

# ANALISIS UNJUK KERJA TERHADAP *FOUR STROKE DIESEL ENGINE* DENGAN BAHAN BAKAR *MULTI-FEEDSTOCK BIODIESEL* (MINYAK KELAPA SAWIT, MINYAK JELANTAH, MINYAK KEDELAI)

Irvan Andrean S.W <sup>1\*</sup>, Aminatus Sa'diyah, S.Si., M.T. <sup>2</sup> Subagio Soim, S.T., M.T. <sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Email: [irvanandreaan@student.ppns.ac.id](mailto:irvanandreaan@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [bagiosoim@gmail.com](mailto:bagiosoim@gmail.com)<sup>2\*</sup>; [ami.sadiyah@ppns.ac.id](mailto:ami.sadiyah@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

---

**Abstract** - The use of diesel fuel, a finite alami resource, will eventually reach its limits. As a result, finding alternative fuels like biodiesel has become crucial. Biodiesel is renewable and typically sourced from biological materials such as plants and animals, offering a more eco- friendly alternative. Common feedstocks for biodiesel production include palm oil, used cooking oil, and soybean oil. In this study, these three oils were converted into biodiesel through esterification and transesterification processes and then blended to create multi- feedstock biodiesel. This biodiesel was mixed with HSD ( Pertamina Dex) to produce fuel blends of B20, B35, and B100. The characteristics of these blends, such as flash point, density, and viscosity, were tested, revealing that B100 biodiesel met the quality standards specified by SNI. Additionally, B100 biodiesel exhibited the highest power and torque, whereas Pertamina Dex demonstrated the most efficient fuel consumption. The tests were performed on a four- stroke diesel engine with lamp loads of 1000 watts, 2000 watts, and 3000 watts, and engine speeds ranging from 1000 rpm to 1400 rpm.

**Keywords:** Four stroke Diesel Engine, Petroleum, Multi-feedstock biodiesel performance

---

## Nomenclature

I	= Arus listrik (Ampere)
V	= Tegangan (Volt)
P	= Daya (Watt)
T	= Torsi (Nm)
$\sqrt{3}$	= Tegangan 3 Phasa
N	= Kecepatan Putaran Motor (RPM)
$\rho$	= Massa Jenis Bahan Bakar (kg/m <sup>3</sup> )
$\cos \phi$	= Factor daya
V	= Volume Bahan Bakar (m <sup>2</sup> )
t	= Waktu (s)
FCR	= laju Bahan bakar(gr/h)
GSFC	= Konsumsi Spesifikasi Bakar Bakar (g/kW)

## 1. PENDAHULUAN

Sumber daya alam( SDA) dibagi menjadi 2 jenis utama: biotik serta abiotik. Sumber energi abiotik meliputi sumber energi yang tidak bisa diperbarui, semacam minyak bumi, yang penggunaannya secara berkepanjangan sudah menimbulkan pengurangan cadangan global. Dalam upaya untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya ini, manusia telah beralih ke

sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan, seperti bioenergi. Bioenergi adalah energi terbarukan yang diperoleh dari materi organik, baik dari tumbuhan maupun hewan, dan dapat dikonversi menjadi biofuel, seperti bioetanol dan biodiesel [1].

Biodiesel merupakan bahan bakar yang bisa diperbarui untuk mesin diesel, yang terbuat dari lemak hewan ataupun tumbuhan. Biodiesel, yang pula diketahui selaku metil ester asam lemak( Fatty Acid Methyl Ester ataupun FAME), merupakan pengganti yang lebih ramah lingkungan untuk minyak bumi (diesel petroleum). Proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan berbagai metode, termasuk esterifikasi dan transesterifikasi, yang melibatkan reaksi antara ester dan alkohol dengan bantuan katalis. Biodiesel dinilai sebagai alternatif bahan bakar yang menjanjikan karena dampaknya yang lebih baik terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Biodiesel bisa digunakan dalam bentuk murni atau sebagai campuran, dirancang khusus untuk mesin diesel, serta mampu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Program biodiesel di Indonesia dimulai pada tahun 2008 dengan campuran sebesar 2,5%.

