

## EFEK VARIASI LUBANG INJEKTOR TERHADAP EMISI GAS CO DAN HC

### (THE EFFECT OF INJECTOR'S HOLE VARIATIONS ON CO AND HC GAS EMISSIONS)

**Muhammad Dwi Pangestu<sup>(1)</sup> & Ahmad Hanif Firdaus<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang  
Jalan Soekarno-Hatta No. 9, Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141.

Email: [hanif.ahmad@polinema.ac.id](mailto:hanif.ahmad@polinema.ac.id)

Diterima: 18 Juli 2025. Disetujui: 27 Agustus 2025. Dipublikasikan: 30 November 2025

#### **ABSTRAK**

Sepeda motor menjadi salah satu moda transportasi paling populer karena kepraktisannya, efisiensinya, serta kemampuannya untuk bermanuver di berbagai kondisi jalan. Namun, peningkatan jumlahnya berdampak pada emisi gas buang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah lubang injektor terhadap emisi gas buang pada sepeda motor bensin 110cc. Pengujian dilakukan di ruang uji dengan variasi jumlah lubang injektor (4, 6, 8, 10), sementara suhu mesin dikontrol pada 80–85°C dan tekanan bahan bakar 43 psi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi injektor 6 lubang menghasilkan emisi CO sebesar 0,02% dan HC sebesar 103 ppm, yang memenuhi standar baku mutu emisi LHK (CO ≤ 3%, HC ≤ 1000 ppm). Sebaliknya, pada konfigurasi 10 lubang, emisi CO mencapai 5,46% dan HC mencapai 7137 ppm, yang melebihi ambang batas dan menunjukkan pembakaran yang tidak efisien, pada penelitian ini menjadi bukti bahwa injektor lubang 6 menghasilkan emisi CO dan HC dibawah ambang batas kementerian LHK.

Kata Kunci: Bahan bakar; Emisi Gas Buang; Lubang Injektor.

#### **ABSTRACT**

*Motorcycles are a favored mode of transportation because of their convenience, efficiency, and ability to maneuver through various road conditions. However, the increasing number of motorcycles contributes to higher exhaust gas emissions. This study aims to analyze the effect of injector hole variation on exhaust emissions in 110cc gasoline motorcycles. The tests were conducted in a controlled environment with injector hole variations (4, 6, 8, 10), while maintaining engine temperature at 80–85°C and fuel pressure at 43 psi. The results show that the 6-hole injector configuration produced CO emissions of 0.02% and HC emissions of 103 ppm, which meet the emission quality standards set by the Ministry of Environment and Forestry (CO ≤ 3%, HC ≤ 1000 ppm). In contrast, the 10-hole configuration resulted in CO emissions of 5.46% and HC emissions of 7137 ppm, exceeding the emission limits and indicating inefficient combustion. This study confirms that the 6-hole injector configuration yields CO and HC emissions below the threshold set by the Ministry of Environment and Forestry regulations.*

*Keywords:* Exhaust Emissions; Fuel; Hole Injector

## PENDAHULUAN

Sepeda Motor adalah salah satu kendaraan bermotor yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia. Sepeda motor menjadi salah satu moda transportasi paling populer karena kepraktisannya, efisiensinya, serta kemampuannya untuk bermanuver di berbagai kondisi jalan. Di Indonesia, sepeda motor memiliki karakteristik dan kegunaan sesuai kebutuhan pengguna.

Dengan bertambahnya jumlah sepeda motor yang memberikan manfaat bagi aktivitas manusia, hal ini juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Kendaraan bermotor menjadi penyebab utama pencemaran udara di daerah kota-kota besar yang menyumbang sekitar 70% hingga 80% dari total polusi udara [1]. Sepeda motor memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena emisi gas buang yang dihasilkannya sehingga menyebabkan pencemaran udara dan kerusakan lingkungan. Emisi gas buang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam ruang bakar. Jika pembakarannya sempurna, maka hasil emisi gas buang yang baik, namun sebaliknya jika pembakaran tidak sempurna maka emisi gas buangnya berbahaya karena campuran udara dan bahan bakar yang dikeluarkan [2].

