

## UNJUK KERJA MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR BIODIESEL CAMPURAN MINYAK JARAK DAN MINYAK SAWIT DENGAN KOMPOSISI 3:2

**Mahruf Amin<sup>a</sup>, Wahyudi<sup>b</sup>, Muhammad Nadjib<sup>c</sup>**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183  
<sup>a</sup>makrufmn@gmail.com <sup>b</sup> wahyudi\_stmt@yahoo.co.id, <sup>c</sup> nadjibar@yahoo.com

---

### Abstrak

Bahan bakar minyak solar (B0) memiliki permintaan yang meningkat dari tahun ke tahun sedangkan bahan bakar B0 yang digunakan untuk memenuhi permintaan konsumen semakin terbatas. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang sifatnya dapat diperbaharui, biodiesel bila dibandingkan dengan bahan bakar B0 mempunyai beberapa kekurangan yaitu viskositas yang tinggi dan nilai kalornya yang lebih rendah dari B0. Dalam penelitian ini, bahan baku yang digunakan biodiesel minyak jarak-sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik bahan bakar biodiesel minyak jarak-sawit berupa daya, konsumsi bahan bakar spesifik, karakteristik injeksi bahan bakar. Penelitian ini menggunakan bahan bakar B0 dan campuran variasi biodiesel B5, B10, B15, dan B20 dengan melakukan pengujian sifat fisiknya. Pengujian menggunakan mesin diesel silinder tunggal yang dihubungkan ke generator dengan beban 5 lampu dengan daya masing-masing lampu 500 watt. Kemudian dilakukan uji performa mesin diesel, uji konsumsi bahan bakar, serta karakteristik injeksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja mesin diesel bahan bakar biodiesel jarak-sawit 3:2 variasi B5, B10, B15, dan B20 menghasilkan daya hampir sama besarnya dengan bahan bakar B0. Pada pembebanan maksimum bahan bakar B5 menghasilkan daya paling tinggi dibanding variasi lainnya, dikarenakan bahan bakar B5 komposisi campurannya 5% biodiesel berbanding 95% B0. Bahan bakar B0 merupakan bahan bakar yang paling banyak mengkonsumsi bahan bakar (boros) dibandingkan jenis variasi bahan bakar biodiesel lainnya. Biodiesel variasi B20 merupakan bahan bakar terhemat, karena nilai SFC variasi B20 paling rendah dibanding variasi bahan bakar lainnya. Pada pengujian karakteristik injeksi menunjukkan bahwa bahan bakar B0 memiliki sudut semprotan yang paling lebar. Sedangkan bahan bakar minyak jarak mempunyai sudut semprotan paling kecil.

**Kata Kunci** : Biodiesel, Minyak Jarak, Minyak Sawit, Unjuk Kerja Mesin Diesel, Daya, SFC, Karakteristik Injeksi

### **Abstract**

*Diesel fuel (B0) has an increasing demand from year to year while B0 fuel used to meet consumer demand is increasingly limited. Biodiesel is a renewable alternative fuel, biodiesel compared to B0 fuel has several disadvantages, namely high viscosity, and lower calorific value than B0. In this study, the raw materials used are castor oil biodiesel and palm oil. This study aims to obtain the characteristics of palm-castor oil biodiesel fuel in the form of power, specific fuel consumption, fuel injection characteristics. This study uses B0 fuel and a mixture of biodiesel variations of B5, B10, B15, and B20 by testing their physical properties. Tests using a single-cylinder diesel engine that is connected to the generator with a load of 5 lamps with the power of each lamp 500 watts. Then the diesel engine performance test, fuel consumption test, and injection characteristics are tested. The results showed that the performance of a 3:2 palm-oil biodiesel diesel engine variation of B5, B10, B15, and B20 produced almost the same power as the B0 fuel. At maximum loading, B5 fuel produces the highest power compared to other variations, because the B5 fuel mix composition is 5% biodiesel compared to 95% B0. B0 fuel is the fuel that consumes the most fuel (wasteful) compared to other types of biodiesel fuel variations. Biodiesel variation of B20 is the most economical fuel because the SFC value of the B20 variation is the lowest compared to other fuel variations. In testing the injection characteristics show that B0 fuel has the widest spray angle. Whereas castor oil has the smallest spray angle.*

**Keywords :** *Biodiesel, Castor Oil, Palm Oil, Diesel Fuel, Diesel Engine Performance, SFC, Injection Characteristics.*

