



## PENGARUH WAKTU PENGINJEKSIAN TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR DIESEL 1 SILINDER DENGAN BAHAN BAKAR CAMPURAN BIODIESEL DAN ETANOL

Kuntang Winangun<sup>1\*</sup>, Faris Helmi Al Hakim<sup>1</sup>, Rizal Arifin<sup>1</sup>, Wawan Trisnadi Putra<sup>1</sup>, Sudarno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No. 10  
e-mail: [kuntang@umpo.ac.id](mailto:kuntang@umpo.ac.id)

### ABSTRAK

Motor diesel merupakan mesin pembakaran dalam dimana proses pembakaran bahan bakar dilakukan dengan memanfaatkan temperatur tinggi hasil udara yang dikompresi didalam ruang silinder. Untuk mendapatkan unjuk kerja motor yang optimal, motor diesel dipengaruhi beberapa aspek operasional. Diantaranya : Perbandingan campuran udara dengan bahan bakar (Air Fuel Ratio), waktu penginjeksian bahan bakar (Timing Injection) dan jumlah oksigen yang terkandung dalam udara kering disekitar (Ambien). Tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari karakteristik unjuk kerja pada motor diesel yaitu : Daya, Torsi, Efisiensi Termal, Penggunaan Bahan Bakar Spesifik dan Emisi Gas Buang yang dihasilkan pada variasi waktu penginjeksian 15°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC dengan waktu penginjeksian standar mesin diesel 20°BDC. Penelitian dilakukan dengan uji eksperimental pada sebuah mesin diesel 1 silinder dengan pembebanan elektrik (lampu pijar) dari 500 Watt sampai 3000 Watt dengan interval 500 Watt pada putaran mesin stasioner (1500 rpm) menggunakan bahan bakar campuran biodiesel 80 % dan etanol 20 %. Hasil dari pengujian kinerja mesin menunjukkan adanya kenaikan daya dan torsi mesin pada waktu penginjeksian 30°BDC, daya sebesar 2,52 kW atau 2520 Watt dan torsi sebesar 16,07 Nm. Efisiensi termal menunjukkan hasil paling tinggi pada waktu penginjeksian 30°BDC sebesar 23,19 %. Kemudian hasil dari konsumsi bahan bakar mendapat nilai terendah pada waktu penginjeksian 30°BDC yaitu sebesar 367,19 gr/kWh. Sedangkan hasil pengujian emisi gas buang menghasilkan nilai paling rendah pada waktu penginjeksian 30°BDC sebesar 34,2%. Variasi waktu penginjeksian 30°BDC adalah variasi waktu penginjeksian terbaik untuk mesin diesel dongfeng R185 dengan bahan bakar campuran B80 dan E20.

Kata Kunci: Biodiesel Kelapa Sawit, Etanol, Waktu Penginjeksian Mesin Diesel, Performa Mesin, Emisi Gas Buang

### ABSTRACT

*Diesel motors are internal combustion engines where the fuel combustion process is carried out by utilizing the high temperature of compressed air in the cylinder chamber. To get optimal motor performance, diesel motorcycles are influenced by several operational aspects. Among them: Comparison of air mixture with fuel (Air Fuel Ratio), fuel injection time (Timing Injection) and the amount of oxygen contained in the surrounding dry air (Ambient). The purpose of this study is to study the performance characteristics of diesel motors, namely: Power, Torque, Thermal Efficiency, Specific Fuel Consumption and Exhaust Gas Emissions produced at the variation of injection time of 15°BDC, 25°BDC, 30°BDC and 35°BDC with the standard injection time of 20°BDC diesel engine. The research was carried out by an experimental test on a 1-cylinder diesel engine with an electric load (incandescent lamp) from 500 Watts to 3000 Watts with an interval of 500 Watts at stationary engine rotation (1500 rpm) using a mixture of 80% biodiesel and 20% ethanol. The results of the engine performance test showed that there was an increase in engine power and torque at 30°BDC injection time, power of 2.52 kW or 2520 Watt and torque of 16.07 Nm. Thermal efficiency showed the highest result at 30°BDC injection time of 23.19%. Then the result of fuel consumption got the lowest value at 30°BDC injection time, which was 367.19 gr/kWh. Meanwhile, the results of the exhaust gas emission test produced the lowest value at the injection time of 30°BDC of 34.2%. 30°BDC injection time variation is the best injection time variation for dongfeng R185 diesel engine with B80 and E20 mixed fuel*