Pada Agustus 2024, total kendaraan bermotor di Provinsi Jawa Timur tercatat mencapai 25.626.985 unit. Berdasarkan data dari Electronic Registration and Identification (ERI) Korlantas Polri, sepeda motor mendominasi dengan jumlah

19.305.350 unit [3]. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor setiap tahunnya akan berdampak terhadap peningkatan gas buang yang dapat menyebabkan polusi udara. Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran yang dihasilkan oleh pembakaran di dalam mesin kendaraan bermotor [4].

Bahan bakar adalah salah satu indikator utama kinerja mesin, karena semakin rendah konsumsi bahan bakar, semakin hemat mesin tersebut, dan tentunya semakin diminati oleh masyarakat [5]. Produsen kendaraan kini berfokus pada teknologi yang meningkatkan efisiensi bahan bakar, performa mesin, dan emisi ramah lingkungan, seperti sistem injeksi bahan bakar elektronik (Fuel Injection/FI) yang menggantikan karburator. Sistem FI secara otomatis mengatur campuran bahan bakar dan udara untuk efisiensi dan penghematan, meski pengaturan standar ECU dapat membatasi suplai bensin dan memengaruhi kinerja motor. Jenis bahan bakar pada suatu produk dengan oktan tinggi mendukung pembakaran lebih baik, tetapi pada mesin berkompresi rendah, bahan bakar sulit terbakar.

Mengubah variasi lubang injektor akan mempengaruhi campuran bahan bakar yang ideal. Jika campuran bahan bakar terlalu kaya akan menyebabkan tahap pembakaran yang tidak sempurna sehingga meningkatnya konsumsi bahan bakar dan peningkatan kadar emisi yang ditunjukkan melalui asap hitam yang keluar dari knalpot. Banyak pengguna sepeda motor melakukan modifikasi untuk meningkatkan

performa mesinnya. Salah satunya dengan cara mengganti komponen tanpa merubah kontruksi mesin sesuai dengan kebutuhan. Tidak hanya itu banyak pengendara sepeda motor memilih berbagai macam jenis bahan bakar dengan nilai oktan yang sesuai dengan spesifikasi mesin agar performa dari kendaraan sesuai yang diharapkan oleh pengguna. Dengan dasar uraian tersebut penelitian ini akan dijalankan dengan judul “Efek Variasi Lubang Injektor Terhadap Emisi Gas CO dan HC”.

Penelitian terdahulu yang serupa diantaranya melakukan studi terhadap bahan bakar RON 92 dari Pertamax, Shell Super, dan BP92 menunjukkan hasil Perbedaan emisi gas antara Pertamax, Shell Super, dan BP92 terlihat pada emisi CO, HC, CO<sub>2</sub>, dan (O<sub>2</sub>) pada beberapa tingkat RPM. Shell Super cenderung memiliki emisi CO yang lebih tinggi, BP92 memiliki emisi HC yang lebih tinggi pada beberapa RPM, dan BP92 menunjukkan potensi untuk emisi CO<sub>2</sub> yang lebih rendah pada beberapa RPM. Kadar oksigen (O<sub>2</sub>) juga bervariasi, dengan BP92 memiliki kadar O<sub>2</sub> yang lebih tinggi pada RPM tertentu. Secara keseluruhan, BP92 menunjukkan performa lebih baik dalam mengurangi emisi HC dan memiliki potensi untuk emisi CO<sub>2</sub> yang lebih rendah pada RPM tertentu [6].

Emisi gas buang adalah sisa pembakaran yang terjadi di mesin pembakaran dalam alias internal combustion engine. Emisi gas buang ini dikeluarkan melalui knalpot alias exhaust system [7]. Emisi gas buang kendaraan,

yang umum dikenal sebagai asap knalpot, merupakan hasil sisa dari proses pembakaran mesin yang tidak berlangsung secara sempurna. Gas yang dilepaskan mengandung berbagai zat kimia berbahaya dan sangat mudah terhirup oleh orang-orang di sekitar kendaraan tersebut [8].

