

Analisis Unjuk Kerja Four-Stroke Diesel Engine Dengan Bahan Bakar Multi-Feedstock Biodiesel (Minyak Kelapa Sawit, Minyak Kemiri, Minyak Biji Jarak)

Moch. Alfian¹, Edi Haryono, S.T., M.T.², Aminatus Sa'diyah, S.Si., M.T.³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia¹

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: <mailto:moch.alfian@student.ppns.ac.id>^{1*}; <mailto:ami.sadiyah@ppns.ac.id>^{2*}; mailto:edi_haryono@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - This study aims to analyze the performance of four-stroke diesel engines using multi-feedstock biodiesel fuel (palm oil, candlenut oil, and castor seed oil). The three raw materials will be combined and will be mixed with Pertamina Dex, so that it becomes B20, B35, and B100. Experiments were carried out with engine speed variations of 900, 950, 1000, 1050 rpm and loading variations of 1000 watts, 2000, watts, and 3000 watts. The results showed that the use of multifeed-stock biodiesel B20, B35, and B100 affected the performance of the engine produced. Power and torque values tend to increase when using B20, B35, and B100 fuel. However, the gsfk value produced is not determined by the greater the percentage of biodiesel. B100 fuel is the highest fuel in producing power and shock, while B35 is the lowest gsfk value fuel.

Keywords: Performance, Four-Stroke Diesel Engine, Biodiesel.

Nomenclature

P	= Daya (Watt)
I	= Arus Listrik (Ampere)
V	= Tegangan (Volt)
$\sqrt{3}$	= Tegangan 3 Phasa
ρ	= Massa Jenis Fluida (kg/m ³)
Cos φ	= Faktor daya
T	= Torsi (Nm)
N	= Kecepatan Putaran Motor (RPM)
V	= Volume Bahan Bakar (m ³)
t	= Waktu (s)
FCR	= Laju Bahan Bakar (g/h)
GSFC	= Konsumsi Spesifik Bahan Bakar (g/kWh)

1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber daya alam yang dihasilkan di Indonesia adalah minyak bumi. Namun, kondisi minyak bumi di negara ini mengalami fluktuasi yang menyebabkan kerugian, mengingat nilainya yang sangat berharga dan penting sebagai sumber bahan bakar kendaraan dan industri. Karena minyak bumi termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, perlu adanya bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan dapat terurai kembali. Oleh karena itu, biodiesel menjadi solusi yang menjanjikan.

Biodiesel merupakan salah satu bentuk perubahan biomassa yang dapat mensubstitusi BBM yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi [4]. Biodiesel, umumnya dibuat

melalui suatu proses kimia yang disebut reaksi transesterifikasi atau esterifikasi, yaitu suatu reaksi senyawa ester dan alkohol dengan menggunakan suatu katalisator [1]. Di Indonesia, pengembangan biodiesel telah memiliki peran strategis dan memberikan dampak positif di berbagai aspek. Pada tahun 2020, Indonesia menjadi pionir dalam penggunaan biodiesel B30, dengan rencana untuk meningkatkan tingkat pencampuran lebih lanjut, hingga B35.

Berbagai jenis bahan mentah berpotensi digunakan dalam proses produksi biodiesel, termasuk biji kemiri, minyak kelapa sawit, dan minyak biji jarak. Biji kemiri memiliki potensi sebagai sumber bahan baku yang menjanjikan untuk pembuatan biodiesel. Hal ini disebabkan oleh kandungan minyak yang tinggi dalam biji kemiri, mencapai 57-69% dari total berat biji kemiri. Selain itu, minyak yang diekstraksi dari biji kemiri ini memiliki sifat yang membuatnya mudah terbakar [3]. Pada penelitian [6] Hasil uji dari proses pembakaran mengindikasikan bahwa bahan bakar yang berasal dari biji kemiri menunjukkan kinerja pembakaran yang lebih unggul jika dibandingkan dengan bahan bakar solar (HSD). Hal ini terlihat dari perbandingan nilai knocking antara biodiesel kemiri dan HSD, dimana biodiesel kemiri memiliki nilai knocking yang lebih rendah, yakni sebesar 5,69 bar, sedangkan bahan bakar HSD memiliki nilai knocking sebesar 6,19 bar.

