

ANALISIS PERFORMA FOUR STROKE DIESEL ENGINE MENGUNAKAN BAHAN BAKAR MULTI FEEDSTOCK (MINYAK KELAPA SAWIT, MINYAK IKAN SALMON, EKSTRAK KULIT MANGGIS)

Febryan Hananda Putra ¹, Muhammad Shah 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, Indonesia^{1*}

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: febryanhananda@student.ppns.ac.id^{1*}; muhammadshah@gmail.com^{2*}; ami.sadiyah@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - In the era of globalization, the automotive industry is experiencing rapid development, including in Indonesia. The increase in the number of motorized vehicles in the country causes serious problems such as congestion, high fuel consumption and air pollution. Fuel oil (BBM) from petroleum is the main energy source, but it also has environmental impacts. Biofuel (BBN) or biodiesel, as an environmentally friendly alternative, is attracting attention with the trend of increasing its use. In this research, the three raw materials are combined and will produce biodiesel which is called multi feedstock biodiesel and will be mixed with Pertamina Dex to become B20, B35, and B100. Then it will be tested on a four-stroke diesel engine with engine speed variations of 1000, 1200, 1400 rpm and load variations 2000 watts, 3000 watts, 4000 watts. And from several biodiesel samples, from the performance test results, it is known that B100 fuel is the most optimal in producing the required power, torque and gsfc values when testing a four-stroke diesel engine.

Keywords: Multi-feedstock, Engine performance, Four-stroke Diesel Engine

Nomenclature

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

1. PENDAHULUAN

Di era modern, industri otomotif berkembang pesat di berbagai negara maju dan negara berkembang contohnya Indonesia. Jumlah pemilik kendaraan bermotor yang terus meningkat di Indonesia berkontribusi pada tiga permasalahan yang dianggap sangat serius yakni kemacetan lalu lintas, jumlah konsumsi pada bahan bakar yang meningkat, dan polusi udara

akibat gas buang yang meningkat [1]. BBM sangat penting untuk ekonomi dunia dan merupakan sumber energi penting bagi sektor transportasi dan industri. Menurut Outlook Energi Indonesia 2021, di 2019, sebanyak 989,9 juta barel minyak telah dikonsumsi berdasarkan jenis energinya. Pengguna energi utama negara adalah BBM atau bahan bakar minyak, terutama pada sektor transportasi. Data menunjukkan bahwa sumber energi utama di Indonesia adalah bahan bakar tak terbarukan. Sebaliknya, konsumsi BBN atau bahan bakar nabati meningkat, terutama karena perlunya biodiesel [2].

Biofuel, yang juga dikenal sebagai bahan bakar nabati (BBN), dibuat dari komoditas pertanian dan biasanya digunakan untuk transportasi bahan makanan. Bioetanol dan biodiesel adalah produk komersial BBN yang paling populer yang dinilai sebagai salah satu alternatif atau pengganti bahan bakar yang sangat menjanjikan, ramah lingkungan, aman bagi kesehatan, dan dapat digunakan untuk bahan bakar pada kendaraan bermotor dengan emisi yang lebih rendah daripada minyak diesel. Biodiesel tidak mudah terbakar karena flash pointnya yang lebih tinggi daripada minyak solar

karena sifatnya mirip dengan minyak solar [3]. Penggunaan biodiesel menunjukkan bahwa itu dapat mengurangi emisi CO dan NOx. Gas buang yang diproduksi memiliki kecenderungan lebih mudah terurai (biodegradable), kurang beracun daripada solar, memiliki angka setana yang lebih tinggi, dan asap yang diproduksi tidak hitam dan bebas dari belerang. Terlepas dari keuntungan yang ditawarkan, penggunaan biodiesel juga memiliki efek negative [4].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel dapat memengaruhi kinerja dan karakteristik emisi mesin, terutama jika dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional. Studi tersebut mengevaluasi pengaruh biodiesel teroksidasi terhadap kinerja dan emisi mesin, dan menemukan bahwa, jika dibandingkan dengan bahan bakar diesel lainnya, pengaruh biodiesel teroksidasi paling signifikan [5]

Untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, penelitian tentang penggunaan bahan bakar alternatif pada mesin diesel menjadi semakin penting dan mengurangi dampak yang ditimbulkannya terhadap lingkungan. Penggunaan bahan bakar multi-feedstock, yang merupakan campuran beberapa bahan bakar nabati atau hewani, adalah pendekatan yang menarik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja mesin diesel empat stroke menggunakan multi-feedstock (minyak kelapa sawit, minyak ikan, dan ekstrak kulit manggis).

