

## **Analisis Performa Mesin Diesel Caterpillar 3196 5ED04240 Menggunakan Bahan Bakar Solar Dan Biosolar B20 Dengan Metode Eksperimental**

Yusuf Wibisono<sup>1\*</sup>, Wegie Ruslan<sup>2</sup>, dan Nely Toding Bunga<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pancasila, Jl. Raya Lenteng Agung No.56-80, Srengseng Sawah, Kota Jakarta Selatan 12640

<sup>2</sup>Teknik Mesin Universitas Pancasila, Jl. Raya Lenteng Agung No.56-80, Srengseng Sawah, Kota Jakarta Selatan 12640

---

### **Abstrak**

*Penggunaan biosolar B20 dalam pemanfaatan energi diesel di Indonesia terus dikembangkan. Dalam dunia industri, regulasi pemerintah mewajibkan untuk menggunakan bahan bakar jenis diesel tanpa terkecuali. Bahan bakar tersebut sebagai energi terbarukan sehingga mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Pada kuartal III tahun 2018, diluncurkan regulasi biosolar B20 untuk semua industri. Kecemasan pelaku industri karena pengalihan bahan bakar dari solar menjadi biosolar B20 dari segi performa mesin inilah sehingga dilakukan penelitian ini untuk menjawab pertanyaan pelaku industri. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan menggunakan bahan bakar solar dan biosolar B20 terhadap mesin uji berbahan bakar diesel. Dari semua putaran yang telah diuji didapatkan bahwa bahan bakar jenis solar mempunyai kebutuhan bahan bakar spesifik paling ekonomis ketika putaran mesin 2100 rpm dengan nilai 0,064 l/kWh dan tenaga 230,23 HP. Torsi maksimal dicapai ketika putaran 1000 rpm pembebanan 100% dengan nilai 1575 Nm pada bahan bakar jenis solar. Daya teoritis maksimum dihasilkan oleh bahan bakar jenis solar pada putaran mesin 2100 rpm kondisi high idle dengan nilai 235,12 HP. Daya efektif mesin maksimum juga dihasilkan oleh bahan bakar jenis solar pada putaran mesin 2100 rpm kondisi high idle dengan nilai 235,33 HP.*

*Kata-kata kunci: Biosolar B20, Energi Terbarukan, Regulasi Pemerintah, Performa Mesin Diesel*

### **Abstract**

*Biosolar B20 in diesel energy utilization in Indonesia continues to be developed. In the industry, government regulations require the use of diesel fuel without exception. The fuel is a renewable energy that reduces the use of fossil fuels. But in its development, many heavy machinery machines are still using diesel fuel because of previous regulations, there is no policy for using biosolar B20. In the third quarter of 2018, biosolar B20 regulation was launched for all industries. The anxiety of industry players because of the transfer of fuel from diesel fuel to biosolar B20 in terms of engine performance is thus conducting research to answer the questions of industry players. Of all the rounds that have been tested the engine speed 2100 rpm with a value of 0.064 l/kWh and power of 230.23 HP. Maximum torque is 1575 Nm on diesel fuel types. The maximum theoretical power is produced by diesel fuel 235.12 HP. The maximum effective power of the engine value of 235.33 HP*

*Keywords: Biosolar B20, Renewable Energy, Government Regulation, Diesel Engine Performance*

---

\* Corresponding author E-mail address: [yusuf\\_wibisono@rocketmail.com](mailto:yusuf_wibisono@rocketmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan Biosolar B20 dalam pemanfaatan energi diesel di Indonesia terus dikembangkan. Menurut jurnal Kementerian ESDM cetakan pertama pada bulan desember 2016, penerimaan negara dari sektor migas pada tahun 2015 (1 januari s.d. 31 desember 2015) mencapai USD 11,9 miliar dengan perincian untuk penerimaan keuntungan dari minyak bumi sebesar USD 5,7 miliar dan penerimaan keuntungan dari gas bumi sebesar USD 6,2 miliar. Angka ini memenuhi 86% target penerimaan negara pada Revisi WP&B tahun 2015 sebesar USD 13,8 miliar. Dengan besaran angka tersebut, dapat dikatakan bahwa sektor migas di Indonesia merupakan sektor strategis dalam mendorong roda perekonomian nasional, dengan menyumbang sekitar 20% terhadap pendapatan negara per-tahunnya (2010 s.d. 2015) [1].

