

## **Pengaruh bahan bakar campuran minyak plastik LDPE dengan biosolar terhadap kinerja dan emisi mesin diesel**

### ***Effect of LDPE plastic oil mixed fuel with biosolar on diesel engine performance and emissions***

**Kuntang Winangun\*, Wawan Trisnadi Putra, Nanang Suffiadi Akhmad, Tinovia Prasetyo**

\* Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Indonesia

\* Jl. Budi Utomo No.10, Ponorogo, Jawa Timur, Indonesia

\*Koresponden Email: kuntang@umpo.ac.id

Article Submit:03/07/2022

Article Revision:17/08/2022

Article Accepted: 04/09/2022

**Abstrak:** Minyak limbah plastik LDPE diesel termasuk energi alternatif yang dikembangkan secara intensif karena untuk memenuhi kebutuhan pengurangan konsumsi BBM. Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja mesin diesel menggunakan *cetane booster* yang ditambahkan dengan pencampuran minyak plastik LDPE dengan bahan bakar biodiesel untuk meningkatkan angka setana. Komposisi minyak plastik LDPE adalah 29,9%, 69,9% biodiesel dan 0,2% *cetane booster*. Setelah itu, angka setana meningkat 3,1 dari 48 menjadi 51,1 yang mempengaruhi kinerja mesin. Eksperimental pada mesin diesel Dongfeng R 185 menggunakan campuran bahan bakar minyak plastik LDPE dan biodiesel dengan tambahan cetane booster. Daya puncak sebesar 4,33 HP dan torsi puncak 15,3 NM pada beban 4000-watt menggunakan campuran biosolar dan minyak plastik dengan penambahan *cetane booster*. Dengan bahan bakar minyak plastik murni, daya maksimum sebesar 4,26 HP dan torsi maksimum sebesar 15 NM pada beban 4000 watt. Penggunaan bahan bakar biosolar dan minyak plastik LDPE dengan penambahan *cetane booster* berdampak pada peningkatan BTE sebesar 4.6% dan penurunan BSFC sebesar 3.6% dibandingkan dengan biosolar. Namun, menambahkan minyak plastik ke dalam biosolar berdampak buruk terhadap emisi gas buang berupa smoke dengan peningkatan sebesar 12% dibandingkan dengan biosolar.

**Kata kunci:** Bio solar; cetana booster; emisi gas buang; minyak plastik LDPE; performa mesin.

**Abstract:** An alternative energy source called LDPE diesel plastic waste oil has undergone extensive development to help cut down on gasoline usage. This experiment tested how well a diesel engine performed using a cetane booster that was introduced by combining LDPE plastic oil with biodiesel fuel to raise the cetane number. LDPE plastic oil is made up of 29.9% biodiesel, 69.9% biodiesel, and 0.2% cetane booster. Following that, the cetane number rose by 3.1, from 48 to 51.1, which had an impact on the performance of the engine. LDPE plastic fuel oil and biodiesel combined with a cetane booster were used experimentally on the Dongfeng R 185 diesel engine. At a 4000-watt load, a blend of biodiesel and plastic oil with the addition of a cetane booster produces a maximum power of 4.33 HP and a maximum torque of 15.3 NM. At a load of 4000 watts, the maximum power and torque with pure plastic fuel oil are 4.26 HP and 15 NM, respectively. In comparison to biodiesel, the usage of biodiesel fuel with LDPE plastic oil with a cetane booster causes the BTE to rise by 4.6% and the BSFC to fall by 3.6%. However, compared to biodiesel, adding plastic oil has a detrimental effect on exhaust emissions in the form of smoke, increasing them by 12%.