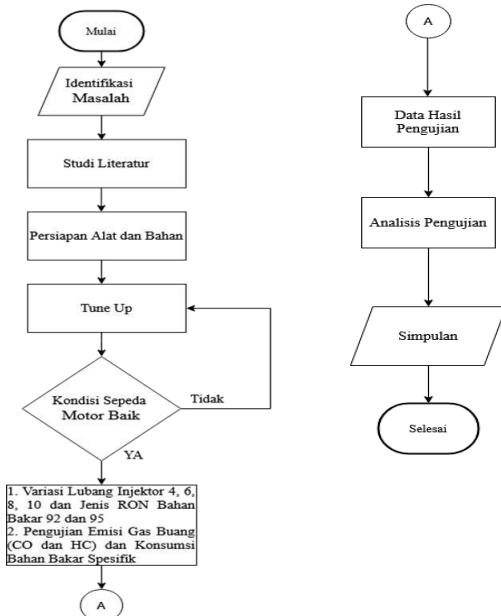
## MATERIAL DAN METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Metode penelitian eksperimen merupakan desain penelitian untuk mengidentifikasi pengaruh dari variabel lain dalam kondisi terkontrol secara ketat dan terkendali [9]. Penelitian ini menguji efek variasi lubang injektor terhadap emisi gas CO dan HC dengan 1 kali pengujian. Setelah melakukan pengujian emisi gas buang lalu di padukan dengan peraturan Kementerian LHK untuk mengetahui hasil dimana lubang injektor yang cukup baik dan tidak melewati batas peraturan Kementerian LHK Kendaraan yang umum digunakan di Indonesia dengan transmisi automatic dan motor ini digunakan sebagai sampel penelitian [10]. Sampel merupakan bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi [11].

Berikut diagram alir penelitian menjelaskan tahapan sistematis proses penelitian yang dilakukan hingga selesai. Peralatan yang digunakan dalam penelitian diantaranya sebagai berikut.

### 1. Motor Honda Scoopy 2023

Kendaraan yang umum digunakan di Indonesia dengan transmisi automatic.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

## 2. Gas Analyzer

Gas Analyzer merupakan alat sebuah alat instrument yang fungsinya untuk mengukur emisi gas buang kendaraan, seperti kadar CO, HC, NOx, CO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub> [12].

## 3. Buret

Untuk mengukur volume bahan bakar secara presisi dalam pengujian konsumsi bahan bakar spesifik pada kendaraan.

## 4. Stopwatch

Untuk mencatat waktu dalam berbagai pengujian, seperti durasi konsumsi bahan bakar atau pengujian performa mesin.

## 5. Toolset

Untuk melakukan bongkar pasang atau penyetelan komponen kendaraan yang diperlukan selama pengujian atau eksperimen.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan data dalam pengujian performa mesin dilakukan menggunakan sepeda motor 110 cc guna

memahami pengaruh variasi jumlah lubang pada injektor dan perbedaan jenis bahan bakar berdasarkan nilai oktan terhadap emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan oleh mesin. Kendaraan yang digunakan dalam penelitian ini tetap mempertahankan spesifikasi standar pabrik, tanpa melakukan modifikasi pada mesin, sehingga hasil pengujian mencerminkan kondisi operasional yang sebenarnya. Pengujian emisi gas buang yang dilakukan pada rentang putaran mesin mulai dari 1500 RPM hingga 5500 RPM untuk memperoleh data mengenai emisi gas buang minimal yang dihasilkan dan Pengujian konsumsi bahan bakar spesifik yang dilakukan pada rentang putaran mesin mulai dari 5000 RPM hingga 9000 RPM untuk memperoleh data mengenai konsumsi bahan bakar spesifik minimal yang dihasilkan. Sebelum pengujian performa dilakukan menggunakan alat *Dyno Test*, alat *SFC* dan gas *analyzer* kendaraan terlebih dahulu menjalani proses *tune up* guna memastikan kondisi mesin dalam keadaan optimal. Proses *tune up* ini meliputi pembersihan *throttle body* dan sistem CVT, serta penggantian komponen-komponen penting seperti oli mesin, oli gardan, busi, filter bensin, dan filter udara. Langkah ini bertujuan untuk menghilangkan variabel gangguan yang dapat mempengaruhi hasil pengujian, sehingga data yang diperoleh menjadi lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Setelah data diolah dan disajikan dalam bentuk tabel, hasilnya divisualisasikan dalam grafik untuk menunjukkan perubahan nilai

emisi gas buang (CO dan HC) serta konsumsi bahan bakar spesifik seiring kenaikan putaran mesin (RPM) pada berbagai variasi jumlah lubang injektor dan jenis bahan bakar.