Pada penelitian yang dikemukakan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) yang disetujui pada tanggal 27 februari 2019 dengan judul pengembangan standar biodiesel B20 mendukung implementasi diversifikasi energi nasional menyatakan bahwa, menipisnya cadangan minyak bumi sehingga menciptakan energi baru terbarukan (EBT) merupakan langkah pemerintah Indonesia untuk mencari dan memanfaatkan kebutuhan energi alternatif untuk sektor energi seperti tertuang pada peraturan pemerintah No. 1/2006 tentang kebijakan energi nasional. Dari solusi tentang energi baru terbarukan itulah maka diciptakanlah campuran bahan bakar untuk diesel khususnya B20 dimana campuran solar sebanyak 80% dan biodiesel 20% [2].

Bahan bakar tersebut terbuat dari campuran solar dan minyak nabati sebagai energi terbarukan sehingga mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Pada kuartal III 2018, diluncurkanlah regulasi pemakaian biosolar B20. Namun pada kenyataannya, regulasi ini juga diperuntukkan untuk sektor industri juga dimana notebenanya seperti industri tambang (alat berat) yang juga harus menggunakan Biosolar B20. Kecemasan dan keraguan pelaku industri karena pengalihan bahan bakar dari solar menjadi biosolar B20 dari segi performa mesin membuat industri setengah hati untuk menyetujui regulasi ini. Untuk itulah penelitian ini dilakukan dengan harapan memberikan solusi pelaku industri dengan cara melakukan pengujian langsung menggunakan alat *dyno test* menggunakan bahan bakar solar dan biosolar B20.

Tujuan dari penulisan ini adalah memberikan hasil pengujian dari indikator – indikator antara lain :

1. Menganalisis kebutuhan spesifik bahan bakar antara solar dan biosolar B20 dengan pengujian langsung menggunakan alat *dyno test engine*.
2. Menganalisis torsi antara solar dan biosolar B20 dengan pengujian langsung menggunakan alat *dyno test engine*.
3. Menganalisis daya teoritis mesin dan daya efektif mesin antara solar dan biosolar B20 dengan pengujian langsung menggunakan alat *dyno test engine*.

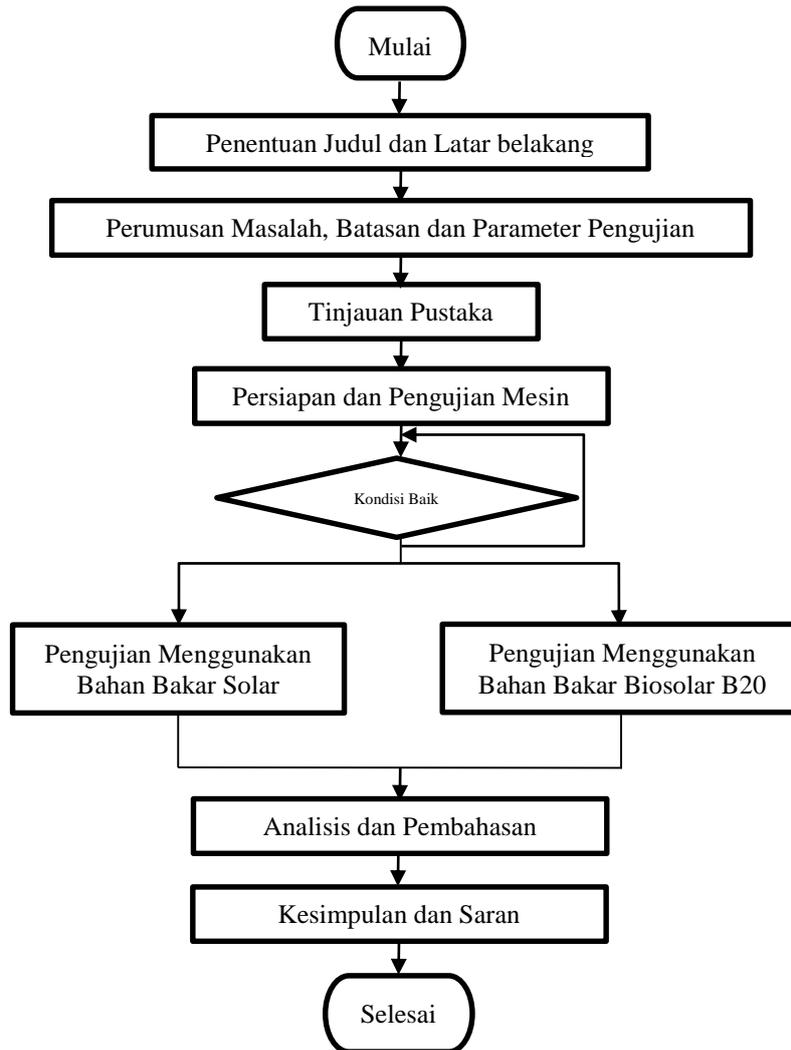
## 2. METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian kali ini adalah, pengujian dilakukan dengan mengambil sampel uji yaitu mesin diesel yang biasa dipakai di daerah tambang menggunakan bahan bakar solar. Kemudian mesin ini di *overhaul* untuk mengembalikan performanya. Kemudian di tes dengan metode eksperimental dengan standar uji yang sudah ditentukan sesuai dengan SOP mesin tersebut dengan menggunakan bahan bakar solar dan biosolar B20.