**Keywords:** Biodiesel; engine performance; exhaust gas emissions; LDPE plastic oil.

## **1. PENDAHULUAN**

Mesin diesel dikenal sebagai mesin pembakaran internal, atau mesin kompresi, yang memanfaatkan panas kompresi untuk penyalaan. Bahan bakar yang disuntikkan ke dalam ruang bakar menyala secara spontan. Mesin diesel bekerja sesuai dengan rangkaian diesel, dengan rasio kompresi 14:1 sampai 24:1 dan temperatur udara tekan mencapai  $\pm 750$  °C. Bahan bakar mesin diesel sendiri terutama menggunakan *high speed diesel* (HSD) [1], yaitu jenis bahan bakar yang dihasilkan dari pengolahan minyak bumi, pada dasarnya minyak mentah dipisahkan dari distilat dalam proses



penyulingan, oleh karena itu, fraksi bahan bakar HSD dihasilkan dengan cara direbus.  $250^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$  poin [2]. Angka setane pada HSD menentukan kualitas bahan bakar, yaitu bilangan yang menunjukkan kemampuan bahan bakar mengalami pembakaran di dalam mesin serta kemampuan mengontrol jumlah ketukan (*knocking*), semakin tinggi angka setane pada bahan bakar, maka kualitas bahan bakar semakin bagus [3], [4]. Namun penggunaan bahan bakar HSD berdampak kurang bagus pada emisi mesin diesel. Beberapa penelitian menyatakan penggunaan bahan bakar HSD memiliki emisi CO, HC, Nox, dan smoke lebih tinggi [5]–[7]. Selain berdampak pada emisi gas buang, penggunaan bahan bakar HSD juga berdampak pada ketergantungan penggunaan bahan bakar minyak [8] menyatakan bahwa Indonesia ketergantungan impor minyak sebesar 20% pada tahun 2018.

Hal tersebut mendorong para peneliti mencari bahan bakar alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak, khususnya penggunaan bahan bakar HSD. Salah satu bahan bakar alternatif yang bisa menggantikan adalah minyak plastik [9]. Ada beberapa jenis minyak plastik yang sudah diproduksi, dilihat dari bahan baku diantaranya dari *Polyethylene Low Density* (LDPE), *Linear Low-Density Polyethylene* (LLDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polypropylene* (PP), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Polystyrene* (PS) dan *Polyethylene Terephthalate* (PET). Penggunaan plastik di kalangan masyarakat sangat tinggi, hal tersebut menimbulkan permasalahan pada sampah plastik di tempat pembuangan akhir. Salah satu cara mengatasi limbah plastik adalah dengan menjadikan bahan bakar [10], [11], [12].

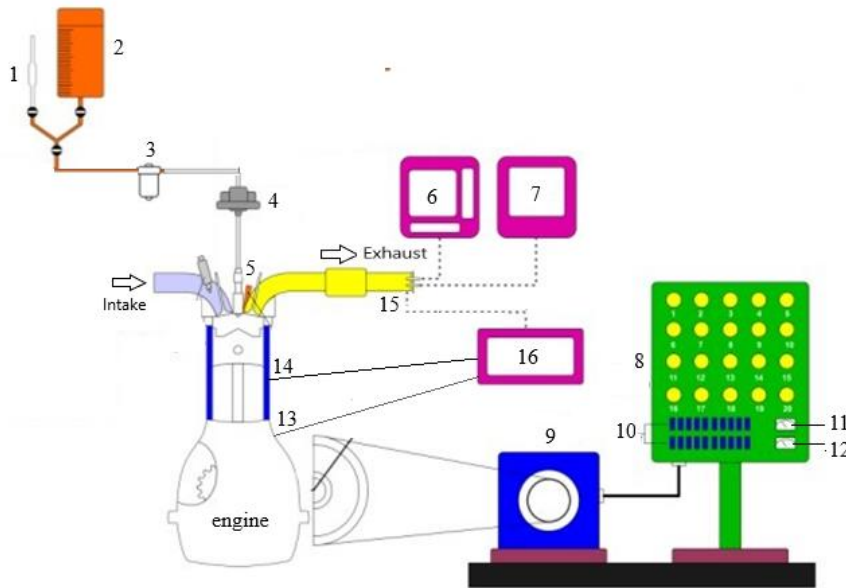
Metode pirolisis merupakan suatu metode untuk mengurai suatu bahan dengan suhu tinggi pada udara terbatas atau bahkan tanpa udara bebas. Proses pembuatan bahan bakar dari *feedstock* memecah struktur kimia menjadi fasa gas, kemudian mengalami proses kondensasi, dan gas yang didinginkan menjadi cair atau bahan bakar minyak melalui pirolisis [13]. Bahan bakar hasil dari proses pirolisis yang bisa langsung digunakan pada temperatur  $250\text{--}350^{\circ}\text{C}$ . Beberapa penelitian tentang penggunaan minyak plastik untuk campuran bahan bakar minyak telah dilakukan [14],[15],[16], hal tersebut membuktikan bahwa minyak plastik dapat dijadikan bahan bakar alternatif pada mesin diesel. Namun minyak plastik memiliki nilai setane yang rendah sehingga perlu penambahan *cetane booster* untuk menaikkan angka setane pada bahan bakar campuran minyak plastik [17]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik unjuk kerja mesin diesel menggunakan bahan bakar campuran biosolar dengan minyak plastik LDPE.