Penelitian ini memiliki Tujuan untuk mengetahui dampaknya terhadap performa yang mencakup daya, torsi, dan penggunaan bahan bakar. Eksperimen akan dilakukan dengan prosentase biodiesel 20% (B20), 35% (B35), dan 100% (B100). Dengan melakukan analisis komparatif pada hasil kinerja mesin diesel dengan bahan bakar multi-feedstock, Penelitian yang dilakukan ini dapat menambah pengetahuan yang lebih baik tentang efisiensi dan kinerja umum mesin diesel.

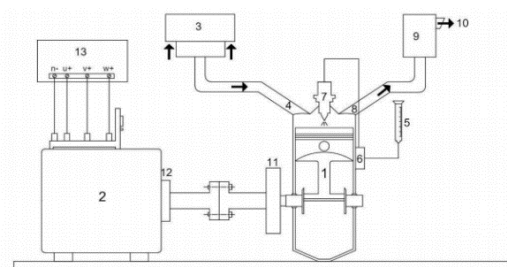
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Studi Literatur

Dilakukan dengan mengkaji berbagai macam literatur yang relevan terhadap penelitian yang dilakukan. Literatur ini berasal dari berbagai sumber seperti situs web di internet yang menyediakan data terbaru, siaran media elektronik dari Kementerian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) yang menawarkan informasi resmi dan kebijakan pemerintah, serta jurnal ilmiah yang memuat hasil penelitian dan analisis mendalam dari para ahli di bidang terkait. Dengan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber tersebut, peneliti dapat memperoleh gambaran

yang komprehensif dan mendalam untuk mendukung penelitian.

2.2 Skematik Motor Diesel dan Generator



Keterangan :

1. Diesel Jiangdong ZH1115N
2. Generator
3. Air Filter
4. Intake Manifold
5. Gelas Ukur
6. Fuel Pump
7. Injector
8. Exhaust Manifold
9. Muffler
10. Exhaust Gas Escape
11. Flywheel
12. Poros Generator
13. Panel Pembebanan

2.3 Pra Eksperimen

Uji pra-eksperimen dilakukan dengan tujuan identifikasi kinerja motor diesel yang menggunakan bahan bakar solar (Pertamina Dex) bekerja. Diharapkan data dari percobaan ini dapat digunakan untuk membandingkannya dengan data dari eksperimen menggunakan B20, B35, dan B100.

2.4 Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel minyak kelapa sawit dibuat dari campuran minyak kelapa sawit dan ekstrak kulit manggis dengan perbandingan 60:20:20. Biodiesel minyak ikan juga menggunakan komposisi yang sama, yakni minyak kelapa sawit dan ekstrak kulit manggis dengan perbandingan 60:20:20.

2.5 Pencampuran Biodiesel

Pada tahapan ini bertujuan Untuk memperoleh biodiesel yang berasal dari berbagai sumber bahan baku, termasuk minyak kelapa sawit, minyak ikan, dan minyak ekstrak kulit manggis menggunakan perbandingan 60:20:20.

2.6 Pembuatan B20, B35, B100

Pembuatan bahan bakar dilakukan dengan mencampurkan multi feedstock biodiesel dengan minyak solar (Pertamina Dex). Prosentase pencampuran meliputi 20% multi-feedstock, biodiesel 80% minyak solar, 35% multi-feedstock biodiesel 65% minyak solar dan 100% multi-feedstock biodiesel dengan 0% minyak solar (B100)

Tabel 1 : Persentase Komposisi Campuran Multi-feedstock Biodiesel dengan Pertamina Dex

Kode	Multi-Feedstock Biodiesel	Pertamina Dex
B20	20%	80%
B35	35%	65%
B100	100%	0%

2.7 Analisa Karakteristik Multi-Feedstock Biodiesel

Setelah pembuatan bahan bakar campuran B20, B35, dan B100, dilakukan analisis karakteristik biodiesel multi-bahan baku. Tujuan analisis ini adalah menemukan setiap persentase titik nyala, viskositas, densitas, angka setana, dan nilai kalor biodiesel multi-bahan baku.

2.8 Pengujian dan Pengambilan Data

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis karakteristik pencampuran bahan bakar, setelah itu melakukan uji mesin diesel empat stroke. Hasil pengujian ini digunakan untuk menyelesaikan masalah yang disebutkan Perhitungan Daya Torsi dan *GSFC*

Perhitungan daya, torsi, dan *GSFC* dilakukan berdasarkan Data hasil uji campuran bahan bakar Pertamina Dex dengan *Multifeedstock*.