Persentase ini meningkat menjadi 7,5% pada tahun 2010, kemudian menjadi 15% pada April 2015, dan mencapai 20% atau B20 pada Januari 2016. Campuran ini kemudian dinaikkan lagi menjadi B30. Pada Februari 2023, program B35 diluncurkan untuk mengurangi impor bahan bakar fosil dan meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan, yang sekaligus bertujuan untuk menghadapi fluktuasi harga minyak dunia dan mengurangi impor solar. Program B35 juga bertujuan untuk menyediakan energi bersih secara berkelanjutan, dengan mewajibkan pencampuran biodiesel sebesar 35% dalam bahan bakar minyak solar[2].

Salah satu bahan baku utama biodiesel adalah minyak nabati, seperti minyak kelapa sawit, yang dikenal sangat produktif serta digunakan dalam bermacam produk seperti margarin, sabun, serta kosmetik. Tetapi, tingginya permintaan terhadap minyak kelapa sawit sudah menimbulkan deforestasi serta perluasan lahan, dan kenaikan emisi karbon akibat pembakaran hutan. Oleh sebab itu, diversifikasi bahan baku biodiesel jadi penting, dengan minyak jelantah serta minyak kedelai selaku alternatif yang potensial. Minyak jelantah, yang merupakan limbah serta bisa mencemari lingkungan, bisa dimanfaatkan untuk penciptaan biodiesel, sehingga mengurangi akibat pencemaran lingkungan.

Minyak kedelai juga dipilih sebagai bahan baku biodiesel karena kedelai merupakan komoditas pangan utama di Indonesia setelah padi. Penciptaan olahan kedelai semacam tempe serta tahu menghasilkan limbah, di mana limbah cair tahu sudah dimanfaatkan buat penciptaan lateks serta biogas, sedangkan ampas tahu umumnya cuma digunakan selaku pakan ternak. Sementara itu, ampas tahu mempunyai kemampuan yang lebih besar sebab memiliki lemak yang bisa diekstrak jadi minyak kedelai, yang setelah itu dapat digunakan selaku bahan baku biodiesel. Pemakaian minyak kedelai dari ampas tahu ini diperkirakan bisa mengurangi kebutuhan impor kedelai sampai 20%.

Dalam riset ini, kemampuan bahan baku biodiesel yang mencakup minyak kelapa sawit, minyak jelantah, serta minyak kedelai dikombinasikan untuk membentuk biodiesel multi- feedstock." Multi- feedstock" mengacu pada pemakaian lebih dari satu tipe bahan baku dalam penciptaan biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemakaian biodiesel dari bermacam sumber terhadap performa mesin diesel 4 langkah. Penelitian dilakukan melalui eksperimen dengan memanfaatkan biodiesel pada persentase 20%( B20), 35%( B35), serta 100%( B100).

## 2. METODOLOGI

Metode penelitian ini dilaksanakan dengan eksperimen di laboratorium. Langkah pertama melibatkan persiapan pengaturan mesin pada motor diesel yang akan diuji untuk memahami karakteristik dasar dari motor diesel tersebut. Spesifikasi motor diesel dan generator yang digunakan dalam penelitian ini tercantum pada Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1. Spesifikasi Diesel Engine

Model	JD ZH1115N
Jenis	single-cylinder, horizontal, 4-cycle
Sistem pembakaran	direct injection
Diameter x panjang langkah (mm)	115 x 115
Volume langkah (L)	1.195
Tenaga continue (HP/Rpm)	24/2200
Sistem pendingin	hopper
Sistem pelumasan	kombinasi tekanan & penyebaran
Sistem start	tangan/engkol & starter
Berat bersih (kg)	180

