

ANALISIS PERBANDINGAN *PERFORMANCE* PADA *FOUR STROKE ENGINE* MENGGUNAKAN *MULTI-FEEDSTOCK BIODIESEL* (MINYAK KELAPA SAWIT, MINYAK IKAN SALMON, EKSTRAK KULIT MANGGIS) DENGAN *MULTI-FEEDSTOCK BIODIESEL* (MINYAK CASTOR, MINYAK LEMAK SAPI, MINYAK CANOLA)

Wildhan Zaky Arsyada ^{1*}, Aminatus Sa'diyah ², Muhammad Shah ³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Email: wildhanzaky@student.ppns.ac.id^{1*}; muhammad.shah@ppns.ac.id; ami.sadiyah@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - Petroleum-derived fuel oil (BBM) is the main source of energy. The large use of petroleum makes petroleum supplies diminish, this is because petroleum has a very important role in the field of transportation and industry. Biodiesel, as an environmentally friendly alternative, is attracting attention with its increasing trend of use. Although biodiesel has many advantages such as being environmentally friendly and reducing emissions, it also has a negative impact on engine performance. Studies show that biodiesel can affect emission characteristics and engine performance, especially when compared to conventional diesel fuel. Therefore, this study addresses the performance comparison of multi-feedstock fuels, such as (palm oil, salmon oil and mangosteen peel extract) with multi-feedstocks, such as (castor oil, tallow oil and canola oil), blended with HSD (Pertamina dex) to become B20, B35 and B100 fuels. The fuels were tested on a four stroke diesel engine with 1000 watts, 2000 watts and 3000 watts of lamp loading with engine speed variations from 900 rpm to 1000 rpm, providing a deeper understanding of diesel engine performance and efficiency.

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

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

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, manusia sangat bergantung pada energi minyak bumi untuk berbagai keperluan, terutama transportasi darat, laut, dan udara. Namun, kita menyadari bahwa cadangan bahan bakar fosil semakin menipis sementara konsumsi bahan bakar terus meningkat. Pasokan minyak dari fosil terbatas, sehingga Indonesia

harus mengimpor minyak mentah dan minyak bumi untuk memenuhi kebutuhan energi. Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi besar untuk memanfaatkan biomassa atau sumber daya terbarukan sebagai bahan bakar nabati seperti biodiesel dan bioetanol, yang bahan bakunya tersedia dan dapat diperbarui.

Biodiesel adalah bahan bakar nabati yang digunakan sebagai alternatif bahan bakar fosil (minyak bumi) untuk mesin diesel, karena sifatnya mirip dengan solar sehingga dapat digunakan tanpa perlu modifikasi mesin. Di Indonesia, biodiesel umumnya dicampur dengan solar. Namun, sebagian besar biodiesel di Indonesia berbasis minyak kelapa sawit kasar (Crude Palm Oil) karena mudah didapatkan dan lebih murah. Biodiesel juga lebih ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas yang lebih rendah dibandingkan solar. Biodiesel diproduksi melalui proses transesterifikasi trigliserida dalam CPO dengan bantuan katalis untuk mempercepat reaksi, menghasilkan biodiesel dengan yield tinggi. Transesterifikasi

mengubah trigliserida menjadi metil ester dengan memutus ranta

Trigliserida diolah dengan menggunakan katalis basa kuat seperti NaOH atau KOH. Produksi biodiesel dijalankan sebagai alternatif minyak yang menyebabkan harga biodiesel lebih tinggi, namun peningkatan teknologi dan efisiensi produksi menjadi tantangan dan peluang sebagai pengganti utama bahan bakar fosil. Pengembangan biodiesel didorong oleh berbagai faktor, motivasi, dan manfaat, termasuk perannya dalam mengatasi masalah keamanan energi

