

# PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKU BIODIESEL (MINYAK KELAPA SAWIT, MINYAK JELANTAH, MINYAK LEMAK SAPI) PADA PERFORMA MESIN DIESEL 4 LANGKAH

Zufar Ali <sup>1\*</sup>, Subagio So'im, S.T., M.T. <sup>2</sup>, Edy Haryono, 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\*23</sup>

Email: [zufarali@student.ppns.ac.id](mailto:zufarali@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [bagiosoim@gmail.com](mailto:bagiosoim@gmail.com)<sup>2\*</sup>; [edi\\_haryono@ppns.ac.id](mailto:edi_haryono@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

**Abstract** - The continuous use of solar, as an abiotic natural resource in all sectors, will eventually be depleted, necessitating an alternative fuel such as biodiesel. Biodiesel is a renewable fuel commonly derived from biological sources (vegetable and animal) and is environmentally friendly. Potential raw materials for biodiesel include palm oil, used cooking oil, and animal fat. In this research, these oils are converted into biodiesel through esterification and transesterification processes. Then, a combination of the three raw materials is formulated (multi-feedstock biodiesel), which will be blended with HSD (Pertamina dex) to create B20, B35, and B100 biodiesel blends. These biodiesel fuels will be tested in a four-stroke diesel engine with different loads of 1000 watts, 2000 watts, and 3000 watts, at various RPMs of 900, 950, 1000, and 1050, to obtain performance data such as power, torque, and fuel consumption. From the conducted tests, the characteristics of flash point, density, and viscosity of B100 biodiesel has met the biodiesel quality standards according to SNI (Indonesian National Standard). B100 biodiesel has the highest power and torque values, while Pertamina Dex exhibits the most optimal specific fuel consumption value.

**Keywords** : *Gsfc, Multi-feedstock biodiesel, Performance, Power, Four stroke diesel engine, Torque*

## Nomenclature

<b>P</b>	Daya (Watt)
<b>V</b>	Tegangan (Volt)
<b>I</b>	Arus Listrik (Ampere)
<b>Cos φ</b>	Faktor daya yang merupakan rasio antara daya aktif dan daya semu
<b>T</b>	Torsi (Nm)
<b>RPM</b>	Kecepatan putaran motor
<b>FCR</b>	Laju bahan bakar (gr/h)
<b>V</b>	Volume bahan bakar (m <sup>3</sup> )
<b>ρ</b>	Massa jenis bahan bakar (gr/m <sup>3</sup> )
<b>t</b>	Waktu menghabiskan bahan bakar (detik)
<b>Gsfc</b>	Konsumsi spesifik bahan bakar (g/kWh)

## 1. PENDAHULUAN

Sumber daya alam (SDA) dibagi menjadi 2 golongan yaitu biotik dan abiotik. Abiotik merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan salah satu contohnya ialah minyak bumi, penggunaan minyak bumi yang terus menerus membuat sumber daya itu sendiri kian menipis. Percobaan manusia terhadap peralihan penggunaan sumber daya ini terus dilakukan, salah satunya yaitu memanfaatkan bioenergi. Bioenergi ialah energi terbarukan yang berasal dari hewani atau juga nabati. Bioenergi dapat

menghasilkan energi bernama biofuel yang terdiri dari bioetanol dan biodiesel.

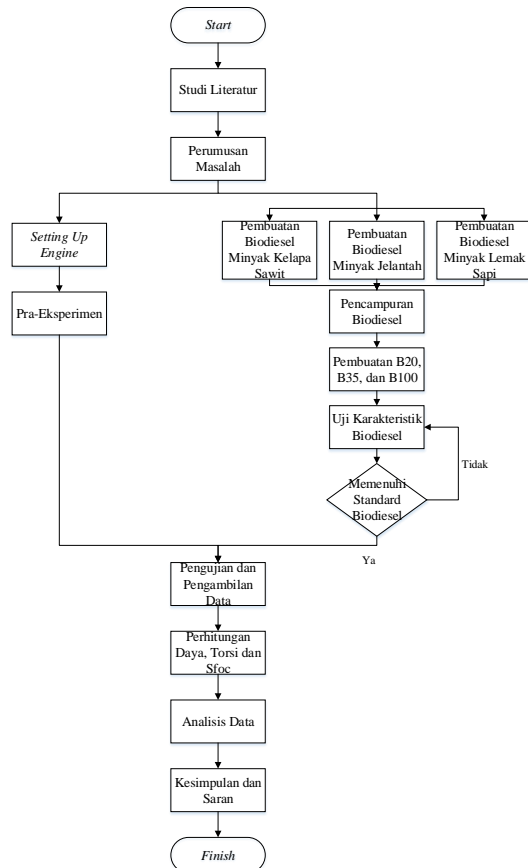
Biodiesel ialah bahan bakar terbarukan untuk mesin diesel berbahan baku lemak hewani, maupun nabati atau dengan bahasa lain metil ester asam lemak (*Fatty acid methyl ester / FAME*) yang sudah lama telah menggantikan minyak bumi (*Petroleum diesel*). Biodiesel sendiri dapat dibuat menggunakan berbagai bahan baku, dengan bermacam-macam teknik seperti contohnya reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Biodiesel adalah bahan bakar yang tidak memiliki efek terhadap kesehatan, serta ramah lingkungan emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel lebih rendah bila dibandingkan minyak solar. Biodiesel bisa digunakan secara murni maupun dicampur, dan diperuntukkan mesin diesel.