## 2. METODE

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium Program studi Teknik mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Pengujian dilakukan pada kinerja dan emisi gas buang mesin diesel satu silinder berpendingin air (spesifikasi mesin pada Tabel 1). Pada penelitian ini membandingkan empat bahan bakar yang berbeda, pertama bahan bakar standar (biosolar) yang di istilahkan dengan D100, kedua bahan bakar minyak plastik dengan istilah M100, ketiga bahan bakar campuran biosolar 70% dan minyak plastik 30% (D70M30), dan bahan bakar keempat adalah biosolar 70% dan minyak plastik 30%, *Cetane booster* 0.2% (DMB0.2). Minyak plastik diperoleh dari proses pirolisis, biosolar didapatkan dari PT. Pertamina, dan *Cetane booster* didapatkan dari pasaran. Langkah penelitian dimulai dari mencampur bahan bakar menggunakan alat magnetic stirrer dengan temperatur  $0^{\circ}\text{C}$ , putaran 700 rpm, selama 1 jam untuk mendapatkan campuran yang homogen. Berikutnya dilakukan uji properties bahan bakar di laboratorium, properties bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 2. Langkah berikutnya adalah menyiapkan alat uji. Alat uji yang digunakan diantaranya adalah, *tachometer* digunakan untuk mengukur putaran mesin, *stopwatch* untuk mengukur waktu konsumsi bahan bakar, voltmeter untuk mengukur tegangan listrik yang keluar dari

*dynamo*, amperemeter digunakan untuk mengukur ampere, *Burrete* digunakan untuk mengukur volume bahan bakar, *Thermometer* digunakan untuk mengukur temperatur gas buang.

Pengukuran kinerja mesin menggunakan generator listrik dengan beban lampu. Pengujian dilakukan pada kecepatan mesin konstan. Variasi beban mesin mulai dari 1 kilowatt (kW) sampai dengan 4 kilowatt (kW) dengan interval 500 watt. Pengujian kinerja mesin meliputi: torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar. Pengujian emisi gas buang mesin berfokus pada *smoke opacity* meter merk Heshbon Tipe HD-410 dan temperatur gas buang mesin. Skema pengujian pada mesin diesel dual fuel dapat dilihat pada gambar 1.