Spesifikasi mesin uji adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi mesin uji

No.	Jenis	Spesifikasi
1	Konfigurasi <i>engine</i>	<i>Inline</i> 6 silinder, 4 katup per silinder 4 langkah pembakaran
2	Sistem bahan bakar	<i>EUI (Electronic Unit Injector)</i> <i>Direct Injection</i>
3	<i>Bore x Stroke</i>	130 x 150 [mm]
4	<i>Displacement</i>	12 [liter] = 12000 [cm <sup>3</sup> ]
5	Sistem pemasukan udara	<i>Turbocharger</i> dan <i>aftercooler</i>
6	Rasio kompresi	16 : 1
7	Daya maksimal	223 [Hp] @ 2100 [rpm]
8	Torsi maksimal	1572 [Nm] @ 1000 [rpm]
9	Tahun pembuatan	2007



Gambar 1. Diagram alir metode pengujian

Berdasarkan Gambar 1, maka metode pengujian yang dilakukan adalah memulai dan menentukan judul disertai dengan latar belakang pendukung judul. Kemudian dilakukan perumusan, pembatasan masalah dan parameter parameter pengujian. Dalam landasan teori, mencari referensi referensi ilmiah seperti jurnal, tesis, buku sains hasil penelitian, dll. Dalam perkembangan bahan bakar diesel di Indonesia, biosolar B20 menurut R. Choerniadi Tomo, Biofuel 2015 adalah campuran antara solar dengan komposisi 80% dan fame (*fatty acid methyl ester*) 20% [3] yang dihasilkan melalui esterifikasi minyak nabati sehingga menjadi minyak yang dapat dicampur dengan solar [4]. Solar sendiri mempunyai kadar *cetane number* minimal 45 dan biosolar B20 juga mempunyai kadar *cetane number* yang sama [5].

Dalam penelitian yang digunakan, dilakukan pengujian dengan variasi putaran dan pembebanan 800 rpm *low idle*, 2100 rpm *high idle*, 2000 rpm pembebanan 25%, 2000 rpm pembebanan 50%, 2000 rpm pembebanan 75%, 2000 rpm pembebanan 100%, dan 1000 rpm pembebanan 100%. Mesin uji yang digunakan adalah mesin diesel Caterpillar 3196 setelah dilakukan proses *overhaul*. Indikator yang diuji antara lain analisis laju kebutuhan spesifik bahan bakar, torsi, daya teoritis dan daya efektif (Ne). Terakhir adalah melakukan analisis analisis berdasarkan hasil pengujian dan ditarik kesimpulan.