Minyak yang dapat berpotensi menjadi bahan baku biodiesel yaitu minyak kelapa sawit, minyak jelantah, dan minyak lemak sapi, pada penelitian ini digabungkan tiga bahan baku tersebut menjadi kesatuan yang dapat disebut sebagai *multi-feedstock* biodiesel, yang berarti "*multi*" memiliki makna dua atau lebih, dan "*feedstock*" memiliki makna bahan baku. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memperoleh pengaruh *multi-feedstock* terhadap unjuk kerja mesin diesel *four stroke*, yang akan diuji secara eksperimen dengan prosentase terhadap

Biodiesel sebesar 20% Pertamina Dex 80% (B20), Biodiesel 35% Pertamina Dex 65% (B35) dan Biodiesel 100% (B100) dengan variasi pembebanan 1000 Watt, 2000 Watt dan 3000 Watt.

## 2. METODOLOGI.

Dalam pengambilan data di penelitian ini dapat digambarkan sesuai diagram alir sebagai berikut:



### 2.1 Pembuatan Biodiesel

Pembuatan *multi-feedstock* biodiesel berasal dari campuran biodiesel minyak kelapa sawit, biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak lemak sapi. Dari ketiga jenis biodiesel tersebut (biodiesel minyak kelapa sawit, biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak lemak sapi) dibuat dengan cara yang sama yaitu proses esterifikasi dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Proses esterifikasi dilakukan untuk mengubah asam lemak basah yang direaksikan dengan alkohol yang dibantu katalis pada minyak nabati menjadi alkil ester. Pada proses ini digunakan alkohol jenis methanol dan katalis asam berupa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Proses esterifikasi dilakukan dengan memanaskan minyak nabati menggunakan *hot plate* hingga mencapai suhu reaksi sebesar 55°C. Setelah mencapai suhu reaksi, minyak nabati dicampurkan dengan campuran metanol dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Perbandingan volume antara minyak nabati maupun hewani dengan methanol sebesar

5 : 1 dan digunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebesar 1% dari berat minyak nabati dan hewani. Proses reaksi berlangsung selama 1 jam dengan frekuensi pengadukan konstan pada suhu 55°C.

Lalu setelah terjadinya proses reaksi, campuran tersebut didiamkan kurang lebih 24 jam agar alkil ester terpisah dengan minyak. Minyak yang telah dipisahkan dengan alkil ester selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan hasil minyak pada tahap esterifikasi menggunakan methanol dan NaOH (katalis basa).

Langkah – langkah transesterifikasi sama dengan proses esterifikasi, yang membedakan transesterifikasi dengan esterifikasi yaitu pada katalis yang digunakan. Katalis pada saat proses transesterifikasi berupa katalis basa. Digunakan NaOH dengan jumlah 1% dari berat minyak sebagai katalis pada proses reaksi transesterifikasi. Reaksi yang telah dilakukan kemudian didiamkan selama kurang lebih 24 jam agar lapisan antara gliserol dan biodiesel dapat terpisah. Kemudian lapisan gliserol dipisahkan dari biodiesel, dan biodiesel dapat dilakukan proses pencucian.

Pencucian biodiesel dilakukan untuk menghilangkan sisa – sisa alkohol dan katalis yang tidak sepenuhnya mengalami reaksi. Biodiesel dicampur dengan akuades dengan suhu kurang lebih 60°C dengan perbandingan volume 1:1. Kemudian biodiesel dimurnikan dengan cara dipisahkan dengan akuades terlebih dahulu dan dipanaskan hingga suhu 100°C agar sisa akuades yang terdapat pada biodiesel dapat menguap.