1. Daya

Persamaan untuk melakukan perhitungan daya generator 3 fasa:

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

2. Torsi

Gaya putar atau momen gaya yang diberikan pada suatu objek untuk menghasilkan rotasi atau gerak rotasi disebut torsi. Torsi, sebagaimana digunakan dalam perangkat mekanis, mengacu pada jumlah gaya atau energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan komponen selama rotasi dalam suatu mesin. Dengan menggunakan rumus berikut dan mengetahui daya dan kecepatan motor, seseorang dapat menentukan nilai torsi.

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

3. Konsumsi Bahan Bakar

Persamaan yang dapat digunakan dalam mencari Konsumsi bahan bakar yakni:

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

4. Generator Spesifik Fuel Consumption (*GSFC*)

Salah satu ukuran kinerja generator yang terkait erat dengan nilai finansialnya adalah

konsumsi bahan bakar spesifiknya. Rumus yang dapat digunakan untuk menentukan penggunaan bahan bakar tertentu atau spesifik menurut [6] yaitu:

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Karakteristik Biodiesel

Hasil pengujian pada atribut karakteristik pertamina dex dan bahan bakar biodiesel *multi-feedstock* dengan variasi B20, B35, dan B100 dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Data Karakteristik Biodiesel

No	Bahan Bakar	Titik Nyala (°C)	Densitas (kg/m ³)	Viskositas (cSt)	Angka Setana	Nilai Kalor (Cal/g)
1	Pertamina Dex	55	820-860	2,0-4,5	53 (min)	10,401
2	B20	60	848	1,89094	61,1	10,787
3	B35	68	856	2,10577	62,5>	10,597
4	B100	131	908	4,34147	62,5>	9,390

Dapat diperhatikan pada tabel 2, Semakin banyak campuran pertamina dex yang ada dalam biodiesel, semakin mirip sifat biodiesel dengan pertamina dex yang dihasilkan. Flash point adalah suhu terendah yang diperlukan bahan bakar untuk terbakar. Flash point yang tinggi menunjukkan bahwa biodiesel sulit terbakar dan bahwa bahan bakar dengan flash point tinggi lebih mudah disimpan dan diurus. Namun, *flash point* yang tinggi dapat juga berpengaruh pada proses pembakaran di ruang bakar, yang memiliki dampak pada jumlah bahan bakar yang dikonsumsi dan kinerja motor diesel yang menggunakan biodiesel.

3.2 Pengujian Performa Four-Stroke Diesel Engine

1. Daya

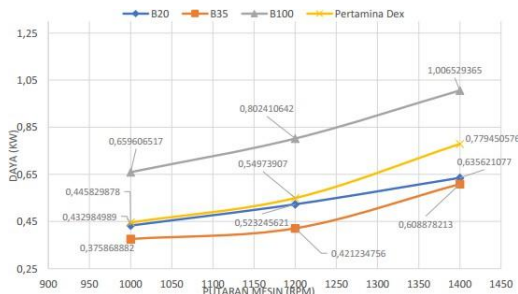
Berikut adalah contoh daya generator 3 fasa pada putaran 1000 rpm dan beban 2000 Watt dengan bahan bakar B20 menggunakan persamaan (1)

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\ P &= \sqrt{3} \times 124 \times 4,38 \times 0,8 \\ &= 752,569 \text{ Watt} \\ &= 0,752569 \text{ kW} \end{aligned}$$

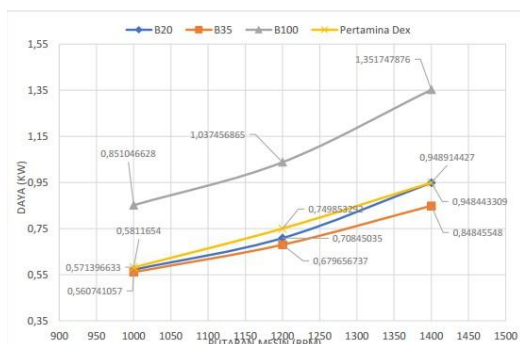
Pengujian daya kali ini dilakukan dengan variasi putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm, serta variasi beban menggunakan lampu 2000 watt, 3000 watt, dan 4000 watt. Hasil pengujian nilai daya untuk ketiga beban tersebut disajikan pada grafik di bawah ini.

Pada gambar 1, terdapat grafik daya pada beban 2000 watt untuk lima jenis bahan bakar yang diuji.

Pada putaran 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm. Pada rpm 1000, daya yang paling optimal adalah B100 dengan nilai 0,6596 kW, lalu pada saat rpm dinaikkan menjadi 1200 daya yang optimal masih pada B100 dengan nilai 0,8024 kW, dan saat rpm dinaikkan menjadi 1400, daya yang paling optimal masih terdapat pada B100 dengan nilai 1,0065 kW.

