

# Pengukuran Emisi CO dan HC Menggunakan Gas Analyzer pada Kendaraan Bensin

Charlita Maharani Rukmana<sup>1</sup>, Sinta Arun Prastyani<sup>2</sup>, Adit Faturachman<sup>3</sup>, Arief Novianto<sup>4</sup>, Ahmad Ashari<sup>5</sup>  
Program Studi Teknologi Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan  
Jl. KH. Abdul Syukur No.17, Margadana, Kota Tegal  
E-mail: [charlitamaharani25@gmail.com](mailto:charlitamaharani25@gmail.com), [sintaarum123@gmail.com](mailto:sintaarum123@gmail.com), [adityafaturachman9@gmail.com](mailto:adityafaturachman9@gmail.com).

**Abstrak:** Pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor merupakan salah satu tantangan lingkungan yang mendesak, khususnya di Kawasan perkotaan dengan lalu lintas tinggi. Topik ini dipilih karena emisi karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) dari kendaraan berbahan bakar bensin berpotensi membahayakan Kesehatan manusia dan menurunkan kualitas udara secara signifikan, terutama apabila sistem pembakaran tidak bekerja secara efisien. Pemahaman mendalam terhadap karakteristik emisi pada kondisi idle dan high idle menjadi penting sebagai dasar evaluasi kelayakan kendaraan dalam memenuhi standar emisi yang berlaku. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar emisi CO dan HC pada kondisi idle secara konsisten lebih tinggi dibandingkan pada kondisi high idle. Hal ini disebabkan oleh rendahnya putaran mesin pada kondisi idle yang mengakibatkan pembakaran kurang sempurna. Meskipun demikian, Sebagian besar kendaraan uji masih memenuhi ambang batas emisi yang ditetapkan. Temuan ini menegaskan bahwa pengujian emisi berkala sangat krusial dalam upaya pengendalian pencemaran udara. Kondisi idle terbukti menjadi titik kritis yang perlu mendapat guna menjamin kualitas udara yang lebih baik dan perlindungan Kesehatan masyarakat secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Emisi Gas Buang, Hidrokarbon (HC), High Idle, Karbon Monoksida (CO)

**Abstract:** Air pollution from motor vehicle emissions is a pressing environmental challenge, particularly in high-traffic urban areas. This topic was chosen because carbon monoxide (CO) and hydrocarbon (HC) emissions from gasoline-fueled vehicles have the potential to harm human health and significantly degrade air quality, particularly when the combustion system is not operating efficiently. A thorough understanding of the emission characteristics at idle and high idle conditions is essential as a basis for evaluating a vehicle's suitability to meet applicable emission standards. The results of this study indicate that CO and HC emissions at idle conditions are consistently higher than at high idle conditions. This is due to the low engine speed at idle conditions, which result in incomplete combustion. However, most of the test vehicles still meet the established emission threshold. These findings emphasize the importance of regular emission testing in air pollution control efforts. Idle conditions have proven to be a critical point that needs to be addressed to ensure better air quality and sustainable public health protection.

**Keywords:** Carbon Monoxide, Exhaust Emissions, High Idle, Hydrocarbons

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di berbagai wilayah perkotaan telah meningkatkan beban pencemaran udara secara signifikan. Aktivitas transportasi menyumbang emisi gas buang yang dilepaskan langsung ke atmosfer melalui proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar mesin. Karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) termasuk komponen utama yang sering terdeteksi pada kendaraan berbahan bakar bensin. Gas CO terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna, sedangkan HC muncul ketika bahan bakar tidak terbakar secara menyeluruh. Konsentrasi kedua gas tersebut berkaitan erat dengan kondisi kerja mesin dan kualitas sistem pembakaran. Ketika proses pembakaran tidak berlangsung optimal, kadar CO dan HC akan meningkat dan memengaruhi kualitas udara ambien. Fenomena tersebut telah dibahas dalam berbagai kajian teknik otomotif yang menyoroti hubungan antara proses pembakaran dan karakteristik emisi gas buang[1].