Minyak kelapa sawit, juga dikenal sebagai CPO (Crude Palm Oil) adalah minyak mentah yang diperoleh dari buah kelapa sawit. Minyak ini memiliki warna merah keemasan dan dihasilkan melalui proses ekstraksi atau pengempaan daging buah kelapa sawit. Pada penelitian [2] menunjukkan pemanfaatan campuran CPO sampai secara langsung sebagai bahan bakar tanpa memerlukan pemanasan dengan unjuk kerja maksimal pada campuran CPO 30%. Pemanasan campuran CPO menurunkan densitas dan viskositas bahan bakar serta memperpendek *ignition delay* sehingga pembakaran yang terjadi lebih baik.

Sementara itu, jarak pagar juga menjadi pilihan unggulan karena dapat tumbuh di lahan yang kritis dan memiliki karakteristik minyak yang sesuai untuk biodiesel. Minyak jarak diperoleh dengan cara mengempa biji jarak dan diikuti dengan ekstraksi menggunakan normal-heksan atau pelarut lain seperti normal heptan, di etil eter dan lain-lain. Bahkan kandungan minyak yang ada pada biji jarak berkisar antara 54-70% [5].

Penelitian ini akan menggabungkan ketiga bahan baku (minyak kelapa sawit, minyak kemiri, minyak biji jarak) untuk membuat *multi-feedstock* biodiesel. Penelitian ini akan dilakukan dengan variasi campuran biodiesel dan Pertamina dex, yaitu B20 (20% biodiesel), B35 (35% biodiesel), dan B100 (100% biodiesel), untuk menguji pengaruhnya terhadap unjuk kerja mesin diesel *four-stroke*. Parameter kinerja mesin yang dikaji adalah daya, torsi, dan *gsfc* yang dihasilkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN.

Metode penelitian merupakan sistematis pelaksanaan pada suatu penelitian. Dalam melakukan penelitian ini sebagai berikut :

2.1 Studi Literatur

Peneliti melakukan studi dengan berbagai literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian. Studi literatur bersumber dari website di internet, siaran pers Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, jurnal.

2.2 Setting Up Engine

Setting up engine dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja pada motor diesel sebagai permulaan untuk mengetahui kerja dari motor diesel yang akan digunakan sebagai pengujian. Motor diesel yang digunakan untuk pengujian adalah motor diesel 4 langkah.

2.3 Pra-Eksperimen

Pra-eksperimen dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar konvensional yaitu solar. Data yang didapatkan akan dijadikan

sebagai data awal sekaligus data pembanding dengan data yang dihasilkan pada saat pengujian dengan B20, B35, dan B100.

2.4 Pencampuran Biodiesel

Pencampuran ini dilakukan untuk mendapatkan hasil *multi-feedstock* biodiesel dari minyak kelapa sawit, minyak kemiri dan minyak biji jarak dengan perbandingan 1:1:1 sebelum dicampur dengan Pertamina dex.

2.5 Pembuatan B20, B35, B100

Untuk pembuatan bahan bakar B20, B35, dan B100 adalah dengan cara mencampurkan *multi-feedstock* biodiesel dengan Pertamina dex. Tabel 1 menunjukkan prosentase komposisi campuran *multi-feedstock* biodiesel dengan Pertamina dex.

Tabel 1 : Prosentase Komposisi Campuran *Multi-feedstock* Biodiesel dengan Pertamina Dex.