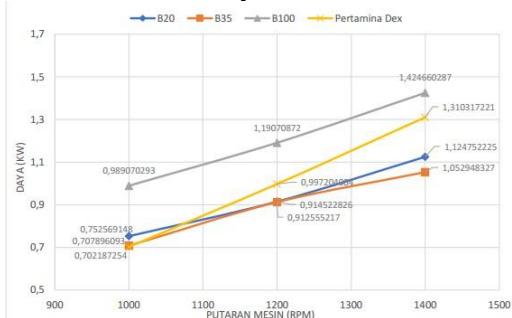


Gambar 1. Grafik daya pada beban 2000 watt



Gambar 2. Grafik daya pada beban 3000 watt

Gambar berikut menunjukkan daya untuk beban 3000 watt untuk empat jenis bahan bakar yang diuji: 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm. Pada rpm 1000, B100 dengan 0,851 kW memiliki daya terbaik, dan pada rpm 1200, B100 dengan 1,037 kW memiliki daya terbaik. 1,351 kW.



Gambar 3. Grafik daya pada beban 4000 watt

Pada gambar 3, terdapat grafik daya untuk beban 4000 watt untuk empat jenis bahan bakar yang diuji. Untuk putaran 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm, B100 dengan 0,989 kW memiliki daya terbaik. Pada rpm 1200, B100 memiliki daya terbaik 1,190 kW, dan pada rpm 1400, B100 memiliki daya terbaik 1,424 kW.

Tabel 3. Daya Generator Tertinggi

Daya Tertinggi Setiap Beban RPM			
	1000 RPM	1200 RPM	1400 RPM
Beban 2000 watt	B100 (0,6596 kW)	B100 (0,8024 kW)	B100 (1,0065 kW)
Beban 3000 watt	B100 (0,851 kW)	B100 (1,037 kW)	B100 (1,351 kW)
Beban 4000 watt	B100 (0,989 kW)	B100 (1,190 kW)	B100 (1,424 kW)

Berdasarkan data diatas dapat ditarik Kesimpulan bahwa semakin tinggi beban maka akan semakin tinggi juga daya yang dihasilkan.

2. Torsi

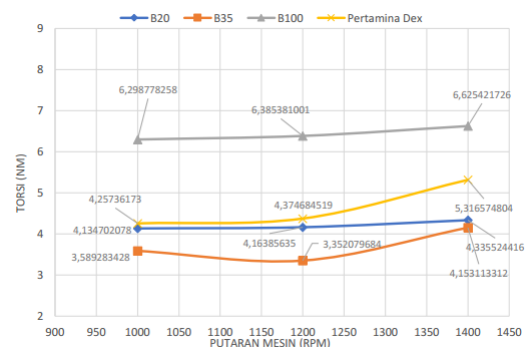
Berikut adalah contoh torsi generator 3 phasa pada putaran 1000 rpm dan beban 2000 Watt dengan bahan bakar B20 menggunakan persamaan (2)

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

$$T = \frac{0,571397 \times 60 \times 1000}{2 \times 3,14 \times 1000}$$

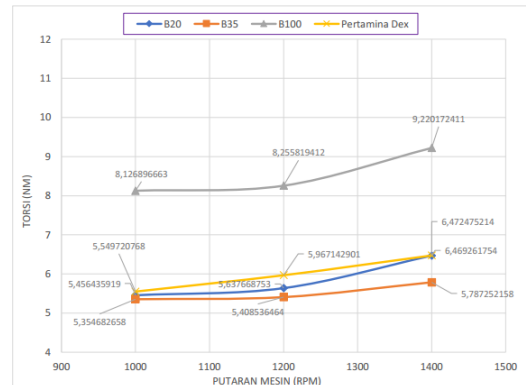
$$= 5,45921 \text{ Nm}$$

Pengujian torsi kali ini menggunakan variasi putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm, serta variasi beban 2000 watt, 3000 watt, dan 4000 watt. Grafik di bawah ini menunjukkan hasil pengujian torsi.



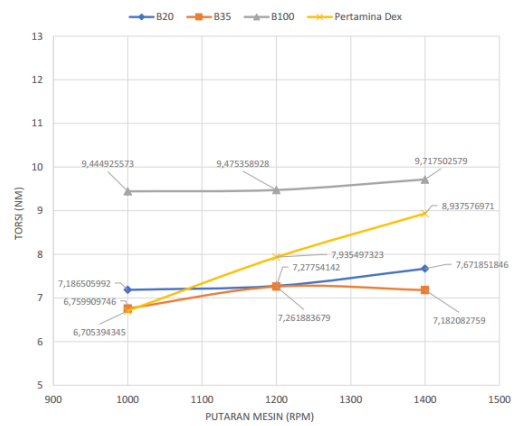
Gambar 4. Grafik torsi pada beban 2000 watt

Gambar 4 menampilkan pada empat jenis bahan bakar yang diuji, ada grafik torsi pada beban 2000 watt. Pada 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm, B100 memiliki torsi terbaik 6,298 Nm. Pada 1200 rpm, torsi terbaiknya adalah 6,385 Nm, dan pada 1400 rpm, torsi terbaiknya adalah 6,625 Nm.