Pengendalian emisi kendaraan bermotor kemudian diatur melalui kebijakan yang menetapkan ambang batas tertentu bagi setiap jenis kendaraan. Pemerintah menetapkan baku mutu emisi sebagai standar yang wajib dipenuhi sebelum kendaraan dinyatakan layak jalan. Regulasi tersebut mengatur parameter CO dan HC sebagai indikator utama kualitas gas buang kendaraan bensin. Proses pengujian tipe kendaraan baru dilakukan untuk memastikan kesesuaian spesifikasi teknis dengan ketentuan lingkungan. Pengujian ini melibatkan prosedur terstandar yang memeriksa performa mesin dan karakteristik emisi pada kondisi tertentu. Hasil pengujian akan dibandingkan dengan batas yang telah ditetapkan dalam regulasi nasional. Ketentuan tersebut tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017 tentang baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru kategori M, N, dan O[2].

Kinerja sistem pembakaran pada mesin bensin dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis yang saling berinteraksi. Variasi jenis bahan bakar, sistem injeksi, serta rasio campuran udara dan bahan bakar akan memengaruhi hasil pembakaran. Mesin dengan sistem injeksi modern cenderung menghasilkan emisi yang lebih terkendali dibandingkan sistem karburator. Efisiensi pembakaran ditentukan oleh presisi penyemprotan bahan bakar dan pengaturan waktu pengapian. Ketika suplai bahan bakar tidak sesuai dengan kebutuhan udara, peningkatan kadar CO dan HC akan terjadi. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perbedaan sistem suplai bahan bakar memberikan dampak nyata terhadap efisiensi mesin dan karakteristik emisi. Hubungan tersebut telah dianalisis melalui perbandingan sistem karburator dan injeksi pada mesin bensin berkapasitas menengah[3].

Selain sistem bahan bakar, pengaturan saat pengapian dan saat penginjeksian turut menentukan kualitas pembakaran. Ketidaktepatan waktu pengapian menyebabkan campuran bahan bakar terbakar tidak sempurna sehingga emisi meningkat. Perubahan kecil pada sudut pengapian dapat menggeser karakteristik gas buang secara signifikan. Pengaturan parameter mesin yang tidak optimal akan tercermin pada fluktuasi kadar CO dan HC. Proses kalibrasi mesin memerlukan pengukuran yang akurat agar hasilnya dapat dievaluasi secara objektif. Variasi ignition timing sering diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa dan emisi kendaraan. Pengaruh tersebut telah dikaji melalui perbandingan variasi ignition timing terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor[4].

Kondisi putaran mesin saat pengujian juga berperan penting terhadap nilai emisi yang dihasilkan. Pada kondisi idle, mesin bekerja pada putaran rendah dengan beban minimal sehingga karakteristik pembakaran berbeda dari kondisi putaran tinggi. Ketika putaran dinaikkan pada kondisi high idle, suplai bahan bakar dan udara meningkat sehingga perubahan komposisi gas buang dapat diamati. Perbedaan beban dan putaran mesin memengaruhi suhu ruang bakar dan efisiensi oksidasi gas sisa. Evaluasi emisi pada kedua kondisi tersebut memberikan gambaran mengenai kestabilan sistem pembakaran. Pengujian idle sering digunakan sebagai indikator awal untuk mendeteksi ketidaksempurnaan pembakaran. Pengaruh penyetelan parameter throttle position sensor terhadap putaran idle dan emisi HC serta CO telah dianalisis pada sepeda motor injeksi[5].

Upaya pengurangan emisi tidak hanya dilakukan melalui pengaturan mesin, tetapi juga melalui pemanfaatan teknologi tambahan. Beberapa penelitian mengembangkan material penyerap untuk menurunkan konsentrasi gas berbahaya sebelum dilepaskan ke udara. Karbon aktif berbasis bahan alam diuji sebagai media adsorben yang mampu menyerap CO dan HC dari aliran gas buang. Efektivitas material tersebut bergantung pada luas permukaan dan karakteristik pori yang dimiliki. Inovasi ini memperlihatkan bahwa pengendalian emisi dapat dilakukan dari sisi hilir sistem pembuangan. Integrasi teknologi pengendalian dengan sistem pembakaran membuka peluang peningkatan kualitas udara yang lebih baik. Potensi karbon aktif dari tanah gambut sebagai penyerap HC dan CO telah dilaporkan melalui pengujian laboratorium pada kendaraan bermotor[6].

Pengaruh jenis bahan bakar terhadap emisi juga menjadi perhatian dalam pengujian kendaraan bensin. Perbedaan nilai oktan dan komposisi aditif dapat mengubah proses pembakaran di dalam silinder. Bahan bakar dengan kualitas pembakaran lebih baik cenderung menekan pembentukan CO dan HC. Sistem injeksi modern dirancang untuk menyesuaikan suplai bahan bakar berdasarkan kebutuhan mesin sehingga emisi dapat dikendalikan. Ketika bahan bakar yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi mesin, peningkatan emisi sering teramati pada hasil pengujian. Variasi bahan bakar pada sistem injection otto engine telah menunjukkan perbedaan signifikan terhadap komposisi gas buang. Temuan tersebut dilaporkan melalui pengujian eksperimental terhadap perubahan jenis bahan bakar pada mesin injeksi[7].