Setelah proses pemurnian, biodiesel minyak kelapa sawit, biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak lemak sapi dicampurkan secara langsung dengan perbandingan volume 1 : 1 : 1 sehingga didapatkan *multi-feedstock* biodiesel (B100). B20 didapatkan dari pencampuran langsung *multi-feedstock* biodiesel (B100) sebesar 20% dan pertamina dex 80% dari volume keseluruhan. Untuk B35 didapatkan dari pencampuran langsung *multi-feedstock* biodiesel (B100) sebesar 35% dan pertamina dex 65% dari volume keseluruhan.

### 2.2 Mesin Diesel

Mesin diesel yang digunakan pada penelitian ini ialah mesin diesel 4 langkah, Dong Feng R180A Hopper. Dengan pembebanan, generator A.C Synchronous Generator STC-5. Spesifikasi mesin diesel dan generator ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1: Spesifikasi Mesin dan Generator

SPECIFICATION			
ENGINE		GENERATOR	
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 (mm)	80 x 80	Number of Phase	3
Perbandingan Kompresi Pembakaran	21:1	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		

### 2.3 Daya Generator

Daya pada motor bakar dikenal dengan dua jenis yaitu daya indikator dan daya efektif, daya efektif inilah yang dihasilkan oleh mesin diesel dan dihubungkan dengan generator listrik dan dihitung berdasarkan beban pada generator tersebut. Persamaan untuk mencari daya pada generator 3 fasa :

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

### 2.4 Torsi

Torsi ialah parameter kemampuan mesin dapat melakukan kerja. Torsi mengakibatkan benda dapat berputar terhadap porosnya, benda tersebut dapat berhenti bila ada usaha yang berlawanan sama besar dengan torsi. Persamaan untuk mencari torsi yang dihasilkan :

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

### 2.5 Konsumsi Bahan Bakar

Persamaan untuk mencari konsumsi bahan bakar (FCR) yang dihasilkan :

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

### 2.6 Generator Spesific Fuel Consumption (gsfc)

Generator Spesific Fuel Consumption (*Gsfc*) atau Konsumsi bahan bakar spesifik generator merupakan parameter performa generator yang berhubungan dengan nilai ekonomis pada generator tersebut. Maka dari itu

akan dihitung bahan bakar yang dibutuhkan agar dapat menghasilkan daya dengan kurun waktu yang tertentu. Persamaan untuk mencari *gsfc* yang dihasilkan :

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

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Karakteristik Biodiesel

Hasil analisis karakteristik pertamina dex dan *multi-feedstock* biodiesel (B20, B35 dan B100) tercantum dalam tabel 2.

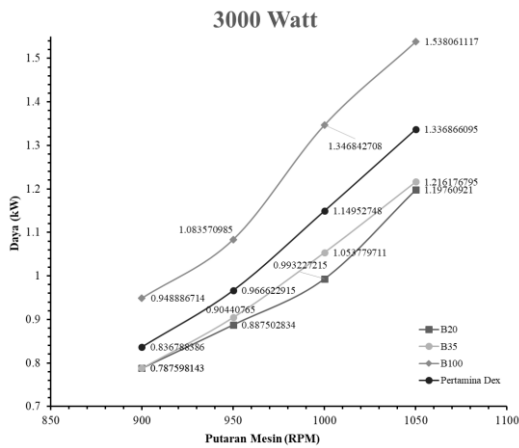
Tabel 2: Karakteristik Biodiesel

Bahan Bakar	Titik Nyala (°C)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas (cSt)	Angka Setana	Nilai Kalor (cal/g)
Pertamina Dex	55	820 - 860	2,0 - 4,5	51 (min)	-
B20	59	819,56	23,007	70,8	10,694
B35	64	828,56	24,540	74,8	10,461
B100	125	874,88	36,996	74,8	9,413

Berdasarkan tabel 2, Titik nyala B20, B35 dan B100 lebih tinggi dari pertamina dex. Semakin tidak adanya campuran dari pertamina dex maka semakin besar densitas yang dihasilkan. Semakin besar densitas maka semakin besar massa yang diinjeksikan pada ruang bakar. Viskositas yang besar dapat menyebabkan bahan bakar tersebut teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar dan juga dengan momentum yang tinggi. Persentase biodiesel yang meningkat menyebabkan viskositas semakin tinggi. Angka setana mengukur keterlambatan pembakaran bahan bakar di mesin diesel. Semakin besar angka setana, dapat mengakibatkan semakin cepat pembakarannya. Mesin kendaraan besar sangat cocok untuk bahan bakar dengan angka setana yang tinggi, B20 memiliki angka setana sebesar 70,8 pada pengujian penuh, B35 memiliki angka setana 74,8 pada pengujian bahan bakar tidak penuh dan B100 pada pengujian bahan bakar setengah. Nilai kalor bahan bakar ialah jumlah energi panas tertinggi yang dilepaskan bahan bakar dengan reaksi pembakaran sempurna persatuan volume atau massa oleh bahan bakar tersebut, persentase biodiesel yang meningkat menyebabkan nilai kalor semakin berkurang.