Keterangan gambar:

1. Burrete meter
2. Fuel tank
3. Fuel filter
4. Fuel pump
5. Fuel injector
6. Gas analiser
7. Smoke meter
8. Lamp (load system)
9. Generator listrik
10. Saklar
11. Volt meter
12. Ampere meter
13. Body temperature
14. Water temperature
15. Exhaust temperature
16. Display temperature

Gambar 1. Skema alat pengujian

Tabel 1. Spesifikasi mesin pengujian

Description	Spesifikasi
<i>Merk</i>	Dongfeng R185
<i>Type</i>	Satu silinder, empat Langkah
<i>Combustion System</i>	Indirect
<i>Bore x stroke</i>	85 x 90 mm
<i>Displacement</i>	510 cc
<i>Maximum power</i>	9 HP/2200 rpm
<i>Compression Ratio</i>	21:1
<i>Cooling system</i>	Hopper

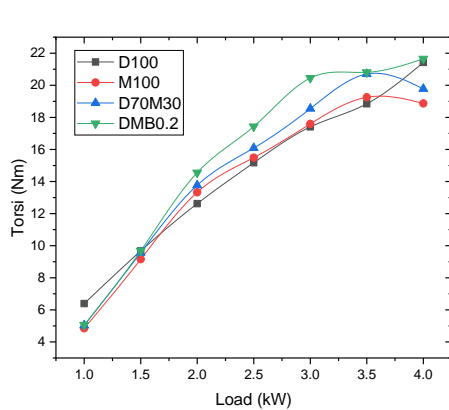
Tabel 2. Properties bahan bakar

No	Properties	Metode	D100	M100	D70M30	DMB0.2
1	Flash point (°C)	ASTM D-86	66	40	53	48.2
2	Cetane Number	ASTM D-86	48	36	48	51.1
3	Density	ASTM D-86	0.817	-	0.74	0.74

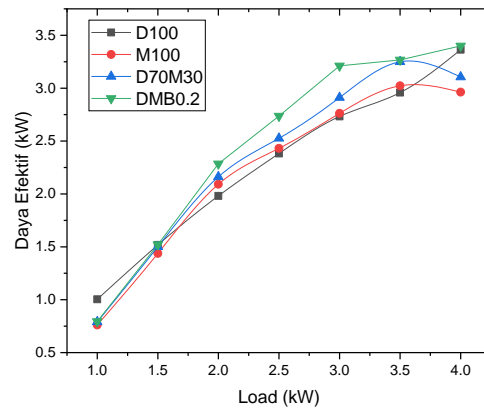
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapat pada pengujian ini meliputi pengujian performa berupa torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar serta emisi gas buang, data diperoleh dari eksperimen pada campuran biosolar dengan minyak plastik LDPE, serta penambahan *cetana booster* dan bahan bakar bio solar murni.

Pada pengujian yang dilakukan pada mesin diesel dongfeng R185 campuran biosolar dengan minyak plastik LDPE, dengan penambahan *cetana booster*. Hasil pengujian mesin di mulai dengan beban 1000-watt sampai 4000 watt.



Gambar 1. Daya efektif fungsi beban



Gambar 2. Torsi mesin fungsi beban

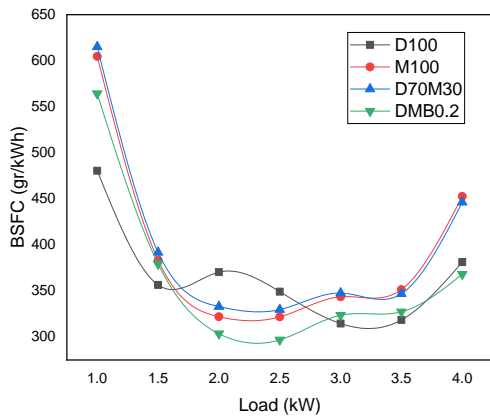
Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian daya mesin diesel dongfeng R185 dengan variasi beban mulai 1000-watt sampai dengan 4000 watt. Arah sumbu x adalah grafik beban (watt) dan arah sumbu y adalah grafik daya (HP). Berdasarkan pengujian performa mesin diesel satu silinder menggunakan bahan bakar campuran biosolar dan minyak plastik LDPE dengan penambahan *cetana booster* menunjukkan dengan grafik warna biru, menghasilkan daya tertinggi 4,33 HP pada beban 4000 watt. Hasil pengujian performa mesin diesel satu silinder menggunakan bahan bakar bio solar menunjukkan dengan grafik warna hitam, menghasilkan daya tertinggi 4,26 HP pada beban 4000 watt.