Tabel 2. Spesifikasi Generator

Model	A. C. SYNCHRONOUS
Jenis	GENERATOR STC-5
Power	5Kw / 6.3 KVa
Voltage	380/660V
Arus Listrik	5,5 A
Cos $\phi$	0,8
Number of Phase	3
Frequence	50 Hz
Speed	1500 RPM
Excit Volt.	82 V
Excit Current	3,6 A

Berdasarkan penilaian pengaturan mesin, motor diesel bisa menanggung beban maksimum sampai 3000 Watt pada kecepatan puncak 1400 RPM. Performa mesin ini akan digunakan sebagai standar buat menyamakan kinerja motor diesel dengan bermacam tipe bahan bakar. Langkah selanjutnya merupakan memproduksi biodiesel dari berbagai sumber dengan melaksanakan proses esterifikasi pada setiap jenis bahan baku, seperti minyak kelapa sawit, minyak jelantah, serta minyak kedelai. Setelah proses esterifikasi, dilakukan transesterifikasi, di mana trigliserida dari bahan baku minyak bereaksi dengan metanol menggunakan katalis basa.

Proses ini menghasilkan 2 produk utama: metil ester (FAME) serta gliserol. Gliserol setelah itu akan mengendap serta perlu dipisahkan dari metil ester. Metil ester berikutnya menempuh proses pencucian serta pemurnian dengan pemanasan selaku langkah akhir. Biodiesel yang dihasilkan dari setiap jenis bahan baku dicampur dengan rasio 1: 1: 1 untuk menghasilkan biodiesel multi- feedstock.

Biodiesel multi- feedstock ini akan digunakan untuk menguji performa motor diesel dengan mencampurkan solar dalam proporsi B20, B35, serta B100. Buat mencapai tujuan utama penelitian, adalah mengevaluasi akibat biodiesel multi- feedstock terhadap kinerja mesin, bahan bakar yang dihasilkan harus diuji di laboratorium buat menentukan karakteristiknya. Setelah itu, kombinasi B20, B35, serta B100 hendak diuji pada motor diesel sesuai dengan spesifikasi yang tertera di Tabel 1, dengan variasi kecepatan motor pada 1000 RPM, 1200 RPM, serta 1400 RPM, dan beban maksimum 3000 Watt. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kinerja motor diesel, termasuk daya, torsi, serta Konsumsi Bahan Bakar Spesial Generator( GSFC).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian karakteristik Pertamina Dex dan biodiesel multi-feedstock dengan variasi B20, B35, dan B100 ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Karakteristik Biodiesel

Bahan Bakar	Titik Nyala (°C)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas (cSt)
Pertamina Dex	55	820-860	2,0-4,5
B20	58	848	1,8515
B35	70	860	1,9446
B100	131	896	2,4154

Bahan Bakar	Angka Setana	Nilai Kalor (cal/g)
Pertamina Dex	53 (min)	10,401
B20	>62,5	10,729
B35	>62,5	10,583
B100	>62,5	9,594

#### a. Pengujian Performa Four-Stroke Diesel Engine

##### 1. Daya

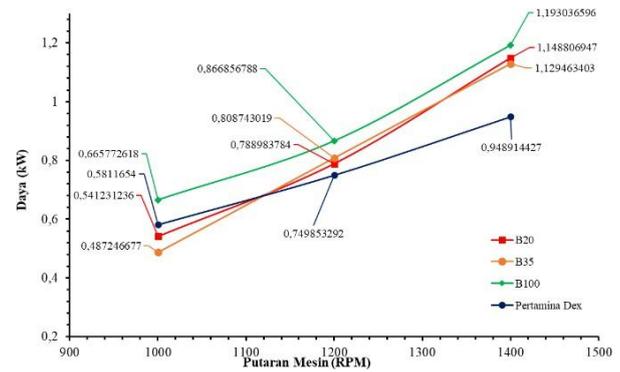
Di bawah ini contoh unjuk kerja kerja generator tiga fasa pada beban 1000 rpm dan 2000 watt berbahan bakar B20 menggunakan Persamaan (1).