### 3.2 Daya

Hasil perhitungan nilai daya dapat dilihat pada gambar 1.

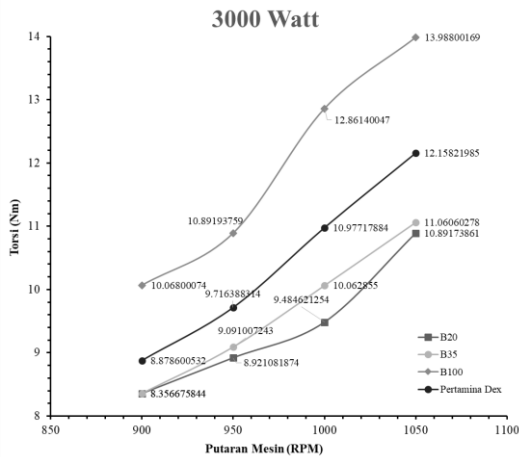


Gambar 1 Hasil Perhitungan Daya Generator

Berdasarkan gambar 1 pada beban lampu 3000 Watt bahan bakar B20 dan B35 memiliki daya yang sama pada 900 RPM. B20 memiliki daya paling rendah pada 950 RPM, 1000 RPM dan 1050 RPM. B100 menghasilkan daya tertinggi pada seluruh variasi putaran mesin. B100 menjadi bahan bakar paling optimal dalam menghasilkan daya pada beban lampu 3000 Watt disusul dengan Pertamina dex, B35 kemudian B20.

### 3.2 Torsi

Hasil perhitungan nilai torsi dapat dilihat pada gambar 2.

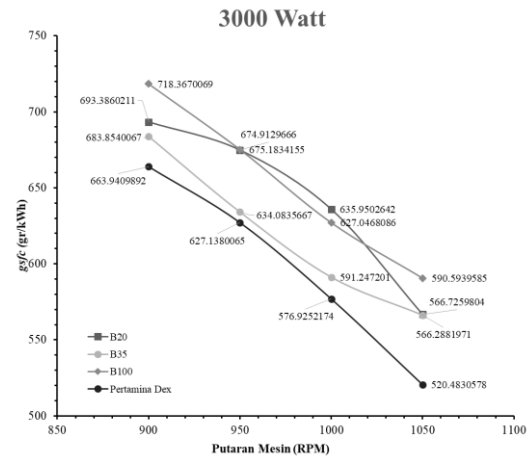


Gambar 2. Hasil Perhitungan Nilai Torsi

Berdasarkan gambar 2 dengan beban lampu 3000 Watt, baik bahan bakar B20 dan B35 menghasilkan torsi yang sama di 900 RPM sebesar 8,3566 Nm selanjutnya B20 memiliki nilai torsi terendah pada 900 RPM, 1000 RPM dan 1050 RPM. B100 memiliki torsi tertinggi pada seluruh frekuensi putaran mesin. B100 menjadi bahan bakar paling optimal dalam menghasilkan torsi pada beban lampu 3000 Watt disusul Pertamina dex, B35 kemudian B20.

### 3.3 Generator Specific Fuel Consumption (gsfc)

Hasil perhitungan nilai torsi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Perhitungan GSFC

Berdasarkan gambar 3. dengan beban lampu 3000 Watt, Pertamina dex memiliki hasil *gsfc* paling optimal pada seluruh frekuensi putaran mesin dengan 663,94 kWh pada 900 RPM, 627,138 kWh pada 950 RPM, 576,925 kWh pada 1000 RPM, dan 520,483 pada 1050 RPM. Pertamina dex merupakan bahan bakar paling optimal dalam pengujian *gsfc* dengan beban 3000 Watt, kemudian B35, B20 lalu B100.