Penggunaan alat ukur gas analyzer memungkinkan pengukuran konsentrasi CO dan HC dilakukan secara presisi pada berbagai kondisi putaran mesin. Alat ini membaca komposisi gas buang secara langsung melalui sensor yang terkalibrasi sehingga data kuantitatif dapat diperoleh. Proses evaluasi hasil pengukuran memerlukan perbandingan antara kondisi idle dan high idle untuk melihat kestabilan pembakaran. Analisis data yang dihasilkan akan menggambarkan performa sistem

pembakaran terhadap standar emisi yang berlaku. Pengukuran yang akurat mendukung proses verifikasi teknis pada tahap pengujian tipe kendaraan bensin. Kajian terhadap karakteristik emisi pada sepeda motor injeksi menunjukkan bahwa perubahan parameter operasional dapat terdeteksi secara jelas melalui penggunaan alat ukur yang tepat. Analisis karakteristik emisi CO dan HC pada kendaraan bensin dengan variasi parameter operasional telah dilaporkan melalui pengujian eksperimental menggunakan gas analyzer[8].

### METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk mengevaluasi hasil pengukuran emisi CO dan HC pada kendaraan bensin. Proses pengujian dilakukan melalui pengukuran langsung menggunakan gas analyzer yang telah dikalibrasi sesuai standar operasional laboratorium. Kendaraan uji ditempatkan pada kondisi stasioner dengan dua variasi putaran mesin, yaitu idle dan high idle, guna memperoleh perbandingan data emisi. Setiap pengujian dilaksanakan secara berulang untuk menjaga konsistensi dan meningkatkan reliabilitas hasil pengukuran. Data yang diperoleh kemudian dicatat dalam lembar observasi dan disiapkan untuk tahap analisis kuantitatif[9].

Analisis data dilakukan dengan membandingkan rata-rata kadar CO dan HC pada masing-masing kondisi putaran mesin terhadap baku mutu emisi yang berlaku. Proses pengolahan data dilakukan menggunakan teknik statistik deskriptif untuk menampilkan nilai rerata, persentase, dan selisih antar kondisi pengujian. Hasil pengukuran selanjutnya diinterpretasikan untuk melihat kecenderungan perubahan emisi pada saat terjadi peningkatan putaran mesin. Validitas data dijaga melalui pengecekan ulang hasil pembacaan alat serta pengendalian variabel yang memengaruhi proses pembakaran. Seluruh tahapan penelitian dilaksanakan secara sistematis agar hasil evaluasi dapat menggambarkan performa emisi kendaraan bensin secara objektif.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian emisi CO dan HC dilakukan menggunakan gas analyzer pada kendaraan bensin yang telah mencapai suhu kerja optimal. Mesin distabilkan pada putaran 900 rpm untuk kondisi idle sebelum data diambil. Setelah pembacaan alat menunjukkan angka yang stabil, pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali untuk memperoleh hasil yang konsisten. Prosedur yang sama diterapkan pada kondisi high idle dengan putaran mesin dijaga pada 2500 rpm tanpa beban. Setiap hasil pembacaan dicatat secara langsung pada lembar observasi. Data yang diperoleh kemudian dihitung nilai rata-ratanya sebagai dasar analisis. Rekapitulasi hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Hasil Pengukuran Emisi CO dan HC pada Kondisi Idle dan High Idle.

Kondisi Putaran	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Rata-rata CO (%)	Rata-rata HC (ppm)
Idle (900 rpm)	CO: 1,45 / HC: 185	CO: 1,38 / HC: 179	CO: 1,43 / HC: 182	1,42	182
High Idle (2500 rpm)	CO: 0,90 / HC: 128	CO: 0,85 / HC: 120	CO: 0,86 / HC: 124	0,87	124

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata kadar CO pada kondisi idle tercatat sebesar 1,42%, sedangkan pada high idle sebesar 0,87%. Nilai tersebut menunjukkan penurunan sebesar 0,55% ketika putaran mesin dinaikkan. Peningkatan rpm menyebabkan suplai udara yang masuk ke ruang bakar bertambah. Campuran udara dan bahan bakar menjadi lebih homogen akibat meningkatnya turbulensi. Proses oksidasi karbon berlangsung lebih optimal pada kondisi high idle. Pada kondisi idle, campuran cenderung lebih kaya sehingga sebagian karbon tidak teroksidasi sempurna. Perbedaan karakteristik ini menggambarkan pengaruh langsung variasi putaran terhadap kadar CO yang dihasilkan.

