

PENGARUH VISKOSITAS BBM, JARAK DAN KECEPATAN PEMOMPAAN TERHADAP PERFORMA TEKANAN HIDROLIK INJEKTOR MESIN DIESEL

Joko Yunianto Prihatin^{1*}, Irvan Saputra Al Amin¹, Slamet Pambudi², Karminto¹

¹Program Studi D-III Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta, Surakarta, Indonesia

²Program Studi D-III Teknik Elektronika, Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta, Surakarta, Indonesia

*Email: jokoyyp@sttw.ac.id

ABSTRAK

Standar emisi *Euro-4* bagi kendaraan bermotor atau menerapkan sistem bahan bakar injeksi. Kualitas injektor hanya bisa diketahui dengan alat *nozzle tester*. Permasalahan utama adalah data tekanan hasil pengetesan pada *nozzle tester* saat sebelum dan setelah dilakukan servis tersebut menjadi acuan terhadap kesesuaian kualitas pengkabutan bahan bakar buku manual mesin. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui performa tekanan minimal dan maksimal injektor diesel. Metode yang diterapkan adalah memberikan variasi jenis Bahan Bakar Minyak (BBM), jarak pemompaan dan interval pemompaan pada alat *nozzle tester* dengan desain eksperimen OA L4. Hasil yang dicapai adalah nilai maksimal tekanan kerja pada *jack nozzle tester* adalah 145 kg/cm² dan minimal 126,6 kg/cm². Komposisi ke-1 dengan variasi viskositas BBM solar, jarak penuh 24 cm, kecepatan penekanan tuas 10 kali/menit yang menghasilkan tekanan kerja maksimal. Sedangkan, tekanan minimal berada pada komposisi ke-4 dengan variasi viskositas BBM *dexlite*, jarak penuh 12 cm, kecepatan penekanan tuas 15 kali/menit. Sehingga alat ini bermanfaat dalam menentukan kualitas injektor diesel menggunakan teknik pengembangan dongkrak hidrolik botol.

Kata kunci: injektor; BBM; pemompaan; tekanan; *nozzle tester*

ABSTRACT

Euro-4 emission standards for motor vehicles or those implementing a fuel injection system. The quality of the injector can only be determined with a nozzle tester. The main problem is that the pressure data from tests on the nozzle tester before and after the service is used as a reference for the suitability of the fuel misting quality in the engine manual. This research aims to determine diesel injectors' minimum and maximum pressure performance. The method applied provides variations in fuel type, pumping distance, and pumping interval on the nozzle tester with the OA L4 experimental design. The results are that the maximum working pressure value on the jack nozzle tester is 145 kg/cm², and the minimum is 126.6 kg/cm². 1st composition with variations in diesel fuel viscosity, a full distance of 24 cm, lever pressing speed ten times/second, which produces maximum working pressure. Meanwhile, the minimum pressure is at the 4th composition with variations in decline fuel viscosity, a full distance of 12 cm, and a lever pressing speed of 15 times/second. So, this tool is useful in determining the quality of diesel injectors using the bottle hydraulic jack development technique.

Keywords: injector; fuel; pumping; pressure; *nozzle tester*

1. PENDAHULUAN

Data Badan Pusat Statistik (BPS) menyebutkan, pada tahun 2016 total kendaraan di Indonesia berjumlah 129.281.079, terdiri dari mobil penumpang 14.580.666, bus 2.486.898, mobil barang 7.063.433, dan sepeda motor 105.150.082 kendaraan. Dampaknya, gas buang (emisi) kendaraan juga bertambah. Emisi kendaraan bermotor ini mengandung gas *karbon monoksida* (CO), *nitrogen oksida* (N₂O), *hidrokarbon* (HC), dan partikulat lain yang berdampak negatif pada manusia ataupun lingkungan bila melebihi ambang konsentrasi tertentu. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 20 Tahun 2017 resmi menerapkan standar emisi *Euro-4* bagi kendaraan bermotor atau menerapkan sistem bahan bakar injeksi. Kualitas injektor hanya bisa diketahui dengan alat *nozzle tester*. Sehingga wajib dimiliki setiap bengkel mobil terutama bengkel mobil diesel [1].