### 3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penyisipan tabel, gambar dan referensi.

#### Analisis Kebutuhan Bahan Bakar Spesifik

Dari hasil pengujian didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil pengujian konsumsi bahan bakar

Putaran (rpm)	Solar			Biosolar B20		
	Daya (HP)	Laju bahan bakar (l/h)	Kebutuhan Bahan Bakar Spesifik (l/kWh)	Daya (HP)	Laju bahan bakar (l/h)	Kebutuhan Bahan Bakar Spesifik (l/kWh)
800	60,67	3,03	0,067	60,45	3,1	0,071
2100	230,23	10,98	0,064	227,76	11,73	0,071
2000 pembebanan 25%	227	18,55	0,087	225,93	18,93	0,088
2000 pembebanan 50%	227,51	34,07	0,091	223,52	37,1	0,098
2000 pembebanan 75%	226,76	49,59	0,096	224,75	51,86	0,097
2000 pembebanan 100%	223,15	54,51	0,114	222,1	60,57	0,119
1000 pembebanan 100%	220,31	58,3	0,107	218,45	63,22	0,112

Dari hasil pada tabel 1, dapat dicari kebutuhan bakar spesifiknya berdasarkan rumus :

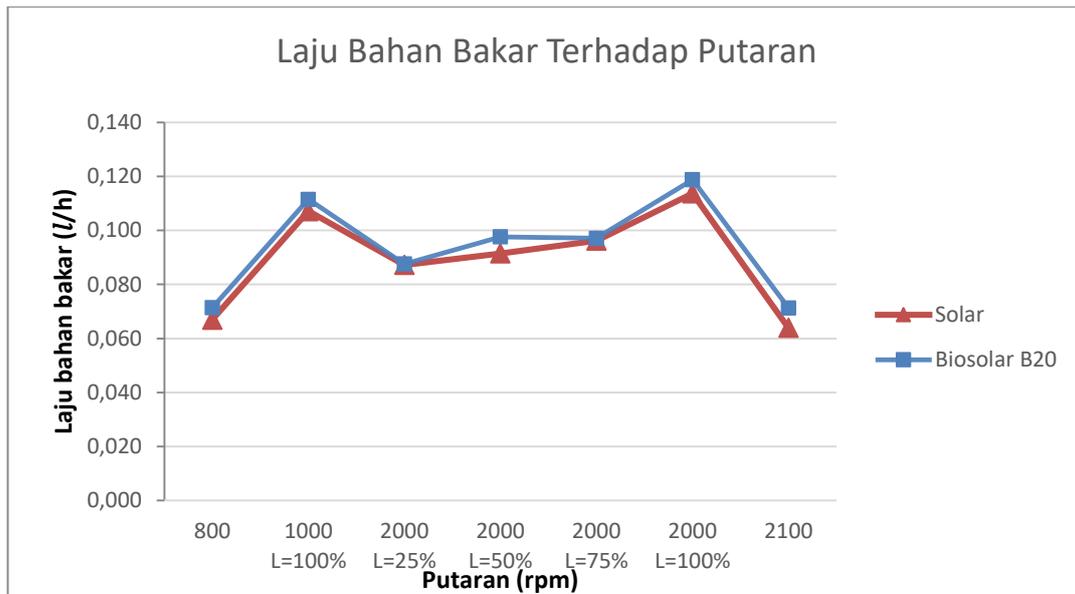
$$Sfc = \frac{mf \left(\frac{kg}{h}\right)}{P (HP)} \left(kg/kWh\right) \quad (1)$$

Keterangan:

SFC = Kebutuhan bahan bakar spesifik dengan satuan kg/kWh

mf = Pemakaian bahan bakar persatuan waktu dengan satuan liter/jam

P = Daya mesin dengan satuan kW



Gambar 2. Grafik kebutuhan bahan bakar spesifik

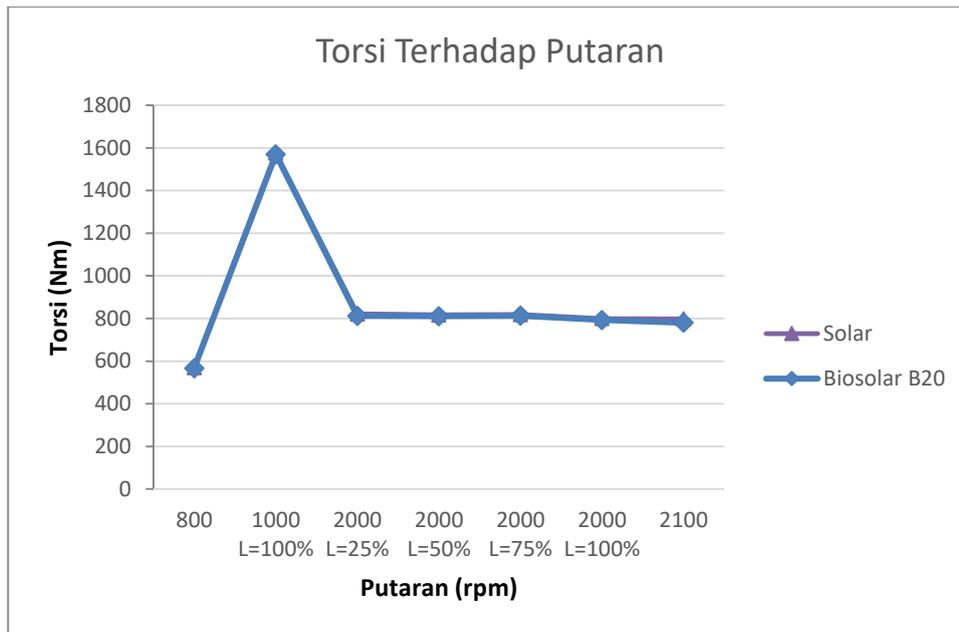
Karena Sfc sebagai parameter yang sering dipakai untuk ukuran ekonomis pemakaian bahan bakar, dengan satuan waktu per jam untuk setiap daya yang dihasilkan. Maka pada grafik gambar 4.2 dapat dilihat bahwa hasil Sfc atau penggunaan bahan bakar yang paling ekonomis terjadi pada saat putaran mesin 2100 rpm dengan jumlah 0,064 l/kWh pada bahan bakar solar yang menghasilkan tenaga 230,23 HP.

Sedangkan hasil Sfc atau penggunaan bahan bakar yang tidak ekonomis terjadi pada saat putaran mesin 2000 rpm pembebanan 100% dengan jumlah 0,119 l/kWh pada bahan bakar biosolar B20 yang menghasilkan tenaga 222,1 HP.

### Analisis Pengujian Torsi

Tabel 3. Hasil pengujian torsi

Putaran (rpm)	Solar	Biosolar B20
	Torsi (Nm)	Torsi (Nm)
800	570	567
2100	798	780
2000	821	812
2000	817	811
2000	818	813
2000	800	793
1000	1575	1570



Gambar 3. Grafik pengujian torsi

Pada gambar 3. memperlihatkan bahwa torsi mesin mencapai torsi yang maksimal ketika kondisi putaran 1000 rpm beban 100% dengan nilai sebesar 1575 Nm untuk bahan bakar solar.

Dan torsi yang paling minimum ketika kondisi low idle 800 rpm dengan nilai sebesar 567 Nm menggunakan bahan bakar biosolar B20. Hal ini menunjukkan bahwa beban sangat mempengaruhi nilai suatu torsi. Dapat disimpulkan juga bahwa putaran berbanding terbalik dari torsi (makin rendah putaran maka torsi yang didapatkan semakin besar).

### Analisis Perhitungan Daya Teoritis

Daya mesin merupakan hubungan kemampuan mesin untuk menghasilkan torsi pada putaran tertentu. Dimana daya menjelaskan besarnya output kerja yang berhubungan dengan satuan waktu atau rata-rata yang dihasilkan oleh mesin.

Tabel 4. Hasil daya teoritis

Putaran mesin (rpm)	Solar			Biosolar B20		
	Torsi (Nm)	Daya Pengujian (HP)	Daya Teoritis (HP)	Torsi (Nm)	Daya Pengujian (HP)	Daya Teoritis (HP)
800	570	60,67	63,98	567	60,45	63,64
2100	798	230,23	235,12	780	227,76	229,82
2000 pembebanan 25%	821	227	230,38	812	225,93	227,86
2000 pembebanan 50%	817	227,51	229,26	811	223,52	227,57
2000 pembebanan 75%	818	226,76	229,54	813	224,75	228,13
2000 pembebanan 100%	800	223,15	224,49	793	222,1	222,52
1000 pembebanan 100%	1575	220,31	220,98	1570	218,45	220,28

Pada tabel 3. didapatkan daya teoritis dengan rumus :