Keywords: Palm Biodiesel, Ethanol, Diesel Engine Injection Time, Engine Performance, Exhaust Emissions

## 1. Pendahuluan

Injeksi normal pada motor diesel berkisar antara 20–16° sebelum titik mati atas. Injeksi yang dilakukan lebih awal (jauh dari TMA) menghasilkan suhu dan tekanan udara yang lebih rendah, sehingga waktu tunda lebih lama. Suhu dan tekanan udara yang meningkat dihasilkan oleh injeksi yang dilakukan lebih lambat (mendekati TMA), yang menghasilkan waktu tunda yang lebih pendek. Pengaturan yang tepat untuk injeksi bahan bakar sangat penting untuk memaksimalkan proses pembakaran bahan bakar. Ini memungkinkan motor memanfaatkan bahan bakar sebanyak mungkin dan menghemat bahan bakar sebanyak mungkin. Karena suhu udara yang tidak cukup tinggi saat bahan bakar diinjeksikan terlalu awal, penyalanya akan terhambat. Keterlambatan yang berlebihan dapat menyebabkan suara yang keras dan berisik di motor diesel serta kerugian bahan bakar karena pembasahan dinding silinder dan kepala torak. Akibatnya, bahan bakar boros dan gas buang mengandung banyak asap. Jika bahan bakar diinjeksikan terlalu lambat selama siklus, sebagian bahan bakar akan terbakar ketika torak telah jauh melampaui TMA. Akibatnya gas buang akan menghasilkan lebih banyak asap, penggunaan bahan bakar akan lebih boros, dan motor tidak akan menghasilkan kinerja terbaiknya[1].

Menurut Gunawan Susanto[2], menyimpulkan bahwa dibandingkan dengan pengaturan standart mesin, perubahan *timing* injeksi melebihi 12° Titik Mati Atas (TMA) menurunkan kerja mesin dari mesin. Pengaturan *timing* injeksi yang paling baik adalah 11° TMA untuk mencapai efisiensi tinggi dan 11,5° untuk menghasilkan torsi, BMEP dan Daya. Demikian juga menurut T. Sutrisno dkk, Perubahan atau peningkatan pada nilai torsi di pengaruhi oleh penambahan derajat waktu injeksi dari keadaan waktu penginjeksian standar[3].

Bedasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka akan dilaksanakan pengujian menggunakan mesin diesel 1 silinder memakai bahan bakar campuran Biodiesel dan Etanol dengan memodifikasi variasi waktu penginjeksian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik unjuk kerja mesin diesel meliputi : Daya, Torsi, Efisiensi Termal, Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang yang dihasilkan.

## 2. Metode

Dalam penyelesaian pengerjaan penelitian unjuk kerja mesin diesel 1 silinder menggunakan metode eksperimen dengan menekankan pada perubahan waktu penginjeksian. Peneliti menggunakan mesin diesel 1 silinder dongfeng R185. Pengujian dilakukan dengan cara mencari variasi waktu penginjeksian yang optimal terhadap performa mesin menggunakan bahan bakar campuran Biodiesel 80% dan Etanol 20 %. Variasi waktu penginjeksian menggunakan alat shimp standar dari Dongfeng dengan ketebalan 1 mm berarti bertambah 1° CA (*Crank Angel*)[4].

Variasi waktu penginjeksian standar mesin dongfeng R185 adalah 20°BDC untuk kebutuhan penelitian waktu penginjeksian yang optimal menggunakan variasi 15°BDC, 25°BDC, 30°BDC, 35°BDC. Variasi waktu penginjeksian sangat penting untuk dilakukan oleh peneliti pada penelitian ini. Tujuan dari variasi waktu penginjeksian yakni untuk mendapatkan waktu penginjeksian yang optimal untuk unjuk kerja mesin diesel dongfeng R185.

Ada beberapa unsur unjuk kerja mesin diesel, diantaranya adalah torsi, daya, efisiensi termal, konsumsi bahan bakar (sfc) dan emisi gas buang[5].