## 1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak (BBM) adalah bahan bakar yang sering digunakan oleh seluruh lapisan masyarakat di Indonesia. Bahan bakar BBM terutama minyak solar (B0) memiliki permintaan yang meningkat dari tahun ke tahun sedangkan bahan bakar minyak solar yang digunakan untuk memenuhi permintaan konsumen semakin terbatas. Motor diesel adalah salah satu dari beberapa jenis mesin yang sering digunakan baik untuk transportasi maupun industri, motor diesel menggunakan B0 sebagai bahan bakarnya (Arismunandar,2004). Efek pemakaian B0 sebagai bahan bakar motor diesel menjadi sumber pencemaran udara dan lingkungan sehingga dapat menimbulkan racun yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Untuk mengurangi permasalahan tersebut, biodiesel menjadi alternatif utama yang digunakan untuk mengganti bahan bakar B0.

Biodiesel mirip dengan bahan bakar diesel atau solar (B0), sehingga biodiesel berpotensi sebagai bahan bakar alternatif yang dapat digunakan pada mesin diesel. Energi nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel seperti tanaman nyamplung, kelapa sawit, biji kapuk, tanaman jarak pagar dan lain-lain (Chandra dkk, 2013). Karena berasal dari bahan baku yang dapat diperbarui. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan (Suwarsono dkk, 2008).

Minyak jarak dan minyak sawit adalah salah satu contoh minyak nabati yang dapat digunakan sebagai campuran pembuatan biodiesel. Tanaman jarak pagar menghasilkan biji yang memiliki kandungan minyak sekitar 30-50% dan mengandung 16-18 atom karbon per molekul sedangkan minyak bumi sebagai bahan baku minyak diesel mengandung 8-10 atom karbon. Kandungan atom karbon yang lebih besar mengakibatkan viskositas minyak jarak lebih kental di bandingkan viskositas minyak bumi (Said dkk, 2010). Selain minyak jarak, minyak sawit merupakan campuran pembuatan biodiesel yang mudah ditemukan di Indonesia dengan harga yang relatif murah. Penggunaan bahan baku minyak sawit pada biodiesel dirasa lebih menguntungkan serta hasilnya lebih ramah lingkungan dan tidak mengandung zat – zat beracun (Sunu dkk, 2013).

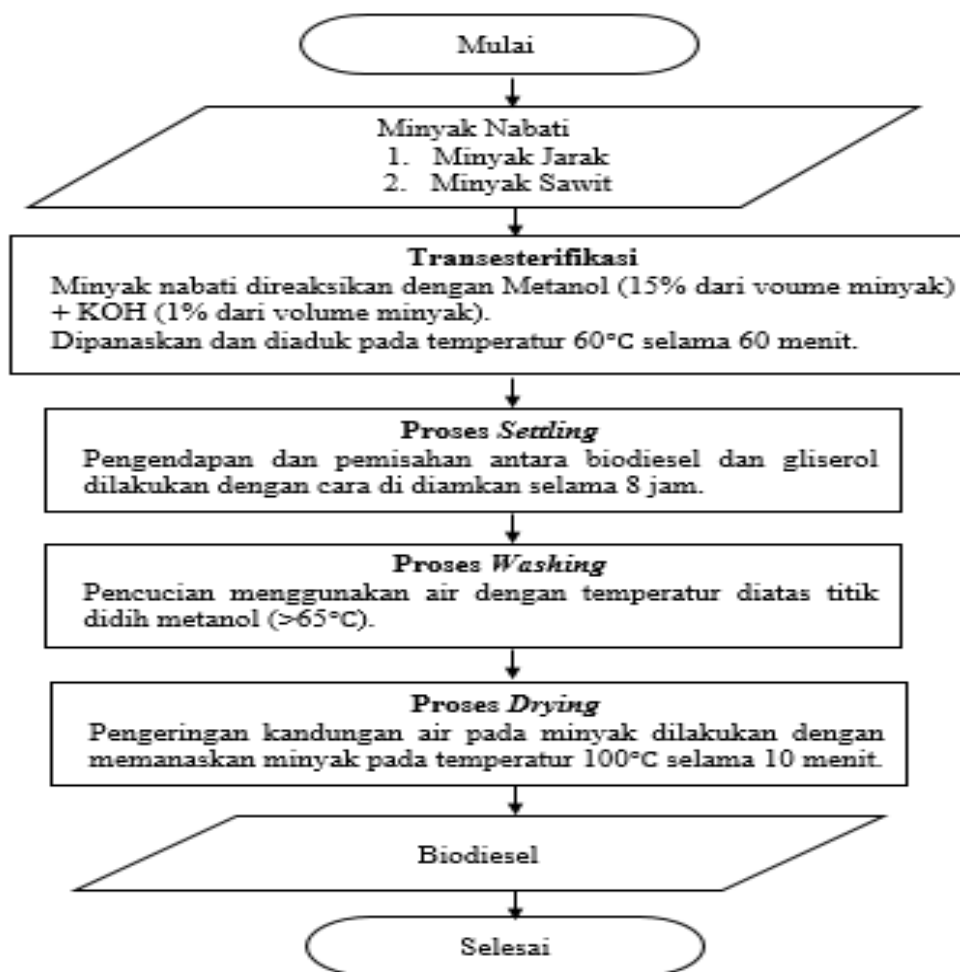
Jarak adalah bahan baku non pangan yang memiliki angka viskositas yang tinggi, sedangkan sawit adalah bahan baku pangan dan memiliki angka viskositas yang lebih rendah, maka dari itu perlu dilakukan pencampuran minyak jarak-sawit sebagai bahan baku biodiesel dengan komposisi 3:2. Perbandingan ini diharapkan minyak sawit bisa memperbaiki sifat karakteristik terutama angka viskositas yang tinggi pada minyak jarak, dan lebih besarnya komposisi minyak jarak dari minyak sawit supaya minyak jarak dapat menjadi titik berat dari minyak sawit yang dikarenakan minyak sawit produksinya cukup berlebihan dan melimpah.