Pada proses pengecekan *nozzle*, tekanan sistem hidrolik merupakan hal yang diperhatikan agar standar kebutuhan mesin bisa tercapai. Pembacaan hasil tekanan yang terukur pada manometer di *nozzle tester*, maka dapat dilakukan penentuan tahapan yang tepat selanjutnya untuk melakukan servis mesin mobil diesel. Data tekanan hasil pengetesan pada *nozzle tester* saat sebelum dan setelah dilakukan servis tersebut menjadi acuan terhadap kesesuaian kualitas pengkabutan bahan bakar pada buku manual mesin. Fluida bahan bakar minyak yang ditekan secara optimal bagi *nozzle* adalah 151-159 kg/cm² untuk injektor baru, dan injektor lama senilai 145-155 kg/cm² [3].

Data yang didapat dari pengujian injektor menunjukkan bahwa perbedaan penggunaan jenis BBM berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Penggunaan solar mencapai 183 kg/cm² dan Pertamina *dex* mencapai 203 kg/cm² [4].

Hasil penelitian sebelumnya menerangkan tentang pengetesan injektor merupakan salah satu metode perawatan yang digunakan untuk mengetahui kondisi injektor, alat uji injektor ini mampu digunakan untuk menguji 4 injektor secara bersamaan dengan dilengkapi motor sebagai penggerak serta dilengkapi penampungan bahan bakar hasil pengujian. Penelitian ini adalah rancang bangun alat uji injektor dengan motor penggerak dapat mempersingkat waktu pengujian [2].

Permasalahan utama adalah bahwa teknik merawat dan menjaga kualitas performa injektor terhadap kemampuan pengoperasian masih banyak yang mengabaikannya. Sehingga kualitas pengkabutan bahan bakar tidak sesuai dengan kebutuhan sistem pembakaran mesin diesel dan berakibat tenaga mesin tidak optimal.

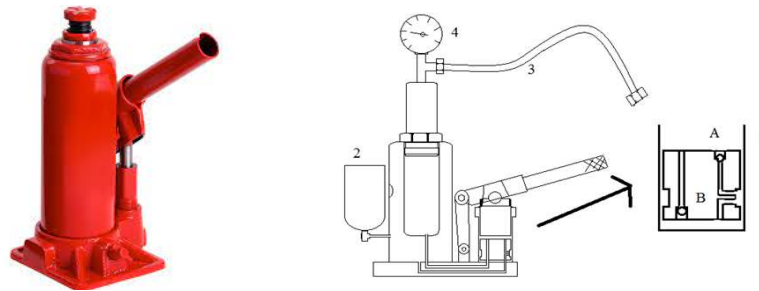
Pada pertimbangan yang telah disebutkan, maka penelitian ini menerapkan tujuan utama untuk menghasilkan mekanisme pengoperasian yang tepat dalam penentuan nilai performa sebuah injektor. Penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan dongkrak hidrolik menjadi *nozzle tester*. Adanya perubahan jalur fluida dan perubahan ketinggian maksimal piston angkat dari dongkrak, sehingga pada piston angkat mampu menghasilkan kemampuan tekanan kerja yang ditunjukkan pada manometer. Hasil data tersebut berupa nilai minimal dan maksimal tekanan dengan penerapan variabel bebas berupa jenis viskositas BBM, jarak dan kecepatan pemompaan.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah berapa nilai maksimal dan minimal tekanan kerja pada *jack nozzle tester*, serta berapa komposisi variasi viskositas BBM, jarak, kecepatan penekanan tuas yang menghasilkan tekanan kerja maksimal dan minimal.

2. METODE

Pelaksanaan penelitian injektor menggunakan skala Laboratorium Fluida Teknik Mesin di Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta. Peralatan utamanya adalah

nozzle tester dari pengembangan dongkrak hidrolik 2 ton. Alat ini meliputi pengembangan saluran fluida pada ruang piston angkat dan penambahan pemasangan alat ukur manometer dan pemasangan *injector holder pipe*. Konsep ini dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dongkrak hidrolik botol dan *jack nozzle tester*

Alat dan bahan yang dipakai meliputi dongkrak hidrolik botol 2 ton, manometer kerja merk skon satuan kg/cm^2 , *high pressure nozzle pipe*, injektor diesel unit *donfeng* tipe R175, tanki *stainless steel* 250 ml, sambungan pipa T $\frac{1}{2}$ logam, baut *doubble nepple* $\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{4}$. Alat bantu meliputi tang dan obeng pipih 5 mm. BBM menggunakan jenis solar dan *dexlite* pada botol plastik 1,5 liter.