Pada penelitian ini akan menggabungkan enam bahan baku biodiesel dari bahan nabati dan hewani. Yaitu, minyak kelapa sawit, minyak ikan salmon, ekstrak kulit manggis dan minyak castor, minyak lemak sapi, minyak canola. Pada penelitian ini akan digabung menjadi satu yang dikenal dengan istilah sebutan multi-feedstock biodiesel, kata “multi” yang bermakna dua atau lebih, sedangkan “feedstock” yang berarti bahan baku. Campuran biodiesel mutti-feedstock dan pertamina dex akan diuji secara eksperimental dengan variasi 20% (B20), 35% (B35) dan 100% (B100) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja mesin diesel empat langkah

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Studi Literatur

Para peneliti meneliti sejumlah literatur yang berhubungan dengan topik penelitian mereka. Sumber literatur ini mencakup berbagai media seperti situs web di internet.

2.2 Setting Up Engine

Pada tahap persiapan mesin dilakukan untuk menilai kinerja awal mesin diesel, sehingga dapat dipahami bagaimana mesin tersebut akan beroperasi dalam pengujian selanjutnya. Untuk pengujian ini, mesin diesel empat langkah digunakan.

2.3 Pra Uji Coba

Tahap Pra-eksperimen bertujuan guna menguji performa mesin diesel dengan bahan bakar standar, yakni Pertamina Dex. Data yang dikumpulkan akan berfungsi sebagai referensi awal dan akan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh selama proses pengujian menggunakan B20, B35, serta B100

2.4 Pembuatan Biodiesel

Pada tahap ini dilakukan pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit, minyak ikan salmon, ekstrak kulit manggis dan minyak castor, minyak lemak sapi, minyak canola. Pembuatan ini melalui proses esterifikasi terlebih dahulu kemudian dilanjutkan proses transesterifikasi. Setelah itu dicuci dan dimurnikan. Setelah

dimurnikan maka akan didapatkan biodiesel dari minyak kelapa sawit, minyak ikan salmon, ekstrak kulit manggis dan minyak castor, minyak lemak sapi, minyak canola yang mana nantinya akan dijadikan bahan utama *multi-feedstock* biodiesel.

2.5 Pencampuran Biodiesel

Tujuan dari Langkah pencampuran ini adalah untuk menghasilkan biodiesel multi-feedstock yang terdiri dari minyak kelapa sawit, minyak ikan salmon, ekstrak kulit manggis dan minyak castor, minyak lemak sapi, minyak canola dengan perbandingan 60:20:20 sebelum dimasukan kedalam campuran minyak Pertamina Dex. Pembuatan multifeedstock biodiesel dilakukan di lab kimia Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

2.6 Pembuatan B20, B35, B100

Pada Tabel 3.3 menunjukkan persentase komposisi campuran multifeedstock biodiesel dengan Pertamina dex untuk pencampuran bahan bakar B20, B35, dan B100.

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

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

2.7 Analisa Karakteristik Multi-Feedstock Biodiesel

Usai proses pembuatan campuran bahan bakar B20, B35, serta B100, langkah berikutnya adalah menganalisis karakteristik biodiesel. Sasarannya ialah guna mengevaluasi atribut seperti nilai kalor, titik nyala, angka setana densitas, serta viskositas dari hasil proses biodiesel yang diproduksi, yakni B20, B35, serta B100

2.8 Pengujian dan Pengambilan Data

Pada titik ini, pengujian dan data akan dilakukan terhadap mesin diesel empat langkah. Selanjutnya pencatatan dari hasil pengujian digunakan sebagai bahan untuk menjawab permasalahan yang telah disebutkan.

Tabel 2 Spesifikasi Mesin Diesel 4 Tak

Model	JD ZH1115N
Sistem pendingin	hopper

Sistem pelumasan	kombinasi tekanan & penyebaran
Sistem start	tangan/engkol & starter
Berat bersih (kg)	180



Gambar 1 Jiangdong Four-Stroke Diesel Engine

Tabel 3 Spesifikasi Generator

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



Gambar 2 Jiangdong Four-Stroke Diesel Engine dikapal dengan generator

2.9 Perhitungan Daya Torsi dan GSFC

Perhitungan daya, torsi, dan GSFC akan didasarkan pada pengujian pencampuran bahan bakar Pertamina Dex dan biodiesel yang digunakan mesin diesel empat langkah.