Motor generator menghasilkan tegangan dan kecepatan konstan dijaga pada 1500 rpm untuk mendapatkan tegangan optimal. Menambahkan beban listrik mengurangi rpm generator yang diputar oleh mesin diesel. Setiap konsumen listrik tambahan meningkatkan jumlah bahan bakar yang disuntikkan ke dalam ruang bakar untuk mempertahankan kecepatan mesin yang konstan. Oleh karena itu sebagai suatu analisis dapat dinyatakan bahwa daya yang dibutuhkan bertambah dengan bertambahnya beban listrik yang diberikan untuk mengimbangi kenaikan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Lebih banyak bahan bakar berarti lebih banyak energi yang diubah menjadi panas dan energi mekanik ketika ada cukup udara [7], [14]. Torsi dari motor membantu mengatasi hambatan saat poros motor dibebani. Dari sini kita dapat menyimpulkan bahwa torsi meningkat seiring dengan peningkatan beban yang diterapkan [18].

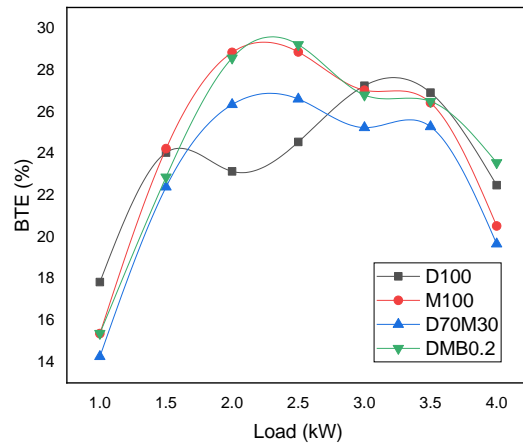
Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian torsi (NM) mesin diesel dongfeng R185 dengan variasi beban. Berdasarkan pengujian torsi mesin diesel satu silinder menggunakan bahan bakar campuran biosolar dan minyak sampah plastik LDPE dengan penambahan *cetana booster* menghasilkan torsi tertinggi 15,3 Nm pada beban 4000 watt, menggunakan bahan bakar bio solar menghasilkan torsi tertinggi 15.1 Nm pada beban 4000 watt.

Gambar 3 menunjukkan variasi efisiensi termal rem (BTE). BTE yang lebih tinggi diperoleh dengan penggunaan minyak plastik, biosolar, dan 0.2% *cetane booster*. Penambahan *cetane booster* cenderung meningkatkan pembakaran limbah plastik minyak. Hal ini mungkin disebabkan oleh peningkatan kandungan kimia pada *cetane booster*, menghasilkan pembakaran yang lebih efektif.

Gambar 4 menunjukkan konsumsi bahan bakar spesifik menurun ketika menggunakan minyak plastik ditambahkan *cetane booster*. Penambahan minyak plastik yang memiliki nilai kalor lebih tinggi dapat meningkatkan pembakaran, sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih irit [19], [20].