Gambar 5. Grafik torsi pada beban 3000 watt

Gambar 5 menampilkan pada empat jenis bahan bakar yang diuji, ada grafik torsi pada beban 2000 watt. Pada 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm, B100 memiliki torsi terbaik 6,298 Nm. Pada 1200 rpm, torsi terbaiknya adalah 6,385 Nm, dan pada 1400 rpm, torsi terbaiknya adalah 6,625 Nm.



Gambar 6. Grafik torsi pada beban 4000 watt

Gambar 6 menjelaskan pada empat jenis bahan bakar yang diuji, ada grafik torsi pada beban 4000 watt. Pada 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm, B100 memiliki torsi terbaik 9,444 Nm. Pada 1200 rpm, torsi terbaiknya 9,475 Nm, dan pada 1400 rpm, torsi terbaiknya 9,717 Nm.

Berdasarkan ketiga grafik tersebut didapatkan data seperti yang ditampilkan tabel 4. Tabel 4. Torsi Generator Tertinggi

Torsi Tertinggi Setiap Beban RPM			
	1000 RPM	1200 RPM	1400 RPM
Beban 2000 watt	B100 (6.298 Nm)	B100 (6.385 Nm)	B100 (6.625 Nm)
Beban 3000 watt	B100 (8.126 Nm)	B100 (8.255 Nm)	B100 (9.220 Nm)
Beban 4000 watt	B100 (9.444 Nm)	B100 (9.475 Nm)	B100 (9.717 Nm)

Pada table tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Multi-feedstock* Biodiesel B100 (Minyak kelapa sawit, Minyak ikan salmon, dan Ekstrak kulit manggis) memiliki torsi yang paling optimal dibanding bahan bakar lainnya.

3. Generator Spesific 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)

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

$$FCR = \frac{25 \text{ ml} \times 0,848 \text{ gr/ml}}{110,13 \text{ s}}$$

$$FCR = 0,1925 \text{ gr/s}$$

$$FCR = 0,1925 \times 3600$$

$$FCR = 692,999 \text{ gr/h}$$

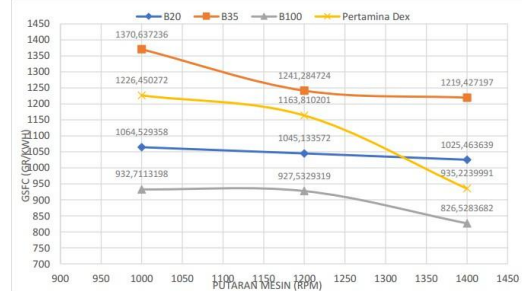
$$GSFC = \frac{FCR}{P}$$

$$GSFC = \frac{629,999 \text{ gr/h}}{0,70845 \text{ kW}}$$

$$GSFC = 978,190 \text{ gr/kWh}$$

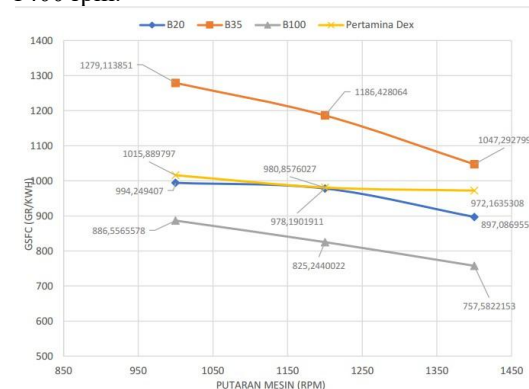
Pengujian *gsfc* kali ini dilakukan dengan variasi putaran mesin 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm, serta variasi beban menggunakan lampu 2000 watt, 3000 watt, dan

4000 watt. Hasil pengujian nilai *gsfc* untuk ketiga beban tersebut ditampilkan pada grafik dibawah



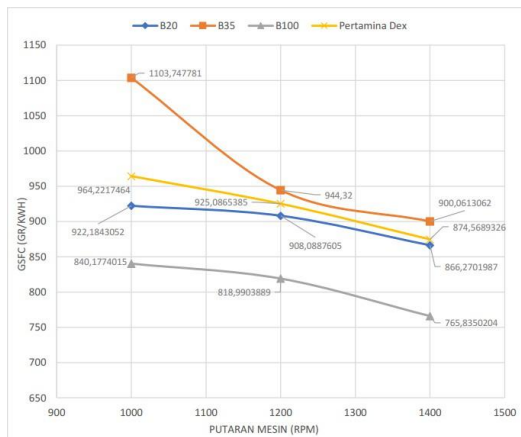
Gambar 7. Grafik *gsfc* pada beban 2000 watt

Pada gambar 7 merupakan grafik *gsfc* untuk empat jenis bahan bakar yang diuji menunjukkan beban 2000 watt. B100 memiliki torsi terbaik dengan 932,711 gr/kWh pada 1000 rpm, 927,532 gr/kWh pada 1200 rpm, dan 826,528 gr/kWh pada 1400 rpm.