1. Daya

Persamaan untuk melakukan perhitungan daya generator 3 fasa:

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

2. Torsi

Torsi merujuk pada Gaya putar ataupun momen gaya yang diberikan pada sebuah benda guna menghasilkan rotasi ataupun gerakan berputar. Dalam dunia mesin atau alat mekanis, torsi menggambarkan kekuatan yang dimanfaatkan guna memutar ataupun menggerakkan bagian-bagian tertentu saat beroperasi. Jika daya dan kecepatan motor diketahui, rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai torsi.

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

3. Konsumsi Bahan Bakar

Persamaan untuk menghitung jumlah bahan bakar adalah sebagai berikut:

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

4. Generator Spesifik Fuel Consumption (GSFC)

Parameter kinerja generator yang memiliki hubungan langsung dengan hasil ekonomi generator adalah konsumsi bahan bakar spesifik. Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah bahan bakar tertentu yang dikonsumsi menurut [5] yaitu:

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Karakteristik Biodiesel

Pada data hasil mengenai sifat-sifat Pertamina dex serta bahan bakar *multi-feedstock* biodiesel dalam proporsi B20, B35, dan B100 dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Data Karakteristik Biodiesel

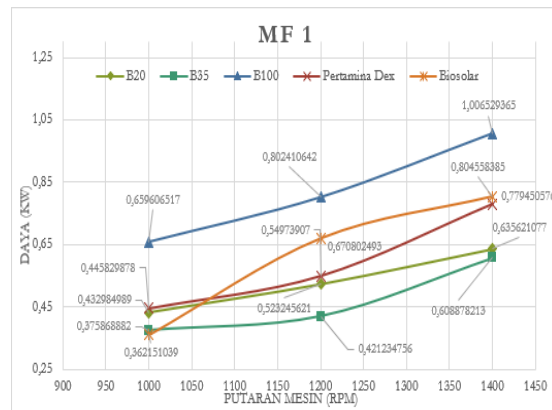
Bahan Bakar	Suhu Titik (°C)	Densitas (kg/m ³)	Viskositas (cSt)
Pertamina Dex	55	820-860	2,0-4,5
B20 (MF1)	60	0,848	1,8909
B35 (MF1)	68	0,856	2,1057
B100 (MF1)	131	0,888	4,3414
B20 (MF2)	61	0,852	1,8151
B35 (MF2)	69	0,856	1,9473
B100 (MF2)	130	0,890	2,7339
Bahan Bakar	Angka Setana	Nilai Kalor (cal/g)	
Pertamina Dex	53 (min)	10,401	
B20 (MF1)	61,1	10,401	
B35 (MF1)	>62,5	10,787	
B100 (MF1)	>62,5	10,597	
B20 (MF2)	>62,5	9,390	
B35 (MF2)	>62,5	10,757	
B100 (MF2)	>62,5	10,248	

3.2 Pengujian Performa *Four-Stroke Diesel Engine*

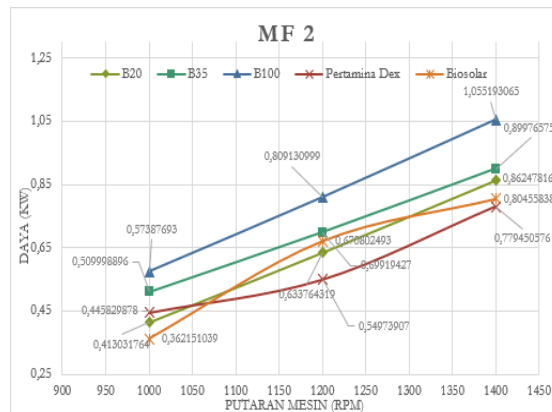
1. Daya

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

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\
 P &= \sqrt{3} \times 120 \times 2,24 \times 0,8 \\
 &= 372,46 \text{ Watt} \\
 &= 0,37246 \text{ kW}
 \end{aligned}$$