Kode	<i>Multi-feedstock</i> Biodiesel	Pertamina Dex
B20	20%	80%
B35	35%	65%
B100	100%	0

2.6 Analisa Karakteristik *Multi-feedstock* Biodiesel

Setelah bahan bakar campuran B20, B35, dan B100 telah dibuat selanjutnya adalah analisa karakteristik *multi-feedstock*. Tujuannya adalah untuk melihat karakteristik flash point, viskositas, densitas, nilai kalor dan angka setana dari biodiesel yang sudah dibuat yaitu B20, B35 dan B100.

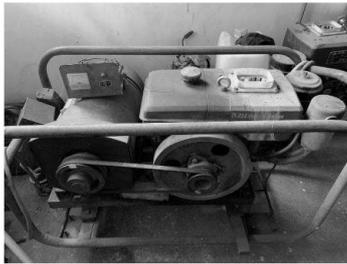
2.7 Pengujian dan Pengambilan Data

Tahap ini akan dilakukan pengujian serta pengambilan data terhadap *four-stroke* diesel engine.

Tabel 2 : Spesifikasi Mesin Diesel 4 Tak

SPECIFICATION			
ENGINE		DYNAMOMETER	
Type	4 Cycle, Dong Feng R180A Hopper	Type	A.C.SYNCHRONOUS GENERATOR STC-5
Daya Maksimum	8 HP / 2600 RPM	Power	5Kw / 6.3 KVa
Berat	78 Kg	Voltage	380/660V
Kapasitas Tanki Bahan Bakar	5,88 Liter	Arus Listrik	5,5 A
Kapasitas Mesin	402 cc	Cos ϕ	0,8
Diameter x Langkah Piston	80 x 80	Number of Phase	3
Perbandingan Kompresi Pembakaran	21:01	Frequence	50 Hz
Dimensi (PxLxT) mm	380 x 590 x 550	Speed	1500 RPM
Jumlah Silinder Mesin	1	Excit Volt.	82 V
Sistem Pendingin	Hopper	Excit Current	3.6 A

Sistem Penyalaan	Engkol / Manual	
Sistem Pembakaran	Injeksi Langsung	



Gambar 1. Dong Feng Four-Stroke Diesel Engine

2.8 Perhitungan Daya, Torsi, dan GSFC

Perhitungan daya, torsi dan *gsfc* berbekal dari data yang telah diperoleh dari pengujian pencampuran bahan bakar pertamina dex dengan *multi-feedstock* biodiesel pada *four-stroke diesel engine*.

Daya

Persamaan untuk mencari daya generator 3 fasa:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad (1)$$

Torsi

Torsi adalah gaya rotasi atau momen gaya yang diterapkan pada suatu benda untuk menyebabkan putaran atau gerakan rotasi pada benda tersebut. Dalam konteks mesin atau peralatan mekanis, torsi mengacu pada kekuatan atau daya yang digunakan untuk memutar atau menggerakkan suatu komponen dalam perputarannya. Besaran torsi dapat dihitung apabila daya dan kecepatan motor diketahui, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut

$$T = \frac{P \times 60 \times 1000}{2\pi \times N} \quad (2)$$

Konsumsi Bahan Bakar

Persamaan untuk mencari konsumsi bahan bakar yaitu

$$FCR = \frac{V \times \rho}{t} \quad (3)$$

GSFC

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan parameter unjuk kerja generator yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah generator. Persamaan yang digunakan untuk mencari konsumsi bahan bakar spesifik menurut [7] yaitu:

$$GSFC = \frac{FCR}{P} \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Karakteristik Biodiesel

Data hasil pengujian karakteristik pertamina dex dan bahan bakar *multi-feedstock* biodiesel dengan variasi B20, B35, dan B100.