Gambar 8. Grafik *gsfc* pada beban 3000 watt

Pada gambar 8 merupakan grafik *gsfc* untuk empat jenis bahan bakar yang diuji menunjukkan beban 3000 watt. pada 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm, masing-masing. Pada rpm 1000, B100 memiliki daya terbaik dengan 886,556 gr/kWh. Pada rpm 1200, ia tetap unggul dengan 825,244 gr/kWh, dan pada rpm 1400, ia tetap unggul dengan 757,582 gr/kWh.



Gambar 9. Grafik gsfc pada beban 4000 watt

Pada gambar 9 merupakan grafik gsfc untuk lima jenis bahan bakar yang diuji, ada grafik gsfc pada beban 4000 watt. Pada rpm 1000, 1200, dan 1400, B100 memiliki gsfc terbaik dengan 840,177 gr/kWh; pada rpm 1200, ia masih memiliki gsfc terbaik dengan 818,990 gr/kWh; dan pada rpm 1400, ia masih memiliki gsfc terbaik dengan 765,835 gr/kWh.

Berdasarkan ketiga grafik yang ditampilkan, didapatkan data seperti yang terdapat pada tabel 5

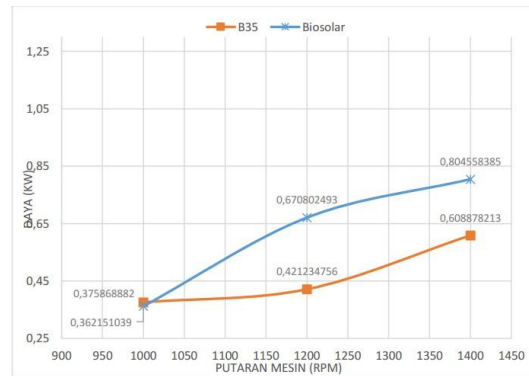
Tabel 5. Gsfc Terendah

GSFC Terendah Setiap Beban RPM			
	1000 RPM	1200 RPM	1400 RPM
Beban 2000 watt	B100 (932,711 gr/kWh)	B100 (927,532 gr/kWh)	B100 (826,528 gr/kWh)
Beban 3000 watt	B100 (886,556 gr/kWh)	B100 (825,244 gr/kWh)	B100 (757,582 gr/kWh)
Beban 4000 watt	B100 (840,177 gr/kWh)	B100 (818,990 gr/kWh)	B100 (765,835 gr/kWh)

Dapat disimpulkan bahwa B100 menjadi bahan bakar yang paling optimal dibanding bahan bakar lainnya.

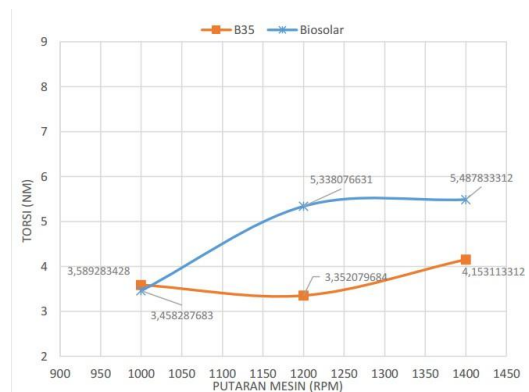
4. Perbandingan *Multi-Feedstock* biodiesel B35 dengan Biosolar dan Pertamina Dex

Berikut merupakan grafik perhitungan performa *Four-Stroke Diesel Engine* menggunakan bahan bakar *Multi-feedstock* B35 dengan Biosolar pada putaran 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm dengan pembebanan 2000 Watt.