Gambar 3 grafik daya pada beban 2000 watt mf 1



Gambar 4 grafik daya pada beban 2000 watt mf 2

Pada gambar 3 dan 4 menampilkan grafik daya pada beban 2000 Watt untuk tujuh jenis bahan bakar yang telah diuji Pada pengujian beban 2000 Watt, saat 1000 rpm MF1-B100 memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan MF2-B100 yaitu sebesar 0,6596kW. pada 1200 rpm MF2-B100 nilai paling tinggi dengan 0,809 kW sedangkan untuk MF1-B100 hanya sebesar 0,802 kW Dan pada 1400 rpm MF1-B35 memiliki daya paling tinggi dengan daya 1,055kW. Sedangkan untuk putaran 1000 dan 1200 rpm MF1-B35 memiliki nilai yang paling rendah yaitu sebesar 0,375868882kW dan 0,421234756kW. Pada 1000 rpm yang memiliki nilai paling rendah adalah biosolar dengan nilai daya 0,362151039 kW sedangkan untuk 1400 rpm MF2-B35 memiliki nilai paling rendah sebesar 0,608878213kW.

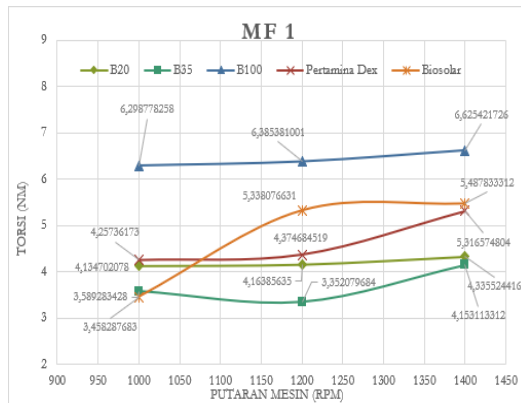
2. Torsi

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

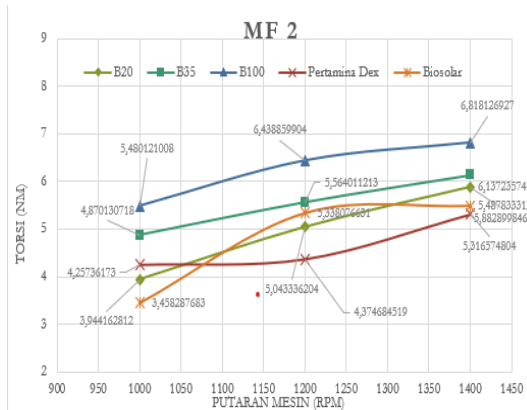
$$T = \frac{P \times 60 \times 1000}{2\pi \times \text{rpm}}$$

$$T = \frac{0,432985 \times 60 \times 1000}{2 \times 3,14 \times 1000}$$

$$= 4,1368 \text{ Nm}$$



Gambar 6 grafik torsi pada beban 2000 watt mf 1



Gambar 7 grafik torsi pada beban 2000 watt mf 2

Pada gambar 6 dan 7 menampilkan grafik daya pada beban 2000 Watt untuk tujuh jenis bahan bakar yang telah diuji. Pada pengujian beban 2000 Watt, saat 1000 rpm MF1 B100 memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 6,298 Nm dibandingkan dengan MF2-B100 hanya sebesar 5,401 dan pada 1200 rpm MF2-B100 nilai paling tinggi daripada MF1-B100 dengan 6,438 Nm. Bahan bakar MF1 B100 memiliki daya paling tinggi pada saat 1400 rpm dengan daya sebesar 6,818 Nm. Sedangkan untuk putaran 1000 rpm dengan beban 2000 watt yang memiliki nilai paling rendah yaitu Biosolar yang memiliki nilai daya hanya sebesar 3,458287683 Nm. Lalu pada 1200 rpm bahan bakar yang memiliki nilai torsi paling rendah adalah MF1 B35 yaitu sebesar 3,352 Nm. Dan pada putaran 1400 rpm bahan bakar MF1 B35 hanya memiliki nilai paling rendah yaitu sebesar 4,335 Nm