Berdasarkan pemikiran tersebut, maka perlu dilakukan pengujian bahan bakar biodiesel dari bahan baku campuran minyak jarak dan minyak sawit terhadap unjuk kerja (*performance*) mesin diesel.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Proses Pembuatan Biodiesel

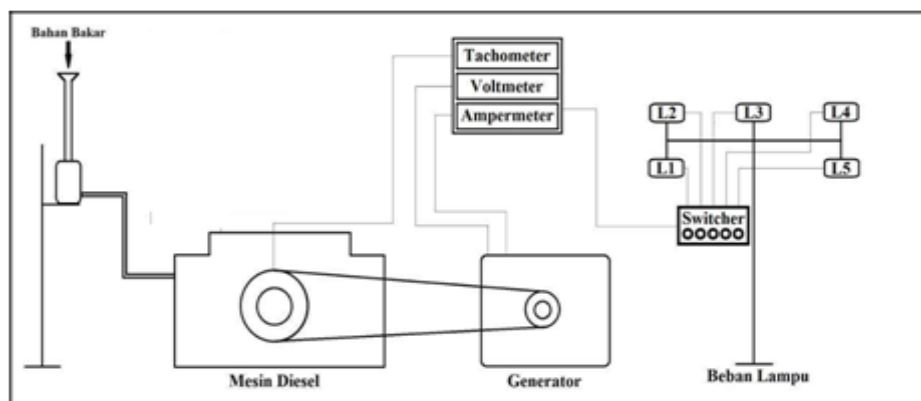
Proses pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi. Dalam proses ini masing-masing minyak nabati direaksikan dengan katalis dan metanol. Secara sederhana proses pembuatan biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Proses pembuatan biodiesel

## 2.2 Pengujian Unjuk Kerja Mesin Diesel

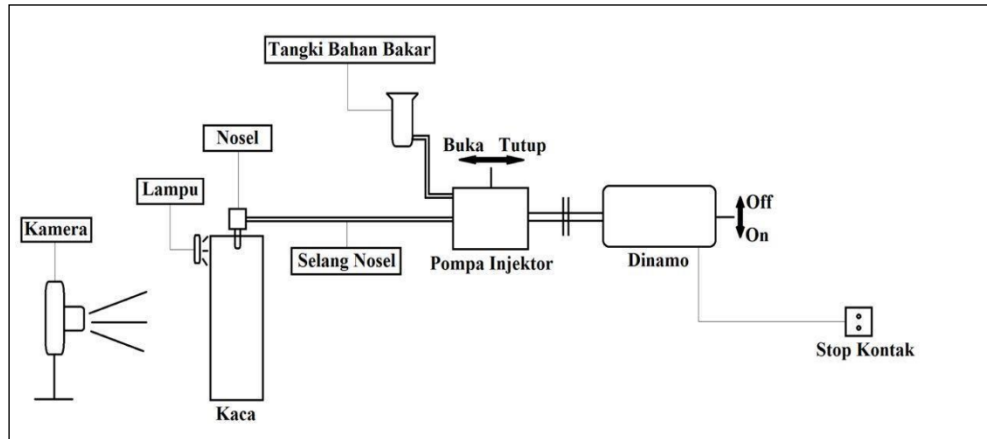
Selanjutnya dilakukan pengujian kinerja mesin diesel dengan tujuan untuk mengetahui performa mesin dengan bahan bakar biodiesel campuran jarak dan sawit variasi B5, B10, B15, dan B20. Pengujian pada bahan bakar B0 sebagai pembanding. Berikut skema dalam pengujian kinerja mesin dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2** Skema pengujian unjuk kerja mesin diesel