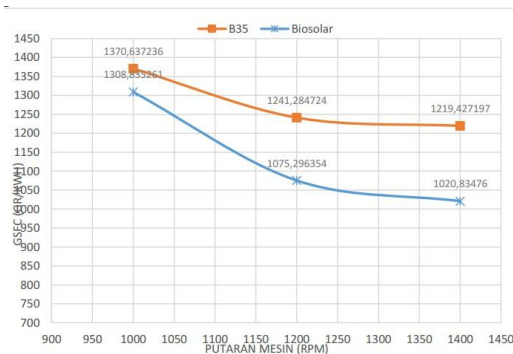
Gambar 10. Grafik Perbandingan Daya Generator menggunakan bahan bakar biodiesel B35, Biosolar dan Pertamina dex

Gambar 10 adalah data untuk lima jenis bahan bakar yang diuji, ada grafik gsfc pada beban 4000 watt. Pada rpm 1000, 1200, dan 1400, B100 memiliki gsfc terbaik dengan 840,177 gr/kWh; pada rpm 1200, ia masih memiliki gsfc terbaik dengan 818,990 gr/kWh; dan pada rpm 1400, ia masih memiliki gsfc terbaik dengan 765,835 gr/kWh.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Daya Generator menggunakan bahan bakar biodiesel B35, Biosolar dan Pertamina dex.

Pada gambar 11 Grafik menunjukkan perbandingan nilai torsi generator untuk beban 2000 watt dengan bahan bakar Biosolar, yang merupakan jenis bahan bakar multifeed-stock, dengan putaran 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm. Pada grafik di atas, B35 memiliki torsi tertinggi dengan 3,589 Nm pada rpm 1000. Kemudian, torsi biosolar meningkat pesat menjadi 5,338 Nm ketika rpm dinaikkan menjadi 1400, dan biosolar tetap memiliki torsi tertinggi dengan 5,487 Nm.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Torsi Generator menggunakan bahan bakar biodiesel B35, Biosolar dan Pertamina dex

Gambar 12 adalah grafik yang menunjukkan perbandingan nilai gsfc generator pada beban 2000 watt untuk jenis bahan bakar multifeed-stock Biosolar, yang memiliki nilai 1308,835 gr/kWh pada rpm 1000, 1075,296 gr/kWh pada rpm 1200, dan 1020,834 gr/kWh pada rpm 1400.

Tabel 6. Hasil perbandingan Multi-Feedstock dengan biosolar dan Pertamina Dex 2000 watt

Hasil Perbandingan Bahan Bakar Biodiesel B35, Biosolar dan Pertamina Dex			
Beban	Daya	Torsi	GSFC
1000 RPM	B35	B35	BIOSOLAR
1200 RPM	BIOSOLAR	BIOSOLAR	BIOSOLAR
1400 RPM	BIOSOLAR	BIOSOLAR	BIOSOLAR

Berdasarkan grafik yang telah ditampilkan didapatkan perbandingan seperti yang tertampil pada tabel 6. hasil pengujian pada saat beban 2000 watt menunjukkan nilai daya dan torsi yang paling optimal adalah bahan bakar Biosolar pada pengujian gsfc. Sedangkan untuk B35 multifeed-stock (minyak kelapa sawit, minyak ikan salmon dan ekstrak kulit manggis) mempunyai daya dan torsi yang lebih besar pada rpm 1000.

5. Optimalisasi Bahan Bakar

Berdasarkan hasil uji dapat ditarik kesimpulan bahwa analisis maksimal performa motor diesel dengan variasi *multi-feedstock* biodiesel (B20, B35, B100) dan RPM terhadap daya, torsi, dan gsfc serta ketiga variasi pada beban dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Hasil Optimalisasi bahan bakar

Hasil Optimalisasi Bahan Bakar			
Beban	Daya	Torsi	GSFC
2000 watt	B100	B100	B100
3000 watt	B100	B100	B100
4000 watt	B100	B100	B100

Pada tabel tersebut, membuktikan bahwa bahan bakar B100 selalu berkinerja baik dalam setiap pengujian. Ini menunjukkan bahwa bahan bakar B100 memiliki kualitas pembakaran yang unggul. Di seluruh pengujian, bahan bakar B100(100% *multi-feedstock* biodiesel) menunjukkan nilai tenaga dan torsi tertinggi dan nilai rata-rata terendah.

Dalam pengujian ini, bahan bakar B100 adalah pilihan terbaik karena karakteristiknya, termasuk nilai densitasnya yang tinggi. Nilai densitas tinggi membuat bahan bakar menyimpan lebih banyak energi daripada bahan bakar berdensitas rendah. Akibatnya, massa bahan bakar yang diinjeksikan ke ruang bakar bergantung pada nilai densitasnya. Selain itu, bahan bakar B100 ini memiliki nilai viskositas dan angka setana tertinggi. Nilai viskositas yang tinggi membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar dengan momentum yang lebih besar, sehingga meningkatkan kinerja mesin dan meningkatkan daya yang dihasilkan.