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)

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

$$FCR = \frac{25 \text{ ml} \times 0,844 \text{ gr/ml}}{130,56 \text{ s}}$$

$$FCR = 0,2359 \text{ gr/s}$$

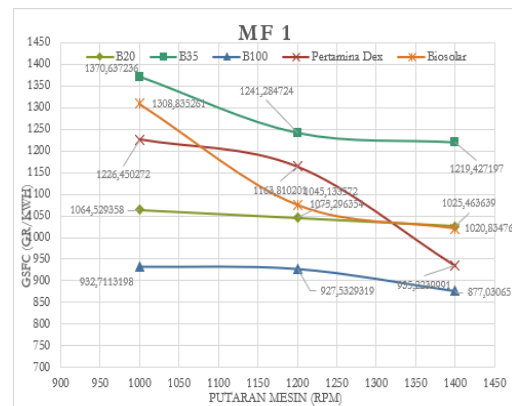
$$FCR = 0,16161 \times 3600$$

$$FCR = 849,24 \text{ gr/h}$$

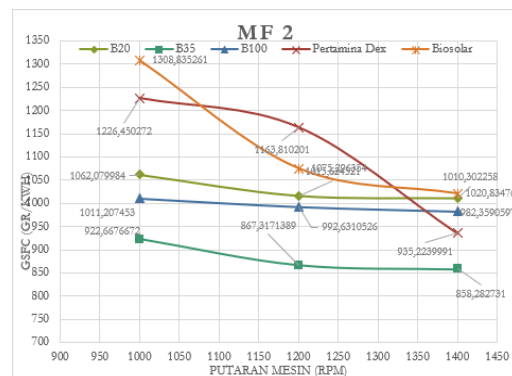
$$GSFC = \frac{FCR}{P}$$

$$GSFC = \frac{3054,636 \text{ gr/h}}{0,73627 \text{ kW}}$$

$$GSFC = 1159,103 \text{ gr/kWh}$$



Gambar 8 grafik GSFC pada beban 2000 watt mf 1



Gambar 9 grafik GSFC pada beban 2000 watt mf 2

Gambar 8 dan 9 merupakan grafik GSFC setiap bahan bakar pada beban 2000 Watt. MF2-B35 memiliki nilai GSFC paling rendah pada variasi rpm 1000, yaitu sebesar 922,66 gr/kWh memiliki selisih yang cukup jauh dibandingkan MF1-B35 yang hanya memiliki nilai 1370,63 gr/kWh. Lalu pada putaran 1200 rpm campuran bahan bakar MF2 B35 memiliki nilai GSFC yang rendah, sebesar 867,317 gr/kWh yang mana lebih rendah dibandingkan dengan MF1-B35 dan pada putaran 1400 rpm yang memiliki nilai GSFC yang paling rendah adalah MF2-B35 sebesar 858,282 gr/kWh. Artinya MF2-B35 memiliki nilai GSFC yang paling optimal disemua variasi rpm. Untuk bahan bakar yang menghasilkan nilai GSFC paling

tinggi pada saat putaran mesin 1000 dan 1400 rpm adalah MF1-B35 yang menghasilkan nilai *GSFC* 1370,637 dan 1219,427 gr/kWh.

4. KESIMPULAN

Persentase multi-feedstock biodiesel mempengaruhi daya yang dihasilkan, semakin tinggi persentase, semakin tinggi pula nilai daya yang dihasilkan. *Multi-feedstock* biodiesel yang paling optimal dalam menghasilkan daya pada ketiga beban adalah biodiesel MF1-B100. Persentase *multi-feedstock* biodiesel juga berpengaruh pada torsi yang dihasilkan; semakin tinggi persentase, semakin tinggi nilai torsi yang dihasilkan. *Multi-feedstock* biodiesel yang paling optimal dalam menghasilkan torsi pada ketiga beban juga adalah biodiesel MF1-B100.