1. Daya adalah besarnya kerja motor untuk mengatasi beban tertentu. Rumus untuk menghitung daya adalah:

$$Ne = \frac{V \times I \times \cos \varphi}{\eta_{\text{generator}} \times \eta_{\text{transmisi}}} (\text{watt}) \dots (1)$$

$Ne$	: Daya Mesin (W)
$V$	: Tegangan Listrik (Volt)
$I$	: Arus Listrik (Ampere)
$\cos \varphi$	: Faktor Daya Listrik $\cos \varphi = 1$
$\eta_{\text{gen}}$	: Efisiensi mekanisme generator
$\eta_{\text{trnsn}}$	: Efisiensi Transmisi (0,95)

2. Torsi adalah suatu gerakan berupa dorongan yang terjadi antara piston dan poros engkol. Rumus untuk menghitung torsi adalah:

$$Mt = \frac{60000 \times Ne}{2\pi n} (N.m) \dots (2)$$

$Mt$	: Torsi (N.m)
$Ne$	: Daya (W)
$N$	: Putaran mesin (rev/min)

3. Efisiensi Termal adalah kemampuan mesin merubah energi bahan bakar menjadi energi mekanik. Rumus untuk menghitung efisiensi termal adalah:

$$\eta_{th} = \frac{Ne}{(m \text{ campuran BB} \times LHV \text{ campuran BB})} \times 100\% \dots (3)$$

$\eta_{th}$	: Efisiensi Termal (%)
$Ne$	: Daya (W)
$m$	: Massa bahan bakar (gr/s)
$LHV$	: Nilai kalor bawah

4. Konsumsi bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor untuk menghasilkan tenaga sebesar satu HP (*Horse Power*) dalam waktu satu jam. Rumus untuk menghitung konsumsi bahan bakar adalah:

$$SFC = \frac{m \text{ campuran BB}}{Ne} \times 3600 \left( \frac{\text{gr}}{\text{kWh}} \right) \dots (4)$$

*SFC* : *Specific Fuel Consumption* ( $\frac{gr}{kWh}$ )  
*Ne* : Daya (W)  
 1 jam : 3600 s

**3. Hasil dan Pembahasan**

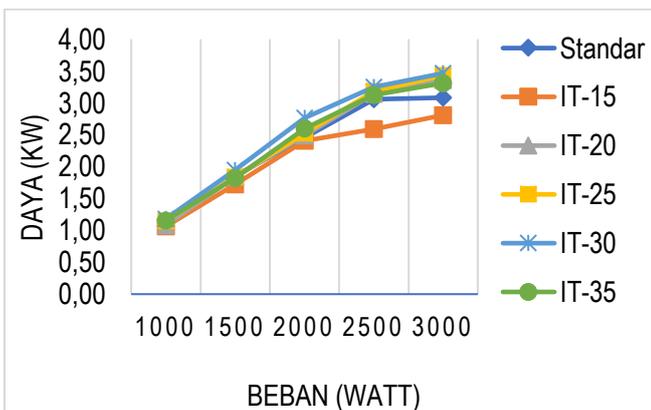
Penulis melaksanakan penelitian dan memperoleh data menggunakan. Bahan bakar campuran Biodiesel 80% dan Etanol 20% dengan waktu penginjeksian 15°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC menggunakan mesin diesel Dongfeng R185 dengan waktu penginjeksian standar mesin 20°BDC.

**3.1 Analisa Performa Mesin Diesel Satu Silinder dengan Waktu Penginjeksian yang Berbeda**

Data diperoleh dari pengujian yang dilaksanakan pada mesin diesel Dong Feng R185 dengan bahan bakar campuran Biodiesel 80 % dan Etanol 20% menggunakan variasi waktu penginjeksian 15°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC. Pengujian mesin dimulai dengan beban 1000 watt sampai 3000 watt maka diperoleh seperti sebagai berikut:

**1. Daya**

Dibawah ini merupakan grafik Daya antara beban listrik dibandingkan dengan waktu penginjeksian 15°BDC, 20°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC dengan campuran bahan bakar Biodiesel 80 % dan Etanol 20%:

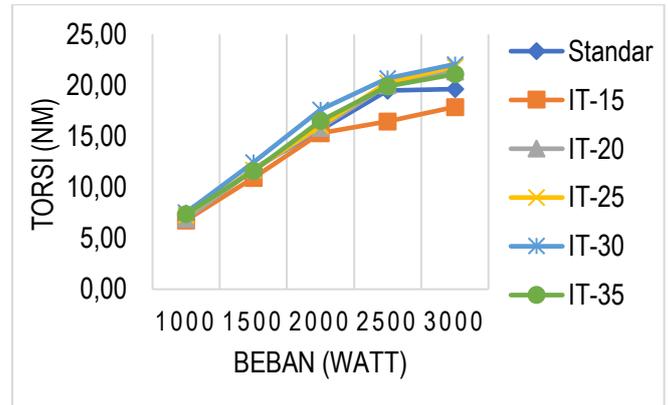


Gambar 1 Grafik Daya Terhadap Beban

Pada gambar 1 adanya perbedaan hasil pengujian Daya efektif (kW) pada variasi waktu penginjeksian. Hasil terbesar dari perhitungan Daya efektif pada campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% menggunakan waktu penginjeksian 30°BDC sebesar 3,47 kW pada putaran 3000 rpm dapat di bandingkan dengan waktu penginjeksian standar 20°BDC sebesar 3,08 kW mengalami kenaikan 12,6 %. Jadi dapat disimpulkan bahwa Daya efektif yang terbaik untuk campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% adalah waktu penginjeksian 30°BDC. Perubahan waktu injeksi dapat mempengaruhi performa mesin [1], [2].

**2. Torsi**

Dibawah ini merupakan grafik Torsi terhadap beban dibandingkan dengan waktu penginjeksian 15°BDC, 20°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC dengan campuran bahan bakar Biodiesel 80 % dan Etanol 20% :

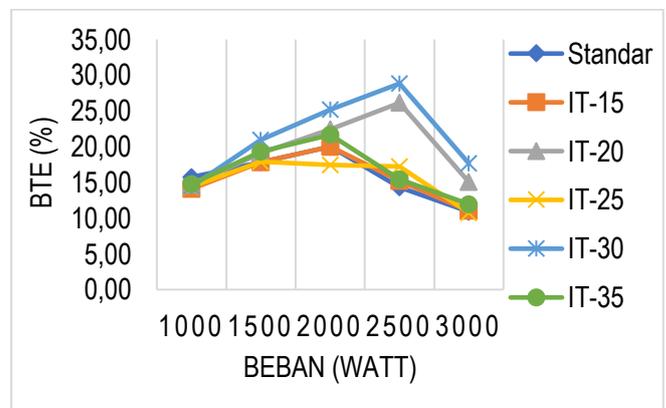


Gambar 2 Grafik Torsi Terhadap Beban

Pada gambar 2 adanya perbedaan hasil pengujian Torsi (N.m) pada variasi waktu penginjeksian. Hasil terbesar dari perhitungan Torsi pada campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% menggunakan waktu penginjeksian 30°BDC sebesar 22,07 N.m pada putaran 3000 rpm dapat di bandingkan dengan waktu penginjeksian standar 20°BDC sebesar 19,63 mengalami kenaikan sebesar 12,4 %. Jadi dapat disimpulkan bahwa Daya efektif yang terbaik untuk campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% adalah waktu penginjeksian 30°BDC.

**3. Efisiensi Termal**

Dibawah ini merupakan grafik Efisiensi Termal terhadap beban dibandingkan dengan waktu penginjeksian 15°BDC, 20°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC dengan campuran bahan bakar Biodiesel 80 % dan Ethanol 20% :



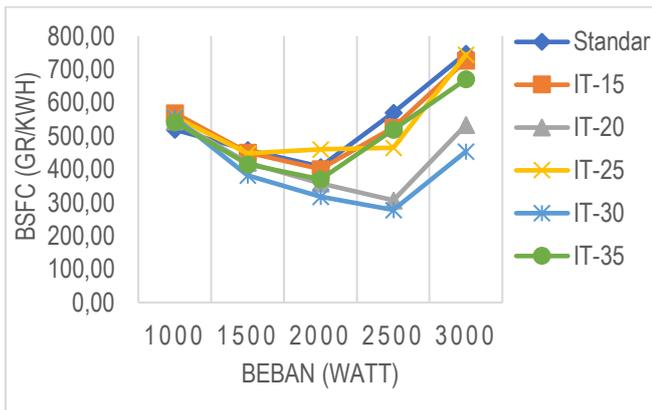
Gambar 3 Efisiensi Termal Terhadap Beban