### 2.3 Pengujian Karakteristik Injeksi

Pengujian karakteristik injeksi digunakan untuk mengetahui karakter semprotan pada nosel mesin diesel tekanan 1 atm. Pengambilan data menggunakan kamera, data yang didapat berupa objek gambar. Berikut skema pengujian karakteristik injeksi.



**Gambar 3** Skema pengujian karakteristik injeksi

### 2.4 Perhitungan Daya dan Konsumsi Bahan Bakar

Data daya didapatkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kemudian mengkalikan tegangan dengan arus pada mesin diesel sehingga diperoleh hasil daya maksimal mesin.

Konsumsi bahan bakar dapat diketahui dengan melakukan pengujian menggunakan tangki mini dengan buret sebagai alat penampung bahan bakar agar dapat dilakukan proses bongkar pasang. Pada proses ini dilakukan dengan mengisi tangki mini dengan takaran tertentu. Semua proses pengujian dilakukan pada malam hari di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

### 2.5 Perhitungan Besar Sudut Injeksi Bahan Bakar

Besar sudut injeksi bahan bakar diperoleh dengan melakukan uji karakteristik injeksi melalui pengambilan gambar saat bahan bakar di injeksikan, selanjutnya gambar tersebut dianalisa untuk mengetahui besar sudut penginjeksiannya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

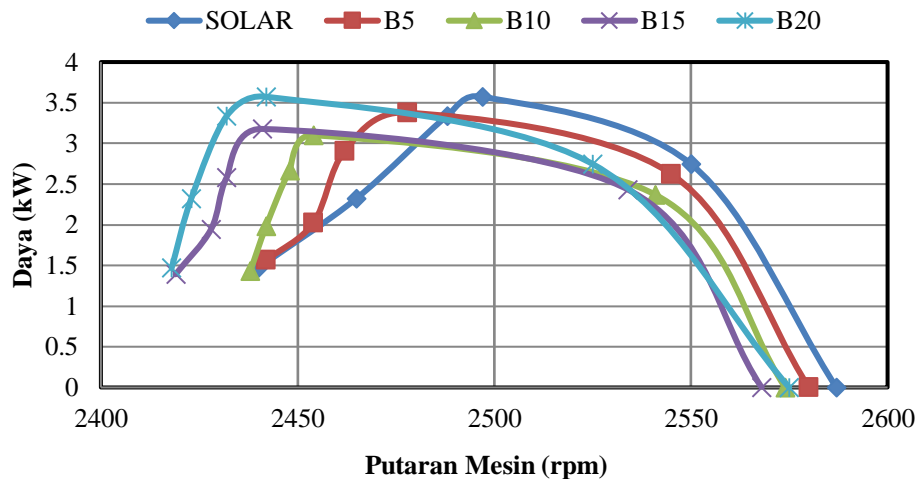
### 3.1 Hasil Pengaruh Jenis Bahan Bakar terhadap Daya Listrik

Pada pengujian ini variasi bahan bakar yang digunakan yaitu bahan bakar B0 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 voltemeter untuk tegangan atau voltase pada alternator.

