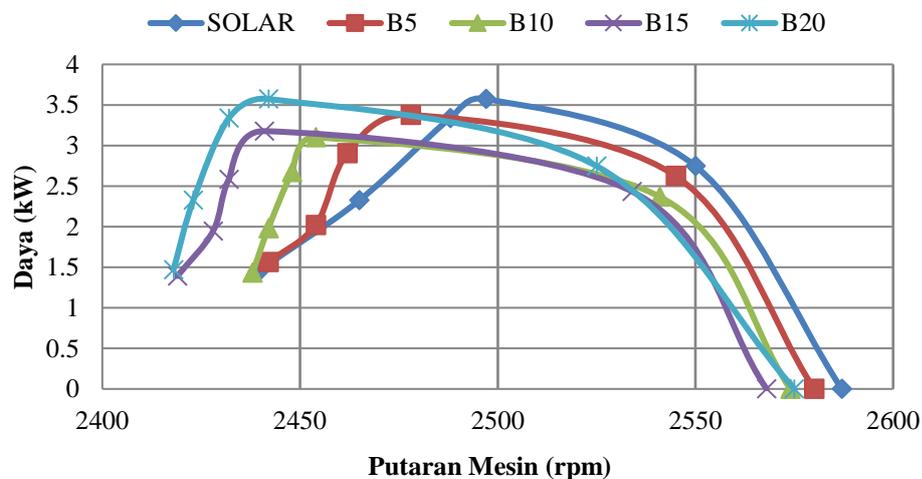
##### **4.3.2.1 Hasil Pengaruh Jenis Bahan Bakar terhadap Daya Listrik**

Pada pengujian ini variasi bahan bakar yang digunakan yaitu bahan bakar B0 murni dan biodiesel campuran minyak jarak-sawit dengan variasi B5, B10, B15, dan B20. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan besar daya yang dihasilkan dari bahan bakar pada mesin diesel. Pengambilan data daya listrik dihasilkan dengan menggunakan alat ukur amperemeter yang berfungsi untuk mengukur arus dan voltmeter untuk tegangan atau voltase pada alternator.

Berikut hasil uji daya listrik pada putaran mesin. Data hasil dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Daya Listrik

Beban	Putaran Mesin (RPM)				
	B0	B5	B10	B15	B20
0	2587	2580	2574	2568	2575
500	2550	2545	2541	2534	2525
1000	2497	2478	2454	2441	2442
1500	2488	2462	2448	2432	2432
2000	2465	2454	2442	2428	2423
2500	2440	2442	2438	2419	2418
Beban	Daya (kW)				
	B0	B5	B10	B15	B20
0	0	0	0	0	0
500	2,747	2,624	2,368	2,772	2,432
1000	3,574	3,378	3,100	3,383	3,178
1500	3,338	2,906	2,671	2,919	2,583
2000	2,325	2,201	1,980	2,096	1,944
2500	1,47	1,563	1,432	1,563	1,391



Gambar 4.7 Putaran Mesin terhadap Daya Listrik

Dapat diketahui dari Gambar 4.7 bahwa bahan bakar B0 memiliki daya yang paling tinggi dibandingkan bahan bakar lainnya. Daya yang tertinggi yang dihasilkan bahan bakar B0 yaitu sebesar 3,338 kW dengan putaran 2488 rpm pada pembebanan 1500 watt. Akan tetapi pada pembebanan maksimum atau pada beban 2500 watt, bahan bakar variasi B5 mampu menghasilkan daya tertinggi yaitu sebesar 1,563 kW pada putaran 2442 rpm. Sedangkan daya terendah

dihasilkan bahan bakar B20 yaitu sebesar 1,391 kW dengan putaran mesin 2418 rpm.

Perbedaan yang dihasilkan bahan bakar oleh masing-masing karakteristik bahan bakar dipengaruhi oleh nilai sifat fisiknya terutama nilai kalor yang terdapat pada masing-masing bahan bakar tersebut. Bahan bakar yang memiliki 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, sehingga akan menghasilkan daya keluar (*output*) yang tinggi. Akan tetapi pada bahan bakar variasi B5 terjadi penurunan atau kenaikan daya dibanding dengan solar tetapi tidak begitu signifikan. Hal ini dikarenakan bahan bakar B5 memiliki campuran komposisi 5% biodiesel berbanding 95% B0, sehingga nilai sifat fisik dari biodiesel B5 pada campuran tersebut tidak terlalu mempengaruhi nilai sifat fisik solar. Selain itu penurunan daya ini juga disebabkan oleh setting waktu injeksi bahan bakar yang kurang optimal.