Dilihat dari pada gambar 3, adanya perbedaan hasil pengujian Efisiensi Termal (%) pada variasi waktu penginjeksian. Hasil terbesar dari perhitungan Efisiensi Termal (%) pada campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% menggunakan waktu penginjeksian 30°BDC

sebesar 28,83 % pada putaran 2500 rpm dapat di bandingkan dengan waktu penginjeksian standar 20°BDC sebesar 14,29 % mengalami kenaikan sebesar 101,7 %. Terdapat hubungan antara konsumsi bahan bakar dan efisiensi termal. Pada saat efisiensi termal naik maka konsumsi bahan bakar akan turun. Jadi dapat disimpulkan bahwa Efisiensi Termal yang terbaik terdapat pada campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% adalah waktu penginjeksian 30°BDC. Perubahan waktu injeksi bahan bakar pilot dapat mempengaruhi efisiensi termal mesin disel [3], [4].

4. Konsumsi Bahan Bakar

Dibawah ini merupakan grafik Konsumsi Bahan Bakar terhadap beban dibandingkan dengan waktu penginjeksian 15°BDC, 20°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC dengan campuran bahan bakar Biodiesel 80 % dan Etanol 20% :



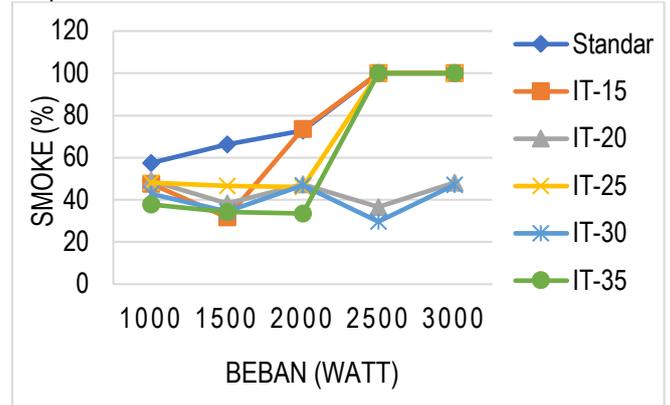
Gambar 4 Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Beban

Dapat dilihat pada tabel 4.6 nilai rata-rata konsumsi bahan bakar memiliki nilai yang berbeda karena perbedaan waktu penginjeksian pada mesin diesel dapat mempengaruhi konsumsi bahan bakar yang di butuhkan pada mesin. Hasil pengujian terlihat yang paling tinggi adalah pada waktu penginjeksian 25°BDC pada campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% sebesar 744,12 gr/kWh pada putaran 3000 rpm. Sedangkan waktu penginjeksian paling rendah adalah pada waktu penginjeksian 30°BDC sebesar 278,15 gr/kWh pada putaran 2500 rpm. Dapat di bandingkan dengan kondisi standar waktu penginjeksian yaitu 20°BDC pada campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% sebesar 306,99 pada putaran 2500 rpm mengalami penurunan sebesar 9,39 %. Jadi dapat disimpulkan bahwa Konsumsi Bahan Bakar yang terbaik atau paling rendah terdapat pada waktu penginjeksian 30°BDC untuk campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20%. Semakin sedikit bahan bakar yang diperlukan dan semakin lama waktu yang dibutuhkan maka semakin bagus konsumsi bahan bakar.

5. Emisi Gas Buang (Smoke Opacity)

Dibawah ini merupakan grafik Konsumsi Bahan Bakar terhadap beban dibandingkan dengan waktu penginjeksian

15°BDC, 20°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC dengan campuran bahan bakar Biodiesel 80 % dan Etanol 20% :



Gambar 5 Emisi Gas Buang Terhadap Beban

Dapat dilihat pada tabel 4.7 hasil Emisi Gas Buang memiliki nilai yang berbeda karena setiap campuran bahan bakar memiliki nilai kepekatan asap (smoke opacity) yang berbeda. Hasil pengujian performa mesin diesel 1 silinder dengan bahan bakar campuran Biodiesel 80% + Etanol 20% dengan variasi waktu penginjeksian 15°BDC, 20°BDC, 25°BDC, 30°BDC dan 35°BDC di dapatkan hasil emisi gas buang rata-rata tertinggi 100% pada beberapa waktu penginjeksian dapat dilihat pada tabel 4.7 dan terendah 34,2% terdapat pada variasi waktu penginjeksian 30°BDC. Dapat disimpulkan bahwa Emisi Gas Buang yang terbaik pada campuran bahan bakar Biodiesel 80% dan Etanol 20% dengan waktu penginjeksian 30°BDC memiliki rata-rata emisi paling rendah diantara waktu penginjeksian yang lain. Perubahan waktu injeksi bahan bakar dapat mempengaruhi emisi gas buang mesin diesel [5], [6].