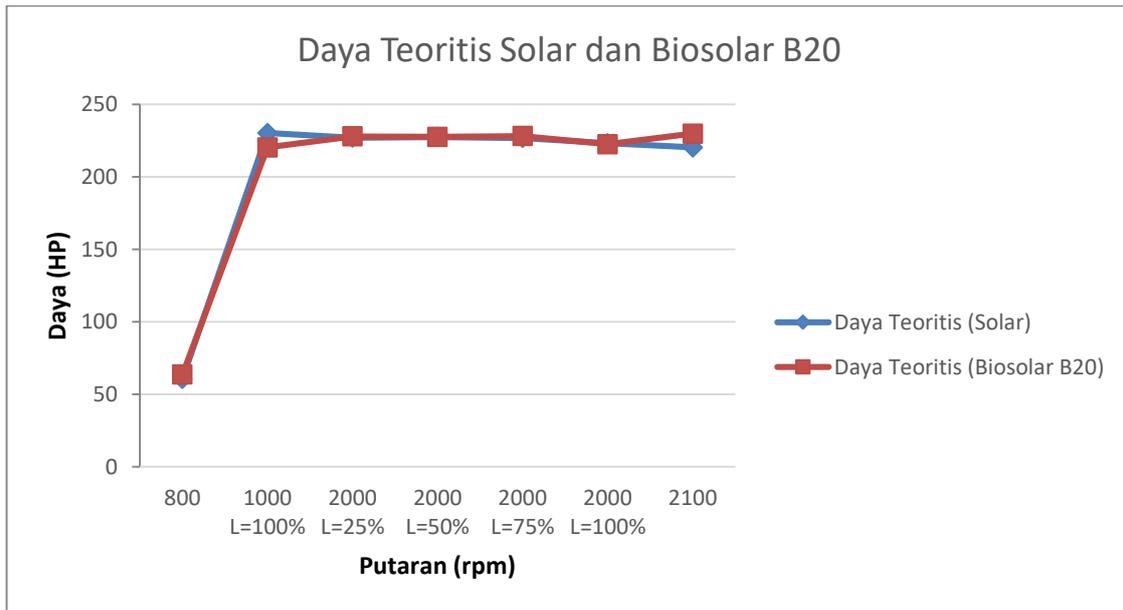
$$P = \frac{2\pi nT}{60 \times 746} HP \quad (2)$$

Keterangan ;

P = Daya pada mesin dengan satuan HP

T = Torsi mesin dengan satuan Nm

n = putaran mesin tersebut dengan satuan rpm



Gambar 4. Grafik daya teoritis

Dari grafik gambar 4. dapat disimpulkan bahwa daya teoritis maksimum dihasilkan oleh bahan bakar jenis solar pada putaran mesin 2100 rpm kondisi high idle dengan nilai 235,12 HP.

### Analisis Daya Efektif (Ne)

Daya efektif adalah tenaga motor yang terdapat pada poros engkol tanpa kerugian – kerugian jelas, tenaga efektif merupakan sebuah tenaga yang murni keluar dari mesin. Faktor yang mempengaruhi besarnya daya ini tergantung dari besarnya torsi dan putaran yang dihasilkan.

Tabel 5. Hasil daya efektif (Ne)

	Solar		Biosolar B20	
	Torsi (Nm)	Daya efektif (HP)	Torsi (Nm)	Daya efektif (HP)
800 rpm <i>low idle</i>	570	64,04	567	63,70
2100 rpm <i>high idle</i>	798	235,33	780	230,03

2000 rpm load idle pembebanan 25%	821	230,59	812	228,06
2000 rpm load idle pembebanan 50%	817	229,46	811	227,78
2000 rpm load idle pembebanan 75%	818	229,75	813	228,34
2000 rpm load idle pembebanan 100% full load	800	224,69	793	222,72
1000 rpm load idle pembebanan 100% full load	1575	221,18	1570	220,48

Pada tabel 4. didapatkan daya efektif (Ne) dengan rumus :