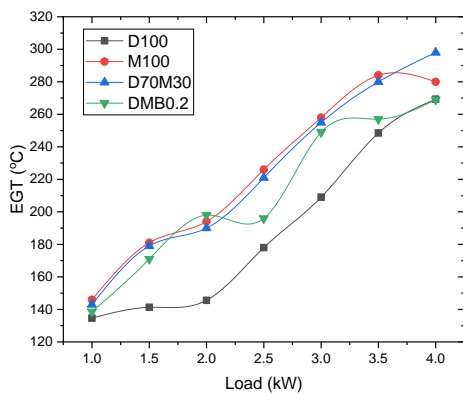


Gambar 3. Brake Thermal Effisiensi fungsi beban

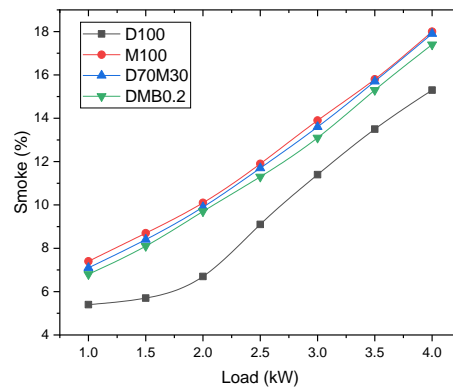


Gambar 4. BSFC fungsi beban mesin

Gambar 5 menunjukkan emisi asap yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar yang diuji. Pembakaran minyak plastik ternyata terkait dengan emisi asap yang lebih tinggi daripada bahan bakar biosolar. Peningkatan emisi asap ini terlihat jelas ketika mesin dioperasikan pada kondisi beban yang lebih tinggi [18].



Gambar 5. Emisi smoke fungsi beban mesin



Gambar 6. EGT fungsi beban mesin

Gambar 6 menunjukkan hasil exhaust gas temperatur versus beban yang berbeda dengan bahan bakar yang berbeda. Pengukuran temperatur gas buang menggunakan termokopel tipe-K yang disambungkan dengan display digital. Penggunaan bahan bakar minyak plastik diketahui memiliki temperatur gas buang yang lebih tinggi. Penyebab dari peningkatan temperatur gas buang berhubungan dengan nilai kalor lebih tinggi dari biosolar [21].

#### 4. SIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian kinerja dan emisi mesin diesel menggunakan bahan bakar biosolar dan minyak plastik LDPE sebagai berikut. Daya puncak sebesar 4,33 HP dan torsi puncak 15,3 NM pada beban 4000-watt menggunakan campuran biosolar dan minyak plastik dengan penambahan *cetane booster*. Dengan bahan bakar minyak plastik murni, daya maksimum sebesar 4,26 HP dan torsi maksimum sebesar 15 NM pada beban 4000 watt. Penggunaan bahan bakar biosolar dan minyak plastik LDPE dengan penambahan *cetane booster* berdampak pada peningkatan BTE sebesar 4.6% dan penurunan BSFC sebesar 3.6% dibandingkan dengan biosolar. Namun, menambahkan minyak plastik ke dalam biosolar berdampak buruk terhadap emisi gas buang berupa smoke dengan peningkatan sebesar 12% dibandingkan dengan biosolar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang telah memberikan dukungan berupa pendanaan tahun anggaran 2022.