Pemilihan variabel penelitian yaitu variasi BBM, jarak tuas penekanan, dan kecepatan pemompaan. Nilai viskositas bahan bakar terdiri dari satuan $4,5 \text{ mm}^2/\text{detik}$ jenis solar dan $5 \text{ mm}^2/\text{detik}$ jenis *dexlite*. Jarak tuas dalam pemompaan sejauh 24 cm dan 12 cm terhadap permukaan landasan bawah. *Interval* atau kecepatan pemompaan menerapkan sebesar 10 kali/menit dan 15 kali/menit. Nilai variabel dan faktor sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel bebas pengujian *jack nozzle tester*

Faktor	Level	
	1	2
A Nilai viskositas BBM (mm^2/detik)	4.5	5.0
B Jarak tuas pengungkit pompa (Cm)	Penuh (24)	Setengah (12)
C Kecepatan pemompaan (Jumlah/menit)	10	15

Pengujian dan pengambilan data nilai tekanan kerja injektor menerapkan desain eksperimen Taguchi OA L4 [16]. Terdapat 4 nomor komposisi faktor dan level yang diujikan. Secara terperinci sesuai diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain pengujian *jack nozzle tester*

Nomor Uji	Faktor dan Level		
	viskositas BBM (mm^2/detik)	Jarak tuas pengungkit pompa	Kecepatan pemompaan (Jumlah/menit)
1	4.5	Penuh	10
2	4.5	Setengah	15
3	5.0	Penuh	15
4	5.0	Setengah	10

Tahapan penelitian secara sistematis, diawali dengan mengidentifikasi masalah terkait mahalnya investasi dan perawatan dari injeksi tester yang dijual secara umum. Selanjutnya merumuskan keputusan terkait pengembangan alat dongkrak hidrolik menjadi alat *jack nozzle tester*. Penentuan kualitas kinerja alat tersebut dilakukan pengujian dengan mempertimbangkan desain eksperimen L4 yaitu 3 faktor bebas dan 2 level. Pengujian tersebut diperoleh berdasarkan dari 5 kali pengambilan data tekanan pada manometer, sehingga keabsahan bisa tercapai. Selanjutnya data tersebut dianalisis berdasarkan nilai rata-rata maksimal dan minimal. Kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik yang dilanjutkan dengan analisis berdasarkan dasar teori dan tinjauan pustaka, sehingga dapat ditarik kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data secara keseluruhan menggunakan alat *jack nozzle tester* hasil modifikasi dongkrak hidrolik botol kapasitas 2 ton. Teknis pengoperasiannya sesuai pada penjelasan Gambar 2.



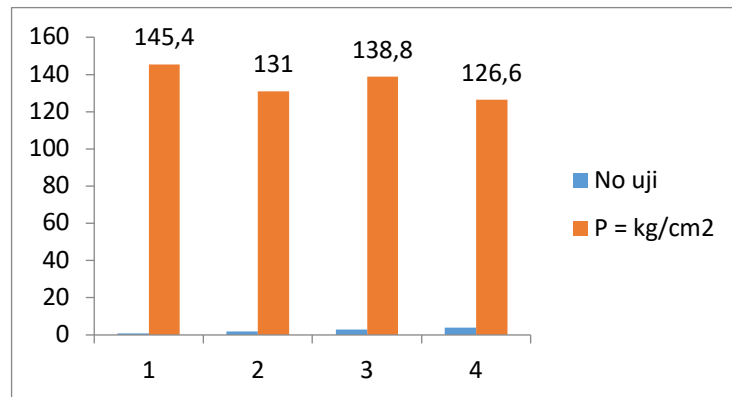
Gambar 2. *Jack nozzle tester*

Tahapan pengujian nilai tekanan injektor dilaksanakan secara urut sesuai desain eksperimen yang sudah ditetapkan. Sehingga nilai tekanan yang terbaca pada manometer pada setiap pemompaan alat *nozzle tester* bisa direkap pada Tabel 3. Hasil penelitian menjelaskan bahwa nilai tekanan pada nomor uji 1 terdiri dari 143 kg/cm² hingga 147 kg/cm². Pada nomor uji 2 berada pada nilai 125 kg/cm² hingga 135 kg/cm², sedangkan pada nomor uji 3 diperoleh nilai terkecil 130 kg/cm² dan terbesar 143 kg/cm². Pada nomor uji ke 4 tercapai nilai 123 kg/cm² hingga 130 kg/cm².