## 4. KESIMPULAN

Campuran *multi-feedstock* biodiesel antara B100 (Minyak kelapa sawit, minyak jelantah dan minyak lemak sapi) dengan Pertamina dex berpengaruh pada karakteristik bahan bakar. Dalam karakteristik titik nyala, densitas dan viskositas semakin besar prosentase *multi-feedstock* biodiesel maka semakin tinggi nilai yang ditunjukkan, sedangkan pada nilai kalor semakin besar campuran *multi-feedstock* biodiesel semakin rendah hasil nilai kalor. Seluruh hasil uji karakteristik memenuhi syarat mutu biodiesel menurut SNI 7182:2015. Campuran *multi-feedstock* biodiesel juga berpengaruh pada nilai daya, torsi dan *gsfc*. Pada nilai daya dan torsi B100 menjadi bahan bakar paling optimal dalam unjuk kerja *four stroke diesel engine* dalam setiap variasi putaran mesin dan pembebanan, sedangkan pada kolom *gsfc* Pertamina Dex merupakan bahan bakar paling optimal, kemudian B35, B20 lalu B100. Namun karena nilai daya dan torsi yang dihasilkan oleh B100 memiliki perbedaan yang jauh dibandingkan B20 dan B35, maka dapat disimpulkan bahan bakar B100 memiliki kualitas unjuk kerja paling baik diantara bahan bakar lainnya seperti B20, B35 dan Pertamina Dex untuk *four stroke diesel engine* dengan pembebanan lampu 3000 Watt.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengetahui bahwa jurnal ini dapat selesai dikarenakan bimbingan serta dukungan dari banyak pihak, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Bapak Subagio So'im S.T., M.T. Sebagai dosen pembimbing I
2. Bapak Edi Haryono, S.T., M.T. Sebagai dosen pembimbing II
3. Alm. Bapak Ali Khomsah dan Ibu Irma Nurmala Dewi yang telah memberikan segala bentuk kasih sayang berupa dukungan moral, mental, motivasi, doa dan nasehat baik kepada penulis.
4. Seluruh kerabat dan teman seperjuangan yang telah membantu terselesaikannya jurnal ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Affandi, R. D. N., Toni Rizki Aruan, Taslim, & Iriany. (2013). Produksi Biodiesel Dari Lemak Sapi Dengan Proses Transesterifikasi Dengan Katalis Basa NaOH. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 1–6.
- [2] Chauhan, Y. K., Yadav, V. K., & Singh, B. (2013). Optimum utilisation of self-excited induction generator. *IET Electric Power Applications*, 7(9), 680–692.
- [3] Da Cunha, M. E., Krause, L. C., Moraes, M. S. A., Faccini, C. S., Jacques, R. A., Almeida, S. R., Rodrigues, M. R. A., & Caramão, E. B. (2009). Beef Tallow Biodiesel Produced in a Pilot Scale. *Fuel Processing Technology*, 90(4), 570–575.
- [4] Devita, L. (2015). Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif. *Agrica Ekstensi*, 9(2), 23–26.
- [5] Haryono, E., & Witjonarko, R. D. E. (2017). Analisa Unjuk Kerja Mesin Diesel Kapal Dua Langkah (Two Stroke Marine Diesel Engine) Berbahan Bakar Campuran Minyak Solar (Hsd) Dan Biodiesel Minyak. *Inovtek Polbeng*, 07(2).
- [6] Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45.
- [7] Rianto, A. R. (2022). Pengaruh Multi Feedstock Biodiesel (Minyak Kelapa Sawit, Minyak Kelapa, Minyak Jelantah) Terhadap Unjuk Kerja Two Stroke Marine Diesel Engine. <http://repository.ppns.ac.id>
- [8] Ristianingsih, Y., Hidayah, N., & Sari, F. W. (2016). Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (Cpo) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Transesterifikasi Langsung. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 2(1), 38–46.
- [9] Rochman, M. A. M. (2021). Analisis Unjuk Kerja Four Stroke Diesel Engine Dengan Bahan Bakar Campuran Solar Dan Biodiesel Dari Ampas Tahu. <http://repository.ppns.ac.id/3525/>.
- [10] Semin, Iswantoro, A., & Faris, F. (2017). Performance and NOx Investigation on Diesel Engine using Cold EGR Spiral Tube: A Review. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 1(3), 213–220.
- [11] Suleman, N., Abas, & Papatungan, M. (2019). Esterifikasi dan Transesterifikasi Stearin Sawit untuk Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Teknik*, 17(1), 66–77.
- [12] Wahyudi, W., Sarip, S., Sudarja, S., & Suhatno, H. (2019). Unjuk Kerja Mesin Diesel Berbahan Bakar Campuran Biodiesel Jarak dan Biodiesel Jelantah. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 3(1), 36–41.