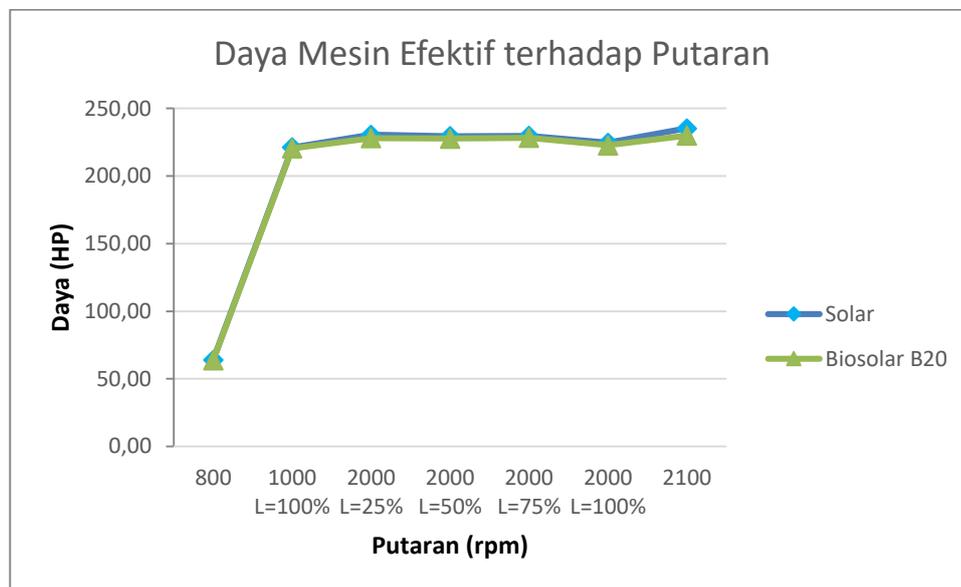
$$Ne = \frac{T \times n}{716,2} PS \quad (2)$$

Dimana :

Ne = Daya mesin efektif dengan satuan PS

T = Torsi mesin dengan satuan Nm

N = putaran mesin dengan satuan rpm



Gambar 5. Grafik daya efektif (Ne)

Dari grafik gambar 5. daya efektif mesin maksimum juga dihasilkan oleh bahan bakar jenis solar pada putaran mesin 2100 rpm kondisi high idle dengan nilai 235,33 HP.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan pengujian performa yang telah diuji dan dianalisis dari bahan bakar solar dan biosolar B20 antara lain :

1. Kebutuhan spesifik bahan bakar yang paling ekonomis terjadi pada bahan bakar solar ketika putaran mesin 2100 rpm dengan nilai 0,064 l/kWh dan tenaga 230,23 HP
2. Torsi maksimal yang dapat dicapai terjadi ketika putaran 1000 rpm pembebanan 100% dengan nilai 1575 Nm pada bahan bakar jenis solar.
3. Daya teoritis maksimum dihasilkan oleh bahan bakar jenis solar pada putaran mesin 2100 rpm kondisi *high idle* dengan nilai 235,12 HP. Sedangkan daya efektif mesin maksimum juga dihasilkan oleh bahan bakar jenis solar pada putaran mesin 2100 rpm kondisi *high idle* dengan nilai 235,33 HP.

Dari semua indikator yang diuji bahan bakar solar memiliki perbedaan dan lebih unggul daripada biosolar B20, namun dari segi performa menggunakan bahan bakar biosolar B20 masih masuk spesifikasi mesin diesel yang diizinkan.

#### REFERENSI

1. Pusat Data dan Teknologi Informasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, “*Dampak Kegiatan Usaha Hulu Migas terhadap Perekonomian Regional Wilayah Kerja Migas*”. Jurnal Publikasi Hasil Kajian 2016.
2. A. Wibowo, H. Febriansyah, dan S. Suminto, “*Pengembangan Standar Biodiesel B20 Mendukung Implementasi Diversifikasi Energi Nasional*,” Jurnal publikasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Standardisasi BSN, vol. 21, no. 1, p. 55, 2019.
3. R. Choerniadi Tomo, “*Biofuel*”, Jurnal Penelitian bersama PT. Pertamina pp. 71–75, 2015.
4. Z. Tamam, “*Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Sistem Dual Fuel solar dan Syngas Batubara*”, Tesis Magister Teknik Mesin ITS, vol. 67, no. 6, pp. 14–21, 2015.
5. Pertamina, “*Biosolar B20*,” Hasil Test Report *gasoline* dan *diesel* kuartal 1 2019.