Berikut hasil uji daya listrik pada putaran mesin dengan bukaan throttle penuh. Data hasil dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4

Tabel 1 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. Putaran Mesin terhadap Daya Listrik

Dapat diketahui dari Gambar 4 bahwa bahan bakar dapat diketahui dari Gambar 4 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

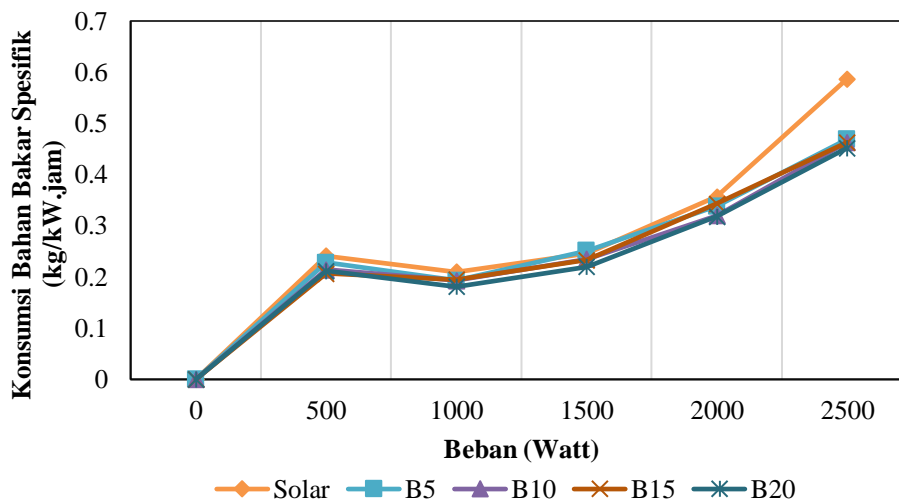
ruang bakar. Semakin tinggi kandungan energi maka pembakaran di dalam ruang bakar juga semakin sempurna, sehingga akan menghasilkan daya keluar (*output*) yang tinggi. Akan tetapi pada bahan bakar variasi B5 terjadi penurunan atau kenaikan daya dibanding dengan solar tetapi tidak begitu signifikan. Hal 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.

**3.2 Hasil Pengaruh Jenis Bahan Bakar terhadap Konsumsi Bahan Bakar**

Dalam pengujian ini menggunakan bahan bakar B0 dan campuran biodiesel solar yang divariasikan menjadi B5, B10, B15, dan B20. Pada perhitungan konsumsi bahan bakar ini menggunakan tangki bahan bakar mini dan burret yang berfungsi untuk mempermudah proses perhitungan konsumsi bahan bakar tersebut. Hasil uji bahan bakar terhadap konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2. 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 5** Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Menggunakan Bahan Bakar B0 dan Biodiesel Variasi B5, B10, B15, dan B20 terhadap Beban Lampu pada Putaran Mesin Maksimal.

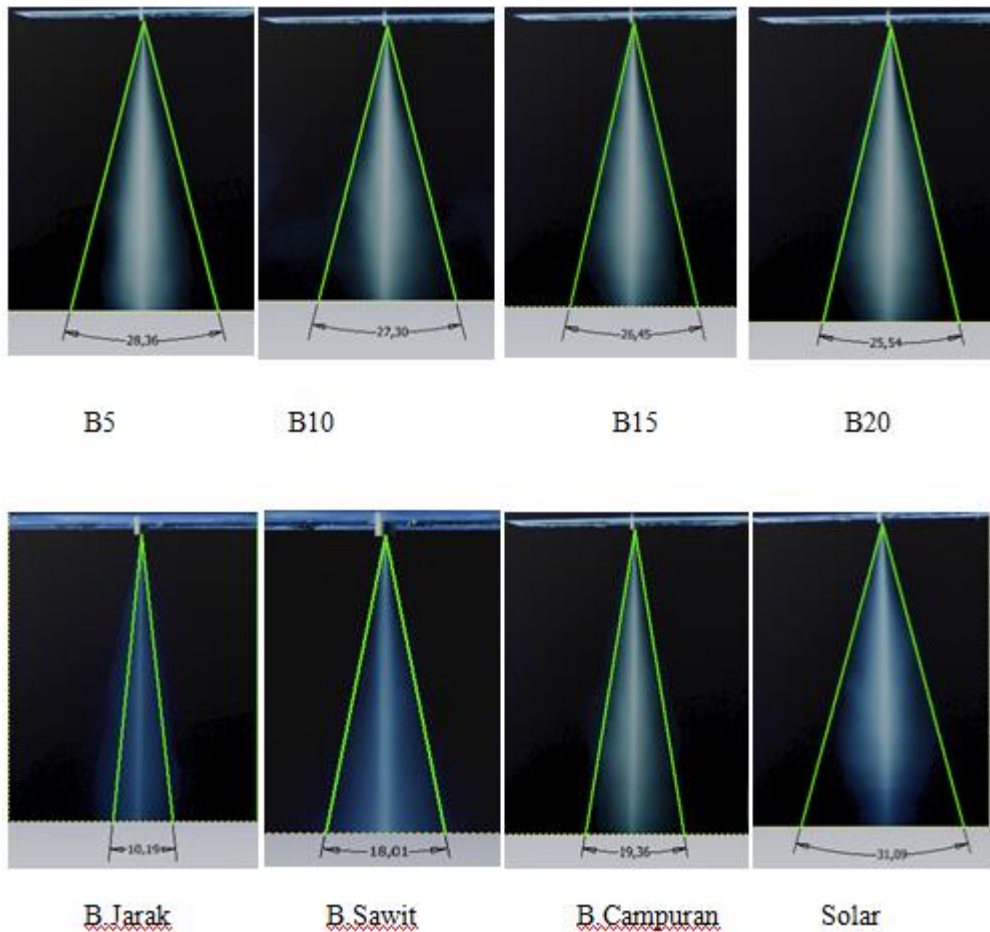
Gambar 5 menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) saat menggunakan bahan bakar B0 memiliki angka yang paling tinggi pada pembebanan dari semua jenis bahan bakar atau merupakan yang paling banyak dalam pengonsumsi bahan bakarnya. Semakin tinggi angka SFC maka semakin banyak juga bahan bakar 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.