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$P = \sqrt{3} \times 129 \times 2,19 \times 0,8$$

$$= 37 \text{ Watt}$$

$$= 0,39146 \text{ kW}$$



Gambar 3. 1 Daya keluaran Generator untuk beban 3000 watt.

Berdasarkan gambar 3.1, pada beban lampu sebesar 3000 Watt, bahan bakar B35 menunjukkan daya paling rendah pada putaran 1000 RPM, diikuti oleh Pertamina Dex dan B20., yang mempunyai daya yang hampir setara pada putaran tersebut.. Pertamina Dex mencatat daya terendah pada putaran 1200 RPM dan 1400 RPM. Sementara itu, biodiesel dengan kandungan tertinggi, yaitu B100, menunjukkan daya tertinggi di seluruh pengujian pada berbagai frekuensi putaran mesin, dengan daya puncak sebesar 1,193 kW pada 1400 RPM, dan daya sebesar 0,665 kW pada 1000 RPM. Secara keseluruhan, grafik tersebut menunjukkan bahwa kandungan biodiesel yang lebih tinggi, seperti B100, cenderung menghasilkan daya output yang lebih tinggi pada putaran mesin yang lebih besar. tinggi dibandingkan dengan campuran bahan bakar dengan kandungan biodiesel yang lebih rendah dan diesel konvensional..

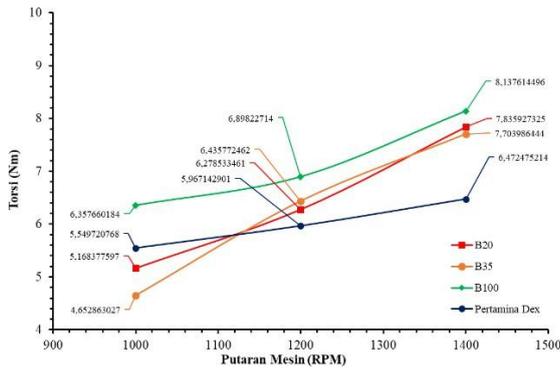
##### 2. Torsi

Berikut ini adalah contoh torsi generator 3 fasa pada putaran 1000 RPM dan beban 2000 Watt menggunakan bahan bakar B20, sesuai dengan persamaan (2).

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

$$T = \frac{0,39146 \times 60 \times 1000}{2 \times 3,14 \times 1000}$$

$$= 3,7381 \text{ Nm}$$



Gambar 3. 2 Torsi keluaran Generator untuk beban 3000 watt

Berdasarkan Gambar 3.2 pada 1000 RPM, B35 menunjukkan nilai torsi terendah. B100 kemudian menunjukkan peningkatan torsi yang signifikan di semua putaran RPM, dengan puncaknya pada sekitar 1400 RPM. B20 dan B35 memiliki performa sedang, dengan B20 sedikit lebih unggul dari B35 pada RPM yang lebih tinggi. Pada 1400 RPM, B100 mencatat output torsi tertinggi sekitar 8,31 Nm, sementara Pertamina Dex memiliki output torsi sekitar 6,472 Nm. B20 dan B35 masing-masing memiliki output torsi sekitar 7,835 Nm dan 7,703 Nm dalam rentang RPM yang sama.