**Tabel 1.** Data Interaksi Pengaruh Lubang Injektor Dan Vasiasi Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang CO

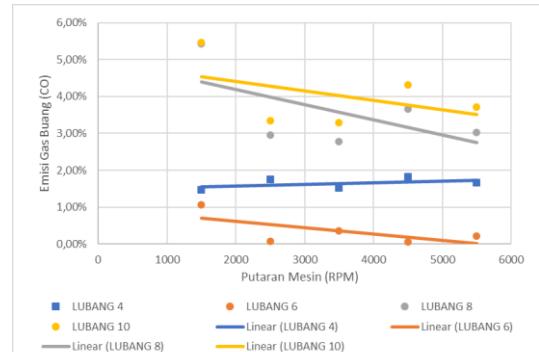
RPM	Interaksi Emisi Gas Buang (CO)			
	Lubang 4 RON 92	Lubang 6 RON 92	Lubang 8 RON 92	Lubang 10 RON 92
1500	1,47%	1,06%	5,42%	5,46%
2500	1,76%	0,08%	2,96%	3,35%
3500	1,52%	0,36%	2,78%	3,29%
4500	1,82%	0,05%	3,67%	4,32%
5500	1,66%	0,21%	3,02%	3,71%

**Tabel 2.** Data Interaksi Pengaruh Lubang Injektor Dan Vasiasi Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang (Kepala Tabel)

RPM	Interaksi Emisi Gas Buang (HC ppm)			
	Lubang 4 RON 92	Lubang 6 RON 92	Lubang 8 RON 92	Lubang 10 RON 92
1500	1225	887	1408	3398
2500	2099	448	3750	2227
3500	2369	622	4179	5851
4500	1618	129	2217	6736
5500	2534	160	4729	6738

Dari grafik tersebut, dapat dilihat urutan nilai emisi dan konsumsi bahan bakar dari yang tertinggi hingga terendah, serta konfigurasi terbaik berdasarkan kombinasi lubang injektor dan bahan bakar. Pembahasan lebih lanjut mengenai pola grafik, perbandingan posisi, dan kondisi terbaik akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

Pada Gambar 2. grafik emisi karbon monoksida (CO) dari penggunaan bahan bakar RON 92 menunjukkan variasi yang cukup signifikan terhadap perubahan jumlah lubang injektor dan putaran mesin (RPM).



**Gambar 2.** Grafik Emisi gas buang CO RON 92 dengan menggunakan variasi lubang injektor

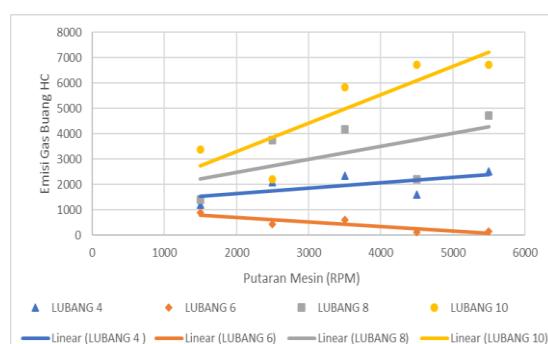
Emisi CO merupakan indikator tidak langsung dari ketidak sempurnaan proses pembakaran, di mana semakin tinggi kadar CO yang terbentuk, maka semakin tidak sempurna pembakaran bahan bakar di dalam silinder mesin. Hal ini biasanya disebabkan oleh campuran yang terlalu kaya (*rich*), atomisasi bahan bakar yang buruk, atau kurangnya oksigen pada saat pembakaran berlangsung.

Dari data yang ditampilkan, injektor Lubang 6 menunjukkan emisi CO paling rendah secara konsisten di hampir seluruh rentang RPM. Nilai emisi CO pada Lubang 6 dimulai dari 1,06% di 1500 RPM dan terus menurun hingga hanya 0,21% pada 5500 RPM. Penurunan ini menunjukkan bahwa Lubang 6 menghasilkan campuran udara-bahan bakar yang lebih homogen dan efisien terbakar, terutama pada RPM tinggi, sehingga menghasilkan sedikit sisa pembakaran berupa CO. Hal ini menjadi indikasi kuat bahwa injektor Lubang 6 mampu mengoptimalkan proses pembakaran, bahkan lebih baik dibandingkan konfigurasi lubang lainnya. Sebaliknya, Lubang 10 memperlihatkan tren yang cenderung meningkat, terutama pada 1500 RPM yang mencapai 5,46%,

tertinggi dari semua konfigurasi. Hal ini menandakan bahwa debit bahan bakar dari injektor Lubang 10 kemungkinan terlalu besar untuk sepenuhnya terbakar pada kondisi tertentu, menghasilkan sisa gas CO dalam jumlah tinggi. Lubang 8 juga menunjukkan lonjakan emisi CO yang cukup besar di RPM 1500, yaitu 5,42%, menunjukkan pembakaran tidak sempurna pada putaran tinggi.