Tabel 3. Hasil pengujian tekanan injektor pada alat *jack nozzle tester*

Nomor Uji	Faktor dan Level			Tekanan (kg/cm ²)					Rata-rata
	viskositas BBM (mm ² /detik)	Jarak tuas pengungkit pompa	Kecepatan pemompaan (Jumlah/menit)	I	II	III	IV	V	
1	4.5	Penuh	10	147	147	145	143	145	145
2	4.5	Setengah	15	130	135	135	130	125	131
3	5.0	Penuh	15	140	136	135	140	143	138
4	5.0	Setengah	10	125	130	130	123	125	126

Berdasarkan Tabel 3 terkait data dari hasil pengujian tersebut, selanjutnya dilakukan analisis rata-rata menggunakan pendekatan grafik. Nilai tersebut dapat diperinci sesuai penjelasan Gambar 3.



Gambar 3. Grafik nilai rata-rata tekanan terhadap 4 nomor pengujian injektor

Bahwa nilai rata-rata tekanan maksimal tertinggi dicapai pada nomor pengujian 1 senilai 145 kg/cm² dan nilai minimal tercapai pada nomor pengujian 4 sejumlah 126,6 kg/cm². Sehingga jika dibandingkan dengan standar performa injektor lama dikatakan kategori layak, yaitu dengan selisih nilai berada di 145 kg/cm² - 155 kg/cm². Nilai rata-rata tekanan maksimal didapat pada variasi pembebanan eksperimen 1 dengan tuas penekanan penuh dengan menggunakan bahan bakar solar yang memiliki viskositas bahan bakar 4.5 mm²/detik. Nilai tekanan kerja minimal didapatkan pada eksperimen 4 dengan tuas penekanan setengah menggunakan bahan bakar Dexlite dan viskositas bahan bakar 5.0 mm²/detik.

Hasil rata-rata pengujian menunjukkan bahwa semakin panjang jarak tuas pemompaan menuju *injector nozzle* pada saat proses penekanan proses pengabutan, maka jumlah bahan bakar semakin kaya dan nilai tekanan juga semakin meningkat [5].

Terdapat kesesuaian pada hasil penelitian bahwa dengan penambahan putaran mesin, maka nilai efisiensi termal terus mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran mesin semakin banyak pula langkah kerja yang dibutuhkan pada waktu yang sama sehingga efisiensi meningkat. Nilai konsumsi bahan bakar spesifik yang semakin turun seiring dengan kenaikan tekanan injeksi bahan bakar juga mempengaruhi kenaikan dari efisiensi termal. Hal tersebut dikarenakan bahwa semakin banyak bahan bakar yang dikonversi menjadi daya efektif mesin pada proses pembakaran [6]. Hasil penelitian yang terkait telah menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar paling efisien saat injeksi 30° sebelum TMA (maju) dengan biosolar, sedangkan ketika dimundurkan cenderung semakin boros. Nilai opasitas gas buang paling rendah berada pada injeksi 30° sebelum TMA (maju) dengan Pertamina *dex* dan semakin tinggi ketika dimundurkan [7].

Dilihat dari sisi proses pembakaran, bahwa penggunaan campuran biodiesel biji kemiri pada bahan bakar Pertamina *dex* berpengaruh terhadap penurunan opasitas (kepekatan asap) yang dihasilkan mesin. Artinya semakin banyak campuran biodiesel, maka semakin kecil nilai opasitas yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena bahan bakar biodiesel yang tidak mengandung sulfur sehingga opasitas yang dikeluarkan lebih ramah lingkungan. Hal ini yang menyebabkan terjadinya penurunan emisi yang berupa opasitas begitu signifikan. Besarnya penurunan opasitas pada campuran biodiesel juga disebabkan karena tercukupinya jumlah udara dalam silinder. Sehingga sebagian besar bahan bakar tercampur secara ideal pada saat bahan bakar berbentuk uap [8].