4. Kesimpulan

Memodifikasi mesin diesel dengan cara mengatur waktu penginjeksian merupakan salah satu cara untuk memperbaiki unjuk kerja mesin diesel. Variasi waktu penginjeksian 30°BDC pada bahan bakar campuran Biodiesel 80% dan Etanol 20% menjadi variasi timing injeksi yang menghasilkan daya dan torsi paling besar, nilai konsumsi bahan bakar paling rendah, serta emisi gas buang yang paling baik pada mesin diesel Dongfeng R185.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih diucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo atas kesempatannya untuk mengembangkan keilmuan.

Daftar Pustaka

[1] R. A. N. Wahid, Y. Winardi, and K. Winangun, "Pengaruh Perubahan Ignition Timing terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor Beat FI 110 cc," *AutoMech J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 02, pp. 25–30, 2023, doi: 10.24269/jtm.v3i02.7688.

- [2] K. W. Ilham Widdakso, Fadelan, "PERANCANGAN ALAT PENCACAH RUMPUT GAJAH DENGAN PISAU LENGKUNG KAPASITAS 110 KG/JAM," *Ilmiah*, vol. 3, no. 1, pp. 22–32, 2019.
- [3] K. Winangun, A. Setiyawan, and B. Sudarmanta, "The combustion characteristics and performance of a Diesel Dual-Fuel (DDF) engine fueled by palm oil biodiesel and hydrogen gas," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 42, no. November 2022, p. 102755, 2023, doi: 10.1016/j.csite.2023.102755.
- [4] and B. S. Kuntang Winangun, Atok Setiyawan, "Effects of additional hydrogen and biodiesel crude palm oil on performance and exhaust gas emissions of one cylinder diesel engine," in *AIP Conference Proceedings*, 2023, no. May 2021.
- [5] K. Winangun, A. Setiyawan, B. Sudarmanta, I. Puspitasari, and E. L. Dewi, "Investigation on the properties of a biodiesel-hydrogen mixture on the combustion characteristics of a diesel engine," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 8, p. 100445, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.csee.2023.100445>.
- [6] K. Winangun, Y. Winardi, I. Puspitasari, N. S. Akhmad, R. D. Ardika, and S. Ozer, "Reducing Exhaust Emissions from Palm Oil Biodiesel Diesel Engines by Adding Hydrogen Gas," *Automot. Exp.*, vol. 7, no. 3, pp. 502–512, 2024, doi: 10.31603/ae.12404.
- [7] T. H. Susanto, ) Margianto, and E. Marlina, "PENGARUH VARIASI TIMING INJECTION DAN CAMPURAN BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR DIESEL."
- [8] G. Susanto, "Pengujian performa motor diesel berbahan bakar Biosolar melalui perubahan timing injeksi bahan bakar," 2009, Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: [http://dewey.petra.ac.id/jiunkpe\\_dg\\_14485.html](http://dewey.petra.ac.id/jiunkpe_dg_14485.html)
- [9] T. Sutrisno and P. P. Purnomo, "Studi Pengaruh Waktu Injeksi, Tekanan Bahan Bakar, dan Tekanan Turbo Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel 2GD-FTV," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 19, no. 1, pp. 17–20, May 2022, doi: 10.9744/JTM.19.1.17-20.
- [10] F. Majedi, D. Setiyaningrum, S. M. T. Hidayatullah, and A. Abbas, "Effects of injection pressure on output power, bte, sfc and opacity in a typical single-cylinder diesel engine," *Automotive Experiences*, vol. 3, no. 1, pp. 20–26, 2020, doi: 10.31603/ae.v3i1.3006.
- [11] M. L. Mathur and R. P. Sharma, "A Course in internal combustion engines," 1980, *Dhanpat Rai and Sons, New Del.* Accessed: Dec. 05, 2023. [Online]. Available: <https://lib.ui.ac.id>