## REFERENSI

- [1] C. W. M. Noor, R. Mamat, O. Ali, G. Najafi, and W. N. D. Mansor, "Cyclic variation analysis of palm biodiesel fuel in low compression marine diesel engine," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 75, no. 2, pp. 43–58, 2020, doi: 10.37934/ARFMTS.75.2.4358.
- [2] PT. Pertamina, "Spesifikasi produk bbm, bbn & lpg," 2019.
- [3] Sunaryo, P. A. Sesotyo, E. Saputra, and A. P. Sasmito, "Performance and fuel consumption of diesel engine fueled by diesel fuel and waste plastic oil blends: An experimental investigation," *Automot. Exp.*, vol. 4, no. 1, 2021, doi: 10.31603/ae.3692.
- [4] C. W. M. Noor, R. Mamat, G. Najafi, A. A. Bakar, and K. Samo, "Determination of bio-diesel engine combustion pressure using neural network based model," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 14, no. 2, pp. 909–921, 2019.
- [5] H. E. Saleh, "Performance and emissions characteristics of direct injection diesel engine fueled by diesel-jojoba oil-butanol blends with hydrogen peroxide," *Fuel*, vol. 285, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2020.119048.
- [6] N. Chacko and T. J., "Effect of pilot and post fueling on the combustion and emission characteristics of a light-duty diesel engine powered with diesel and waste cooking biodiesel blend," *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, pp. 1–24, Jul. 2020, doi: 10.1080/15567036.2020.1791285.
- [7] B. Subramanian and V. Thangavel, "Experimental investigations on performance, emission and combustion characteristics of Diesel-Hydrogen and Diesel-HHO gas in a Dual fuel CI engine," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 46, pp. 25479–25492, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.06.280.
- [8] BPPT, *Outlook Energi Indonesia 2018*, vol. 53, no. 9. 2018.
- [9] I. M. Asyrofi, W. T. Putra, and Y. Winardi, "Pengaruh campuran plastik waste LDPE dan PET bermatrik resin polyester terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro The effect of mixed LDPE and PET waste plastic polyester resin matrix against tensile strength and microstructure," vol. 10, pp. 51–58, 2023.
- [10] K. Winangun, W. T. Putra, G. A. Buntoro, A. Nirmala, and I. Puspitasari, "Performance and engine exhaust emissions in a mixture of pertamax with PET plastic oil," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 980, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/980/1/012059.
- [11] J. T. Mesin, T. Uji, T. Dan, and U. J. I. Struktur, "AutoMech," vol. 01, pp. 23–28, 2022.
- [12] F. Azharul, Rahmawati, Harno, Wilarso, and Mujiarto, "Additionalto Synthetic Fiber on Materials Plastic Injection to Minimize Product Defects," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1764, no. 1, doi: 10.1088/1742-6596/1764/1/012153.
- [13] J. A. Riandis, A. R. Setyawati, and A. S. Sanjaya, "Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak Plastic Waste Processing Using Pyrolysis Method Into Fuel Oil," *J. Chemurg.*, vol. 05, no. 1, pp. 8–14, 2021.
- [14] P. Chelladorai, E. G. Varuvel, L. J. Martin, and N. Bedhannan, "Synergistic effect of hydrogen induction with biofuel obtained from winery waste (grapeseed oil) for CI engine application," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 43, no. 27, pp. 12473–12490, 2018, doi: 10.1016/j.ijhydene.2018.04.155.
- [15] M. I. Anas *et al.*, "Analysis of the Effect of Injection Pressure on Ignition Delay and Combustion Process of Biodiesel from Palm Oil, Algae and Waste Cooking Oil," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 914, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1742-6596/914/1/012008.
- [16] D. Iswadi, F. Nurisa, and E. Liastuti, "Pemanfaatan sampah plastik LDPE dan PET menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis," *J. Ilm. Tek. Kim. UNPAM*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2017.
- [17] M. Mabruur Jundi Aziz, "PENGARUH PENAMBAHAN CETANE BOOSTER TERHADAP

- KARAKTERISTIK BIODIESEL BERBAHAN BAKU MINYAK JELANTAH,” p. 5, 2546.
- [18] J. Devaraj, Y. Robinson, and P. Ganapathi, “Experimental investigation of performance, emission and combustion characteristics of waste plastic pyrolysis oil blended with diethyl ether used as fuel for diesel engine,” *Energy*, vol. 85, pp. 304–309, 2015, doi: 10.1016/j.energy.2015.03.075.
- [19] M. Mani, G. Nagarajan, and S. Sampath, “Characterisation and effect of using waste plastic oil and diesel fuel blends in compression ignition engine,” *Energy*, vol. 36, no. 1, pp. 212–219, 2011, doi: 10.1016/j.energy.2010.10.049.
- [20] A. Olufemi and S. Olagboye, “Thermal conversion of waste plastics into fuel oil,” *Int. J. Petrochemical Sci. Eng.*, vol. 2, no. 8, pp. 252–257, 2017, doi: 10.15406/ipcse.2017.02.00064.
- [21] D. Boopathi, A. Sonthalia, and S. Devanand, “Experimental investigations on the effect of hydrogen induction on performance and emission behaviour of a single cylinder diesel engine fuelled with palm oil methyl ester and its blend with diesel,” *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 7, pp. 1972–1987, 2017.