Hasil penelitian terkait nilai efisiensi termal biodiesel yang lebih rendah dibandingkan dengan solar murni berdasarkan seluruh rentang putaran mesin pada beban penuh. Bahwa BTE bahan bakar dicampur akan turun rata-rata sebesar 1,6% lebih rendah dari pada bahan bakar diesel. Penurunan BTE ini disebabkan peningkatan viskositas bahan bakar campuran. Selain itu, faktor rendahnya nilai kalor dan kepadatan bahan bakar campuran merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi rendahnya BTE [9].

Terkait hasil penelitian serupa pada menggunakan bahan bakar campuran biodiesel-diesel dari bahan baku *Jatropha curcas* (jarak pagar), *Calophyllum inophyllum* (nyamplung) dan *Ceiba pentandra* (randu) pada mesin diesel. Kinerja mesin menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar campuran biodiesel-diesel cocok untuk digunakan pada mesin diesel [10].

Untuk mengatomisasikan atau proses pemecahan cairan menjadi semburan halus bahan bakar dengan memaksanya keluar melalui *nozzle* diperlukan komposisi perbandingan bahan bakar dan udara yang tepat serta kualitas dimensi dan permukaan saluran *nozzle*. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan tentang Pengaruh Tekanan Injektor Pada *Engine* Dengan Konsumsi Bahan Bakar Solar dan Solar *dex*. Penerapan variasi putaran mesin 2200 dan 2700 rpm dari pengetesan menunjukkan ada perbedaan untuk konsumsi bahan bakar baik menggunakan solar maupun solar *dex*, sehingga variasi dari tekanan injektor berpengaruh pada konsumsi bahan bakar [4].

Jenis kekentalan bahan bakar cukup signifikan berpengaruh terhadap fleksibilitas aliran yang dihasilkan. Sesuai hasil penelitian bahwa semakin encer sebuah oli maka hambatan yang terjadi pada putaran motor DC semakin berkurang. Namun hasil ini belum menunjukkan nilai pasti viskositas dari oli tersebut. Alat tersebut masih memerlukan banyak perbaikan untuk menuju standar kalibrasi [11]. Sisi nilai viskositas yang rendah akan memudahkan proses atomisasi atau pengabutan, sehingga akan menjamin kesempurnaan pembakaran di ruang bakar mesin diesel [12]. Bahan bakar motor diesel yang memiliki kandungan *fosfor* berlebih terbukti menimbulkan nilai hasil pembakaran yang tidak sempurna [13].