Namun hasil Daya dan Torsi pada penggunaan bahan bakar multi-feedstock biodiesel berbanding terbalik dengan *GSFC* yang dihasilkan, *GSFC* yang semakin rendah menunjukkan bahwa mesin lebih efisien dalam menggunakan bahan bakar. Artinya, untuk setiap unit energi yang dihasilkan (misalnya 1 kWh), mesin memerlukan lebih sedikit bahan bakar. Dengan demikian, semakin rendah nilai *GSFC*, semakin optimal performa mesin dalam hal efisiensi bahan bakar dan biaya operasional. *Multi-feedstock* biodiesel yang paling optimal dalam menghasilkan *GSFC* pada ketiga beban adalah biodiesel MF2-B35.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengakui bahwa penyelesaian penelitian ini tidak mungkin tercapai tanpa bantuan, doa, dan dorongan dari banyak pihak. Dengan ini, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada :

1. Orangtua penulis, yang telah memberikan dukungan serta do'a selama waktu perjalanan pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Ibu Aminatus Sa'diyah dalam kapasitas sebagai dosen pembimbing satu, yang telah menyampaikan saran dan juga arahan sepanjang penulisan Tugas Akhir.
3. Bapak Muhammad Shah dalam kapasitas sebagai dosen pembimbing dua, yang telah menyampaikan saran serta juga arahan sepanjang penulisan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen dan Karyawan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan banyak ilmu selama masa perkuliahan.
5. Rekan-rekan satu angkatan di Prodi D IV Teknik Permesinan Kapal angkatan 2020, yang telah menunjukkan kerja sama dan solidaritas sepanjang masa studi di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya..

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Devita, L. (2015) 'Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif', *Agrica Ekstensia*, 9(2), pp. 23–26.
- [2] Febriana, I. *et al.* (2022) 'Pengolahan Lemak Sapi Menjadi Biofuel Menggunakan Katalis Calcium Oxide', *Jurnal Redoks*, 7(1), pp. 10–18. Available at: <https://doi.org/10.31851/redoks.v7i1.7004>.
- [3] Jung, H.A. *et al.* (2006) 'Antioxidant xanthones from the pericarp of *Garcinia mangostana* (Mangosteen)', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), pp. 2077–2082.
- [4] Badan Standardisasi Nasional (2015) 'Sni 7182:2015', *Badan Standardisasi Nasional* [Preprint].
- [5] Pertamina (2023) *Kandungan Zat Aditif pada Pertamina Dex*, *pertamina*. Available at: https://onesolution.pertamina.com/Insight/Page/kandungan_zat_aditif_pada_pertamina_dex
- [6] Febriana, I. *et al.* (2022) 'Pengolahan Lemak Sapi Menjadi Biofuel Menggunakan Katalis Calcium Oxide', *Jurnal Redoks*, 7(1), pp. 10–18. Available at: <https://doi.org/10.31851/redoks.v7i1.7004>.
- [7] Muchta, A. (2017) *Cara Kerja Mesin Diesel 4 Tak Plus Gambarnya*, *Auto Expose*. Available at: <https://www.autoexpose.org/2017/01/mesin-diesel.html> (Accessed: 14 January 2024).
- [8] Pertamina (2023) *Kandungan Zat Aditif pada Pertamina Dex*, *pertamina*. Available at: https://onesolution.pertamina.com/Insight/Page/kandungan_zat_aditif_pada_pertamina_dex (Accessed: 16 January 2024).
- [9] Sufi, M. (2022) *Flash Point Sebagai Parameter Pengujian Bahan Bakar*, *megah anugerah energi*. Available at: <https://solarindustri.com/blog/flash-point/> (Accessed: 17 January 2024).
- [10] Mutlu H, Meier M. 2010. Minyak castor as a renewable resource for the chemical industry. *Eur. J. Lipid. Sci. Tech.* 112: 10-