Bahan bakar B100 memiliki nilai kalor terendah dalam situasi ini, yang berarti bahwa bahan bakar dengan nilai kalor terendah dapat menghasilkan lebih sedikit energi per satuan massa. Namun, bahan bakar B100 memiliki nilai karakteristik lainnya yang lebih baik, yang berarti bahwa ia dapat mencapai nilai daya dan torsi yang tinggi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- Karakteristik biodiesel :
 - Titik Nyala: B100 memiliki titik nyala tertinggi (131 °C), diikuti oleh B35 (68 °C) dan B20 (60 °C).
 - Densitas: B100 memiliki densitas tertinggi (888 kg/m³), sementara B35 dan B20 masing-masing memiliki densitas 856 kg/m³ dan 848 kg/m³.
 - Viskositas: B100 menunjukkan viskositas tertinggi (4,34 cst), diikuti oleh B35 (2,11 cst) dan B20 (1,89 cst).
 - Angka Setana: B100 dan B35 memiliki angka setana lebih dari 62,5, sedangkan B20 sebesar 61,1.
 - Nilai Kalor: B20 memiliki nilai kalor tertinggi (10,79 cal/g), diikuti oleh B35 (10,60 cal/g) dan B100 (9,39 cal/g).
- Pengaruh persentase terhadap daya, torsi, dan gsfc :
 - Daya: Semakin tinggi persentase biodiesel, semakin tinggi daya dan torsi yang dihasilkan. B100 menghasilkan daya tertinggi pada semua beban.
 - Torsi: Semakin tinggi persentase biodiesel, semakin tinggi daya dan torsi yang dihasilkan. B100 menghasilkan torsi tertinggi pada semua beban.
 - Generator Specific Fuel Consumption* (GSFC): Semakin tinggi persentase biodiesel, semakin rendah nilai GSFC. B100 menunjukkan efisiensi terbaik dalam hal GSFC pada semua beban yang diuji.

4.2 Saran

1. Melakukan pengujian properties yang lebih banyak parameternya untuk mengetahui kandungan dari bahan bakar.
 2. Mengembangkan penelitian ini menggunakan variasi pencampuran bahan bakar yang berbeda maupun menggunakan bahan baku biodiesel lainnya.
 3. Sebaiknya melakukan uji performa dengan mesin baru untuk mendapatkan data yang lebih baik.
 4. Diperlukan pengujian emisi gas guna mengetahui dampak langsung penggunaan bahan bakar terhadap lingkungan.
- 5. UCAPAN TERIMA KASIH**
- Penulis mengakui bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, doa, dan dorongan berbagai pihak. Dengan penuh rasa terima kasih, penulis ingin menyampaikan penghargaan kepada:
1. Kedua Orang tua dan seluruh keluarga besar yang turut memberi doa, semangat, serta dukungan selama masa pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
 2. Bapak Muhammad Shah, S.T., M.T., sebagai pembimbing pertama, yang telah memberikan panduan dan nasihat berharga selama proses penulisan Tugas Akhir.
 3. Ibu Aminatus Sa'diyah, S.Si., M.T., sebagai pembimbing kedua, yang telah memberikan bimbingan dan saran yang sangat membantu selama penyusunan Tugas Akhir.
 4. Seluruh dosen dan staf Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya atas ilmu dan pengalaman yang telah dibagikan.
 5. Rekan-rekan dari Program Studi D4 Teknik Perkapalan angkatan 2020, yang telah memberikan dukungan dan kerjasama selama menjalani perkuliahan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Prastya, B. Susilo, and M. Lutfi, "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biogas terhadap Emisi Gas Buang Mesin Generator Set," *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 1, no. 2, pp. 77–84, 2013.
- [2] E. Hilmawan, I. Fitriana, and A. Sugiyono, *OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2021*. Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), 2021.
- [3] S. Supriyadi, "ANALISIS KINERJA DAN EMISI GAS BUANG BIODIESEL DARI MINYAK KEMIRI SUNAN SEBAGAI BAHAN BAKAR TERBARUKAN," 2021.
- [4] M. Syahbana *et al.*, "Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Atsiri Pada Bahan Bakar Biosolar Terhadap Kinerja Mesin Diesel," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 32, no. 1, pp. 65–73, 2022, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.1.65.
- [5] I. Nurhadi, "PENGARUH PENGGUNAAN BIODIESEL TERHADAP PERFORMA DAN KOMPONEN UTAMA PADA MOTOR POKOK KRI WELING-822.," 2015, Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: https://repository.its.ac.id/41781/1/4113204005-master_thesis.pdf
- [6] S. Semin, A. Iswantoro, and F. Faris, "Performance and NOx Investigation on Diesel Engine using Cold EGR Spiral Tube: A Review," 2017. doi: 10.12962/j25481479.v1i3.2372.