Kualitas pengencangan baut pembebas beban pada *nozzle tester* modifikasi dan konsistensi penerapan langkah pengujian memiliki peran penting terhadap kualitas hasil tekanan yang terbaca pada manometer. Sehingga sesuai dengan pentingnya penerapan metode Kaizen pada pengujian alat uji injektor berpengaruh terhadap ketelitian hasil data [14]. Serupa dengan hasil penelitian uji fungsional alat penguji dan pembersih injektor yang telah menunjukkan bekerja dengan baik dan hasil tes menunjukkan tidak ada kesulitan dalam pengoperasian pengujian peralatan. Hasil pengujian tegangan *output* ke injektor 9 Volt dan arusnya 5 Ampere. Tekanan pompa bahan bakar 4 bar – 4,5 bar, dalam waktu 10 detik memiliki volume injeksi sebesar 36 cc - 46 cc dan rata-rata 41,25 cc [15].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pernyataan dari hasil penelitian yang dapat disimpulkan yaitu nilai maksimal tekanan kerja pada *jack nozzle tester* adalah 145 kg/cm² dan minimal 126.6kg/cm². Selain hal itu, komposisi ke-1 dengan variasi viskositas BBM solar, jarak penuh 24 cm, kecepatan penekanan tuas 10 kali/menit yang menghasilkan tekanan kerja maksimal. Tekanan minimal berada pada komposisi ke-4 dengan variasi viskositas BBM *dexlite*, jarak penuh 12 cm, dan kecepatan penekanan tuas 15 kali/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Risokta.R.A, “PENGARUH PENAMBAHAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI RANDU PADA BAHAN BAKAR SOLAR TERHADAP UNJUK KERJA DAN OPASITAS GAS BUANG PADA MESIN DIESEL 4 LANGKAH,” *JTM*, vol. 3, no. 2, pp. 131–139, 2014.
- [2] M. Wafir, D. Listyadi, R. Rei, and N. Ilminnafik, “ANALISIS UNJUK KERJA MESIN DIESEL DENGAN BAHAN BAKAR CAMPURAN PERTADDEX DAN BIODIESEL BIJI KEMIRI,” 2019.
- [3] P. Yanuar, A. Khoryanton, and G. Oktariza, “Rancang Bangun Alat Uji Injektor Nozzle Spray Semi Otomatis,” 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [4] A. Pranoto and A. Purwanto, “ANALISA KERUSAKAN DAN MODEL PERAWATAN INJEKTOR PADA SISTEM INJEKSI BAHAN BAKAR ELEKTRONIK,” 2014.
- [5] S. M. . Purwanto.F, Farid .A, “Analisa Pengaruh Tekanan Pembukaan Injektor (Nosel) Terhadap Kinerja Mesin Pada Motor Diesel Injeksi Tidak Langsung/Indirect Injection,” *PROTON*, vol. 6, no. 1, pp. 30–35, 2014.
- [6] S. . Ahmad.A.S, “STUDI EKSPERIMEN UNJUK KERJA MESIN DIESEL SISTEM DUAL FUEL DENGAN VARIASI TEKANAN PENGINJEKSAN PADA INJEKTOR MESIN YANMAR TF 55 R Di,” Surabaya, 2017.
- [7] A. Rosyidin, Y. Effendi, and M. Fajri, “ANALISIS PENGARUH TEKANAN INJECTOR TERHADAP PERFORMA ENGINE PADA GOKART URBAN DIESEL KONTES MOBIL HEMAT ENERGI (KMHE) RISET DIKTI,” *Mot. Bakar J. Tek. Mesin Univ. Muhammadiyah Tangerang*, vol. 4, no. 2, pp. 1–5, 2020.
- [8] A. Saidah, “Pengaruh Parameter Tekanan Bahan Bakar terhadap Kinerja Mesin Diesel Type 6 D M 51 SS,” *Rekayasa Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 39–45, 2012.
- [9] S. A. . Ibrahim.H, Sebayang.A.H, Dharma.S, “Prediksi Kinerja Mesin Diesel dengan Bahan Bakar Biodiesel-Solar Menggunakan Artificial Neural Network,” *J. Muara (Sains, Teknol. Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan)*, vol. 1, no. 1, pp. 48–58, 2017.
- [10] D. Indrawati, A. Sutoni, and E. Putro, “Penerapan Desain Eksperimen Taguchi Untuk Optimasi Kuat Tekan Batako (Studi Kasus TB. Intan Jaya),” *Semin. dan Konf. Nas. IDEC*, pp. 71–78, 2021.
- [11] T. Febrianto *et al.*, “30 UPJ 2 (1) (2013) Unnes Physics Journal RANCANG BANGUN ALAT UJI KELAYAKAN PELUMAS KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER,” *Unnes Physic J.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–34, 2013, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj>
- [12] W. Suyanto, B. T. Siswanto, and M. Wakid, “KARAKTERISASI BAHAN BAKAR PADA MOTOR DIESEL (FUEL CHARACTERIZATION ON DIESEL ENGINE),” *J. Penelit. Saintek*, vol. 20, no. 1, pp. 29–44, 2015.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, *sni 7182 2015 BIODIESEL*. Indonesia.
- [14] I. Daud, “Perancangan Ulang Alat Penguji Injektor Motor Diesel Menggunakan Metode Kaizen Di Lab Motor Diesel Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya PERANCANGAN ULANG ALAT PENGUJI INJEKTOR MOTOR DIESEL MENGGUNAKAN METODE KAIZEN DI LAB MOTOR,” *JRM*, vol. 5, no. 3, pp. 7–14, 2019.
- [15] M. S. N. Awang *et al.*, “Effect of Addition of Palm Oil Biodiesel in Waste Plastic Oil on Diesel Engine Performance, Emission, and Lubricity,” *ACS Omega*, vol. 6, no. 33, pp. 21655–21675, Aug. 2021, doi: 10.1021/acsomega.1c03073.