Tabel 3 : Hasil Uji Karakteristik Biodiesel

Bahan Bakar	Titik Nyala (°C)	Densitas (kg/m ³)	Viskositas (cSt)
Pertamina Dex	55	820-860	2,0-4,5
B20	62	830,8	2,2858
B35	67	841,56	2,4314
B100	132	877,44	3,2475

Bahan Bakar	Angka Setana	Nilai Kalor (cal/g)
Pertamina Dex	55 (min)	10,401
B20	74,6	10,623
B35	74,7	10,370
B100	75,9	9,287

3.2 Pengujian Performa Mesin Diesel Four-Stroke

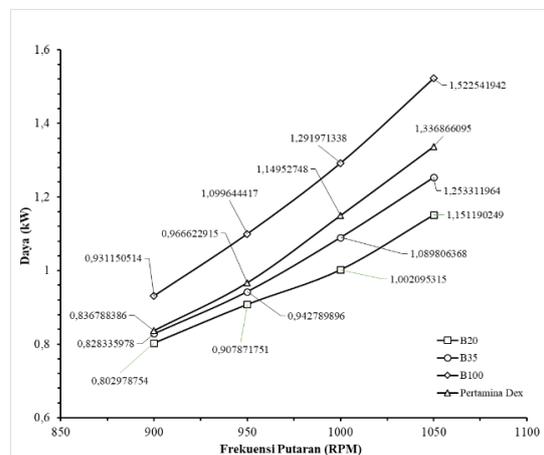
1. Daya

Berikut contoh perhitungan uji performa bahan bakar B20.

Perhitungan daya generator 3 fasa di RPM 900 pada beban 1000 watt.

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\
 &= \sqrt{3} \times 135 \times 27 \times 0,8 \\
 &= 374,12297 \text{ Watt} \\
 &= 0,37412297 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Hasil uji yang terlihat Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada saat mesin beroperasi pada kecepatan 1050 rpm dan beban lampu 3000 watt dengan menggunakan bahan bakar B100, didapatkan daya maksimum sebesar 1,522 kW. Sedangkan, daya minimum sebesar 0,37 kW terjadi saat mesin berputar pada 900 rpm dengan bahan bakar B20 dan beban lampu 1000 watt.



Gambar 2. Daya Mesin Untuk Beban Lampu 3000 Watt

2. Torsi

Berikut contoh perhitungan uji performa bahan bakar B20.

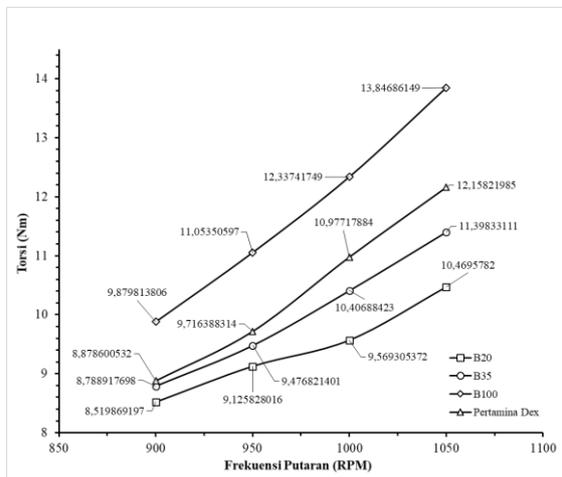
Perhitungan torsi di RPM 900 pada beban 1000 watt.

$$T = \frac{P \times 60 \times 1000}{2\pi \times N}$$

$$T = \frac{0,37412297 \times 60 \times 1000}{2 \times 3,14 \times 900}$$

$$= 3,969568047 \text{ Nm}$$

Hasil uji yang terlihat Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pada saat mesin beroperasi pada kecepatan 1050 rpm dan beban lampu 3000 watt dengan menggunakan bahan bakar B100, didapatkan torsi maksimum sebesar 13,847 Nm. Sedangkan, torsi minimum sebesar 3,97 Nm terjadi saat mesin berputar pada 900 rpm dengan bahan bakar B20 dan beban lampu 1000 watt.



Gambar 3. Torsi Mesin Untuk Beban Lampu 3000 Watt

3. GSFC

Berikut contoh perhitungan uji performa bahan bakar B20.