### **3.3 Hasil Uji Sudut Semprotan Injektor Bahan Bakar B0, Biodiesel Campuran Jarak dan Sawit dengan Variasi B5, B10, B15, B20**

Pengolahan data mengenai data sudut semprotan dilakukan menggunakan aplikasi Inventor. Berikut hasil pengolahan data sudut semprotan injektor yang disajikan pada Gambar 6 dan pada Tabel 3.





**Gambar 6** Sudut Semprotan Injektor

Tabel 3. 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 3 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. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kinerja mesin diesel bahan bakar biodiesel jarak-sawit 3:2 variasi B5, B10, B15 dan B20 menghasilkan daya hampir sama besarnya dengan bahan bakar B0. Pada pembebanan maksimum bahan bakar B5 menghasilkan daya paling tinggi dibanding bahan bakar variasi lainnya, namun tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan bahan bakar B5 komposisi campurannya 5% biodiesel berbanding 95% B0, sehingga sifat fisik biodiesel variasi B5 tersebut tidak terlalu mempengaruhi nilai sifat fisik bahan bakar B0. Untuk bahan bakar dengan daya terendah dihasilkan oleh variasi B20.
2. B0 merupakan bahan bakar yang paling boros dibandingkan jenis variasi bahan bakar biodiesel lainnya. Biodiesel variasi B20 merupakan bahan bakar terhemat, karena nilai SFC variasi B20 paling rendah dibanding variasi bahan bakar lainnya.
3. Karakteristik injeksi saat penyemprotan bahan bakar dipengaruhi oleh sifat fisik viskositas, semakin tinggi nilai viskositas maka semakin kecil sudut semprotannya. Untuk bahan bakar biodiesel jarak menghasilkan sudut semprotan yang paling kecil dibanding bahan bakar biodiesel sawit dan variasi lainnya, sedangkan bahan bakar B0 menghasilkan sudut yang paling besar.

#### 4. Daftar Pustaka

- Arismunandar, W dan kuichi tsuda.1988. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: Paramudya Paramita.
- Chandra, dkk, 2013,“*Pengaruh PH dan Jenis Pelarut pada Perolehan dan Karakterisasi Pati dari Biji Alpukat*”, Universitas Katolik Parahyangan.
- Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins , C., Cenicerros, E., & Natarajan, M. (2012). *Review of Biodiesel Composition, Properties, and Specifications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 143-169.
- Said, M, Septiarty W, Tutiwi T. 2010. “*Studi Kinetika Reaksi Pada Metanolisis Minyak Jarak Pagar*”, Jurnal Teknik Kimia, No. 1, Vol.17.
- Sunu,dkk. 2013. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga  $\gamma$ -Alumina (CaO/KI/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Dalam Reaktor Fluidized Bed*. Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya
- Suwarsono, WP., Gani, I.Y, dan Kusyanto, 2008,“*Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang yang Berasal dari Pohon Ketapang Yang Tumbuh di Kampus UI Depok*“, Valensi, vol.1,no.2, 44-52.