### **4.3.3 Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel**

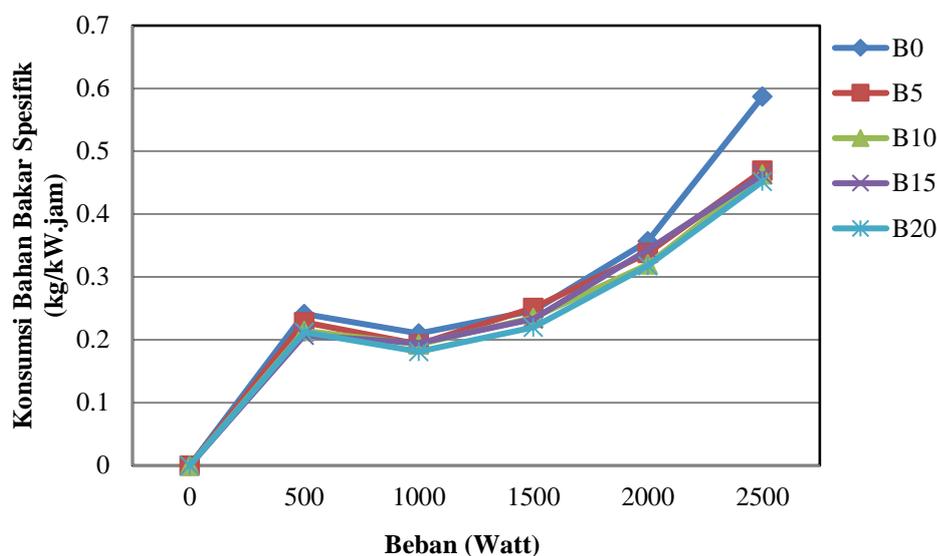
Pengambilan data konsumsi bahan bakar spesifik ini menggunakan mesin diesel silinder tunggal dengan kondisi mesin yang standar. Bahan bakar yang digunakan pada pengujian ini yaitu minyak solar murni (B0) dan campuran biodiesel B0 yang divariasikan menjadi B5, B10, B15, dan B20. Langkah pertama dengan cara menghitung waktu konsumsi bahan bakar tiap 10 ml dengan menggunakan tangki bahan bakar mini dan buret.

#### **4.3.3.1 Hasil Pengaruh Jenis Bahan Bakar terhadap Konsumsi Bahan Bakar**

Dalam pengujian ini menggunakan bahan bakar B0 dan campuran biodiesel B0 yang divariasikan menjadi B5, B10, B15, dan B20. Pada perhitungan konsumsi bahan bakar ini menggunakan tangki bahan bakar mini dan buret yang berfungsi untuk mempermudah proses perhitungan konsumsi bahan bakar tersebut. Hasil uji bahan bakar terhadap konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.8 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Menggunakan Bahan Bakar B0 dan Biodiesel Variasi B5, B10, B15, dan B20.

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik ( kg/kW.jam)					
BEBAN	B0	B5	B10	B15	B20
0	0	0	0	0	0
500	0,241	0,228	0,214	0,207	0,212
1000	0,21	0,193	0,193	0,195	0,181
1500	0,246	0,251	0,235	0,233	0,220
2000	0,357	0,338	0,320	0,343	0,318
2500	0,587	0,469	0,463	0,463	0,452



Gambar 4.8 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Menggunakan Bahan Bakar B0 dan Biodiesel Variasi B5, B10, B15, dan B20 terhadap Beban Lampu pada Putaran Mesin Maksimal.

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) saat menggunakan bahan bakar B0 memiliki angka yang paling tinggi pada pembebanan dari semua jenis bahan bakar atau merupakan yang paling banyak dalam pengonsumsi bahan bakarnya. Semakin tinggi angka SFC maka semakin banyak juga bahan bakar yang dikonsumsi dan sebaliknya.

Nilai sifat fisik dari suatu bahan bakar sangat berpengaruh terhadap angka SFC yang dihasilkan. sifat fisik yang berpengaruh terhadap SFC antara lain adalah

viskositas, densitas, dan nilai kalor. Bahan bakar yang memiliki 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 penurunan daya yang dihasilkan oleh mesin. Suplai bahan bakar yang sedikit ke dalam ruang bakar berarti sedikit juga 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 mengalami penurunan.

Berdasarkan uraian diatas menunjukkan bahwa, pada pembebanan maksimum bahan bakar B0 paling banyak mengkonsumsi bahan bakar (boros) dari semua jenis variasi bahan bakar dengan angka SFC sebesar 0,587 kg/kW.jam dan biodiesel campuran dengan variasi B20 merupakan bahan bakar yang paling hemat pemakaian bahan bakarnya yaitu dengan angka SFC sebesar 0,452 kg/kW.jam pada pembebanan maksimal. Hal tersebut dikarenakan pada variasi B20 campuran solarnya lebih sedikit dibandingkan variasi B5 yang campuran solarnya lebih banyak yaitu 95%, sehingga konsumsi bahan bakar pada variasi B20 yang pemakaiannya lebih hemat. Selain itu pembebanan yang tinggi juga mempengaruhi angka SFC, dimana semakin tinggi beban maka semakin tinggi pula angka SFC. Dapat dilihat pada Tabel 4.8 bahwa pembebanan semakin tinggi, angka SFC semakin tinggi pula pada semua variasi biodiesel campuran jarak-sawit dan bahan bakar B0.