Perhitungan *gsfc* di RPM 900 pada beban 1000 watt.

$$FCR = \frac{v \times \rho}{t}$$

$$FCR = \frac{25 \times 0,8308}{168,72}$$

$$= 0,123107015 \text{ gr/s}$$

$$= 443,1852532 \text{ gr/h}$$

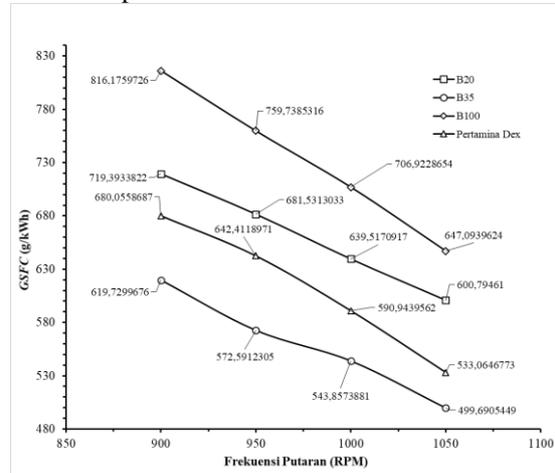
$$GSFC = \frac{FCR}{P}$$

$$GSFC = \frac{443,1852532}{0,37412297}$$

$$= 1184,597802 \text{ gr/kWh}$$

Hasil uji yang terlihat Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa pada saat mesin beroperasi pada kecepatan 900 rpm dan beban lampu 1000

watt dengan menggunakan bahan bakar B100, didapatkan nilai *gsfc* tertinggi sebesar 1141,824 g/kWh Nm. Sedangkan, nilai *gsfc* terendah sebesar 465,84 g/kWh terjadi saat mesin berputar pada 1050 rpm dengan bahan bakar B35 dan beban lampu 2000 watt.



Gambar 4. Nilai GSFC Mesin Untuk Beban Lampu 3000 Watt

4. KESIMPULAN

Prosentase multi-feedstock biodiesel berpengaruh terhadap nilai daya, torsi dan *gsfc* yang dihasilkan. Semakin besar prosentase, semakin besar nilai daya dan torsi dan yang dihasilkan. B100 menjadi bahan bakar paling optimal dalam menghasilkan daya dan torsi yang dibutuhkan. Namun tidak untuk nilai *gsfc*nya karena semakin besar prosentase tidak menentukan bahwa semakin besar nilai *gsfc* yang dibutuhkan. B35 menjadi bahan bakar paling optimal pada nilai *gsfc* yang dibutuhkan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengakui bahwa penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan, panduan dan dorongan dari berbagai pihak, penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Edi Haryono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I.
2. Ibu Aminatus Sa'diyah, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing II.
3. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
4. Kerabat dan sahabat seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Devita, L. (2015). Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif. *Agrica Ekstensia*, 9(2), 23–26.

- [2] Hasoloan, R. R. (2008). Studi Pemanfaatan Minyak Kelapa Sawin (CPO) sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel Genset.
- [3] Herdyansah, A. (2021). Analisis Unjuk Kerja Motor Diesel 4 Langkah 1 Silinder Menggunakan Campuran Bahan Bakar Solar dan Biosolar Minyak Biji Kemiri (*Alueritis moluccana*). Tugas Akhir
- [4] Kolo, S. M. D., Siburian, R. A. F., & Lulan, T. Y. K. (2016). Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*). Pendidikan Biologi, 1(1), 6–8.
- [5] Moch. Setyadi, Mashudi, E. S. (2003). Studi Pembuatan Minyak Biodiesel dari Biji Jarak. 226–233.
- [6] Pujinaufal, V. I. (2018). Analisis Pengaruh Penggunaan Biodiesel Biji Kemiri (*Aluerities moluccana*) terhadap Proses Pembakaran dan Kadar Emisi NO_x pada Mesin Diesel Satu Silinder.
- [7] Semin, Iswantoro, A., & Faris, F. (2017). Performance and NO_x Investigation on Diesel Engine using Cold EGR Spiral Tube: A Review. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, 1(3), 213–220.