Sementara itu, Lubang 4 memiliki pola fluktuatif, dengan nilai emisi yang relatif sedikit tinggi di beberapa titik, seperti 1,82% di 4500 RPM, namun kembali turun sedikit di 5500 RPM. Hal ini mengindikasikan bahwa pembakaran pada Lubang 4 kurang stabil dan tidak seragam di seluruh rentang RPM.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Lubang 6 adalah konfigurasi injektor terbaik dalam hal efisiensi pembakaran bahan bakar RON 92, ditunjukkan oleh emisi CO yang sangat rendah dan stabil. Efisiensi ini menunjukkan bahwa Lubang 6 mampu menghasilkan proses pembakaran yang lebih sempurna, ramah lingkungan, dan efisien dalam mengelola campuran bahan bakar dan udara.



**Gambar 3.** Grafik Emisi gas buang HC RON 92 dengan menggunakan variasi lubang injector

Pada Gambar 3. emisi gas buang hidrokarbon (HC) dengan bahan bakar RON 92 menunjukkan variasi yang sangat mencolok di antara konfigurasi jumlah lubang injektor pada berbagai putaran mesin. HC (*hydrocarbon*) diukur dalam satuan part per million (ppm) dan merupakan hasil dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Semakin tinggi nilai HC, semakin banyak bahan bakar yang tidak terbakar dan terbuang ke atmosfer, yang berkontribusi pada pencemaran udara.

Dari data yang ditampilkan, injektor Lubang 6 menunjukkan performa paling efisien dan ramah lingkungan, dengan nilai HC paling rendah secara konsisten di seluruh rentang RPM. Emisi HC dari Lubang 6 dimulai dari 887 ppm pada 1500 RPM dan terus menurun drastis hingga hanya 160 ppm pada 5500 RPM.

Tren penurunan ini menunjukkan bahwa atomisasi bahan bakar dari injektor Lubang 6 sangat baik, menghasilkan campuran yang homogen dan mudah terbakar, sehingga mengurangi sisa pembakaran hidrokarbon. Sebaliknya, injektor Lubang 10 memperlihatkan kecenderungan emisi HC yang sangat tinggi, bahkan melonjak tajam di RPM menengah hingga tinggi. Nilai tertinggi tercatat pada 3500 RPM sebesar 5851 ppm, lalu tetap tinggi di RPM 5500 dengan 6738 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa debit bahan bakar dari injektor Lubang 10 terlalu besar untuk dibakar secara sempurna, terutama pada putaran mesin sedang hingga tinggi, sehingga menyebabkan pemborosan dan peningkatan emisi. Pola ini menjadikan Lubang 10

sebagai konfigurasi dengan emisi HC tertinggi dan paling tidak efisien dalam pengujian ini. Lubang 8 menunjukkan fluktuasi yang signifikan, mulai dari 1408ppm di 1500 RPM, naik 4179ppm di 3500 RPM, namun kembali turun menjadi 2217ppm pada 4500 RPM. Hal ini menunjukkan ketidakstabilan pembakaran, yang kemungkinan disebabkan oleh ketidaksesuaian antara debit bahan bakar dan kebutuhan udara pada RPM tertentu.

Sementara itu, Lubang 4 menunjukkan performa yang moderat, dengan nilai awal rendah (887 ppm di 1500 RPM) namun tidak konsisten menurun seperti Lubang 6. Pada RPM tinggi (5500), nilai HC Lubang 4 masih cukup rendah (129 ppm), namun pola penurunannya tidak secepat Lubang 6.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa Lubang 6 merupakan konfigurasi injektor paling ideal untuk bahan bakar RON 92 dalam mengendalikan emisi HC, karena menghasilkan pembakaran yang paling sempurna dan stabil di seluruh rentang putaran mesin. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan jumlah lubang injektor yang tepat dalam mendukung efisiensi pembakaran dan pengurangan emisi gas buang yang ramah lingkungan.

## KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian berjudul “efek variasi lubang injektor terhadap emisi gas CO dan HC” adalah terdapat pengaruh pada jumlah lubang injektor terhadap emisi gas buang (CO dan HC) sepeda motor 110cc. Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa kandungan CO dan

HC terendah didapatkan pada penggunaan injektor lubang 6. Penggunaan injektor lubang 6 menghasilkan emisi gas buang CO dan HC dibawah nilai ambang batas Peraturan Kementerian LHK. Namun nilai CO dari penggunaan variasi injektor lubang 8 dan lubang 10 dengan semua jenis variasi bahan bakar melebihi nilai ambang batas yang telah ditetapkan, sedangkan nilai HC dari penggunaan variasi lubang 10 dengan semua jenis variasi bahan bakar dibawah nilai ambang batas Peraturan Kementerian LHK-bahan bakar yang tidak seimbang, sehingga meningkatkan emisi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Sari, D. Hardianto, M. Suraharta, dan B. A. Hermawan, “Pengaruh Penggunaan Filter Pada Knalpot Sepeda Motor Untuk Mengurangi Tingkat Emisi Gas Buang Kendaraan,” *J. Penelit. Sekol. Tinggi Transp. Darat*, vol. 10, no. 1, hlm. 15–27, Nov 2019, doi: 10.55511/jpsttd.v10i1.71.
- [2] A. Fernanda, S. Mahendra, dan B. Ariwibowo, “Pengaruh Penggunaan Injektor Racing Dengan Variasi Bahan Bakar Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Mesin 4 Tak 150 CC,” *J. Vocat. Educ. Automot. Technol.*, vol. 4, no. 2, hlm. 84, Des 2022, doi: 10.31331/joveat.v4i2.2404.
- [3] “Dashborad ERI.” Diakses: 22 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <http://rc.korlantas.polri.go.id:8900/eri2017/laprekappolda.php>
- [4] Universitas Jember, S. Sudarti,

- [5] Y. Yushardi, Universitas Jember, N. Kasanah, dan Universitas Jember, “Analisis Potensi Emisi CO<sub>2</sub> Oleh Berbagai Jenis Kendaraan Bermotor di Jalan Raya Kecamatan Kabupaten Sidoarjo,” *J. Sumberd. Alam Dan Lingkung.*, vol. 9, no. 2, hlm. 70–75, Agu 2022, doi: 0.21776/ub.jsal.2022.009.02.4.
- [6] I. Yuswanda, W. T. Putra, dan K. Winangun, “Analisa Kekakuan Dan Perbedaan Map Sensor Pada Perubahan Rpm Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Mobil Toyota Kijang Efi 2000,” *KOMPUTEK*, vol. 3, no. 1, hlm. 33, Apr 2019, doi: 10.24269/jkt.v3i1.251.
- [7] H. B. K. P. Bima, “Analisa Perbandingan Jenis Bahan Bakar Dengan Nilai Ron 92 Dari Berbagai Pabrikan Terhadap Daya, Torsi, Dan Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin 150CC,” *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, hlm. 123–131, Nov 2022, doi: 10.33795/jmeeg.v1i2.3436.
- [8] R. Lapisa, R. Rahman, I. Yulia Basri, dan W. Afmison, “Pengaruh Diameter Variasi Throttle Body Terhadap Daya, Torsi Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Beat Pgm- Fi 110 Cc Tahun 2014,” *Ensiklopedia Educ. Rev.*, vol. 4, no. 3, hlm. 245–250, Des 2022, doi: 10.33559/eer.v4i3.1544.
- [9] D. S. Nugraheni, R. A. Putri, dan E. F. Rini, “Kemampuan Tutupan Vegetasi RTH dalam Menyerap Emisi CO<sub>2</sub> Sektor Transportasi di Kota Surakarta,” *Reg. J. Pembang. Wil. Dan Perenc. Partisipatif*, vol. 13, no. 2, hlm. 182, Jul 2018, doi: 10.20961/region.v13i2.21156.
- [10] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [11] H. Mitra, “Honda Mitra,” Honda Mitra. Diakses: 19 Januari 2025. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.hondamitra.com/>