### 3. Generator Specific Fuel Consumption (GSFC)

Berikut adalah contoh *gsfc* generator 3 fasa pada putaran 1000 rpm dan beban 2000 Watt dengan bahan bakar B20 menggunakan persamaan (3) dan (4)

$$FCR = \frac{v \times \rho}{t(\text{second})}$$

$$FCR = \frac{25 \text{ ml} \times 0,848 \text{ gr/ml}}{134,05 \text{ s}}$$

$$FCR = 0,15814 \text{ gr/s}$$

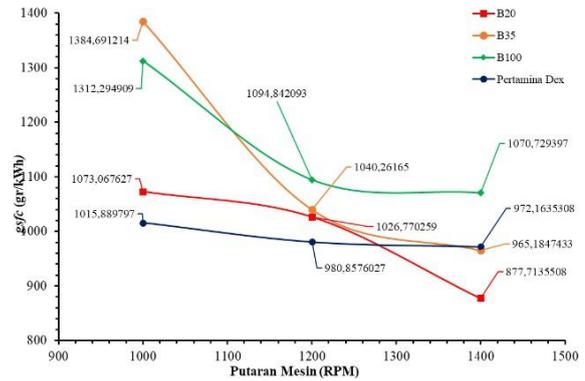
$$FCR = 0,15814 \times 3600$$

$$FCR = 569,34 \text{ gr/h}$$

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

$$GSFC = \frac{569,34 \text{ gr/h}}{0,39146 \text{ kW}}$$

$$GSFC = 1454,41 \text{ gr/kWh}$$



Gambar 3. 3 GSFC keluaran Generator untuk beban 3000 watt

Berdasarkan gambar 3.3, dengan beban lampu sebesar 3000 Watt, Pertamina Dex menampilkan hasil *gsfc* yang paling optimal pada 1000 RPM serta 1200 RPM, masing-masing sebesar 1015, 889 kWh, sedangkan B20 memiliki nilai optimal pada putaran tertinggi yaitu pada 1400 RPM dengan 877,713 kWh. Sedangkan B100 menunjukkan performa SFC yang paling tinggi pada berbagai putaran mesin diikuti B35. Oleh karena itu, Pertamina Dex merupakan bahan bakar paling optimal pada pengujian GSFC pada beban 3000 watt..

### 4. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa biodiesel B100 memiliki daya dan torsi tertinggi dibandingkan dengan campuran lainnya, terutama pada putaran mesin yang lebih tinggi. Namun, dalam hal konsumsi bahan bakar spesifik (GSFC), Pertamina Dex lebih optimal dibandingkan dengan biodiesel. Dengan demikian biodiesel multi-feedstock menunjukkan kinerja yang baik pada mesin diesel, terutama pada kandungan biodiesel yang lebih tinggi, meskipun konsumsi bahan bakarnya masih perlu ditingkatkan agar lebih efisien.

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang sudah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, sehingga penelitian ini bisa diselesaikan. Mudah-mudahan karya ini bisa memberikan manfaat untuk siapapun yang membutuhkannya.

### 4. DAFTAR PUSTAKA

[1] L. Devita, "Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif," *Agrica Ekstensia*, vol. 9, no. 2, pp. 23–26, 2015.

- [2] Nuva, A. Fauzi, A. H. Dharmawan, and E. I. K. Putri, “Ekonomi Politik Energi Terbarukan Dan Pengembangan Wilayah: Persoalan Pengembangan Biodiesel Di Indonesia,” *Sodality J. Sociol. Pedesaan*, vol. 4, pp. 110–118, 2019..
- [3] A. R. Rianto, “Pengaruh Multi Feedstock Biodiesel (Minyak Kelapa Sawit, Minyak Kelapa, Minyak Jelantah) Terhadap Unjuk Kerja Two Stroke Marine Diesel Engine,” 2022
- [4] M. A. M. Rochman, Analisis Unjuk Kerja Four Stroke Diesel Engine Dengan Bahan Bakar Campuran Solar Dan Biodiesel Dari Ampas Tahu. 2021.
- [5] Daryono, E. D. (2020). Proses Interesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel dengan Co solvent Meil Ester. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 4 (1): 1-8
- [6] Daryono, E. D., Wardana, I. N. G., Cahyani, C. & Hamidi, N. (2021). Biodiesel Production Process Without Glycerol by Product with Base Catalyst: Effect of Reaction Time and Type of Catalyst on Kinetic Energy and Solubility. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1053 012058.