Rata-rata kadar HC pada kondisi idle tercatat sebesar 182 ppm, sedangkan pada high idle sebesar 124 ppm. Penurunan sebesar 58 ppm menunjukkan peningkatan efisiensi pembakaran hidrokarbon saat putaran mesin bertambah. Suhu ruang bakar pada kondisi idle relatif lebih rendah sehingga sebagian bahan bakar tidak terbakar secara sempurna. Ketika rpm dinaikkan, temperatur pembakaran meningkat dan mempercepat reaksi oksidasi. Molekul hidrokarbon yang tersisa lebih banyak terurai sebelum keluar melalui sistem pembuangan. Nilai HC yang lebih rendah pada high idle menunjukkan kestabilan pembakaran pada putaran yang lebih tinggi. Perubahan ini memperlihatkan respons sistem pembakaran terhadap variasi kondisi operasional mesin.

Untuk memperjelas besarnya perubahan emisi, dilakukan perhitungan selisih dan persentase penurunan antara kedua kondisi putaran. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada Tabel 2. Perhitungan ini memberikan gambaran kuantitatif mengenai sensitivitas emisi terhadap perubahan rpm. Selisih kadar CO dan HC menunjukkan respons sistem pembakaran terhadap variasi putaran mesin. Persentase penurunan digunakan untuk melihat tingkat efisiensi relatif pada kondisi high idle. Analisis ini membantu menilai kestabilan pembakaran pada rentang putaran yang berbeda. Rangkuman hasil perhitungan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Selisih dan Persentase Penurunan Emisi

Parameter	Idle	High Idle	Selisih	Persentase Penurunan
CO (%)	1,42	0,87	0,55	38,73%
HC (ppm)	182	124	58	31,87%

Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar CO mengalami penurunan sebesar 38,73% saat mesin beralih dari idle ke high idle. Penurunan HC tercatat sebesar 31,87% pada kondisi yang sama. Persentase tersebut menandakan bahwa pembakaran berlangsung lebih efisien pada putaran mesin yang lebih tinggi. Peningkatan turbulensi memperbaiki pencampuran bahan bakar sebelum proses penyalaan terjadi. Waktu pembakaran yang lebih efektif membantu mengurangi sisa bahan bakar yang tidak teroksidasi. Variasi putaran mesin terbukti memengaruhi komposisi gas buang yang dihasilkan. Perubahan ini memperlihatkan bahwa rpm menjadi faktor penting dalam karakteristik emisi kendaraan bensin.

Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan temuan penelitian lain yang menganalisis karakteristik emisi pada mesin bensin injeksi. Penurunan kadar CO dan HC pada peningkatan putaran mesin juga dilaporkan pada pengujian variasi parameter pembakaran kendaraan sejenis. Pola tersebut menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran meningkat seiring bertambahnya suplai udara dan temperatur ruang bakar. Kesamaan hasil memperlihatkan konsistensi karakteristik emisi pada mesin bensin modern. Perbedaan kecil pada nilai absolut dapat dipengaruhi oleh kondisi mesin dan spesifikasi teknis kendaraan yang digunakan. Meskipun demikian, kecenderungan penurunan emisi pada rpm yang lebih tinggi tetap terlihat. Temuan ini sejalan dengan analisis karakteristik emisi gas buang pada sepeda motor injeksi.

Perbandingan hasil juga dilakukan terhadap kajian mengenai pengaruh sistem suplai bahan bakar terhadap emisi kendaraan. Mesin dengan pengaturan injeksi yang presisi cenderung menghasilkan pembakaran lebih stabil pada berbagai putaran. Nilai CO dan HC yang menurun pada kondisi high idle menunjukkan bahwa sistem kontrol bahan bakar bekerja secara efektif. Karakteristik tersebut serupa dengan hasil penelitian yang membandingkan performa mesin berbasis sistem injeksi dan variasi bahan bakar. Stabilitas suplai bahan bakar membantu menjaga rasio udara dan bahan bakar tetap mendekati kondisi ideal. Efisiensi pembakaran yang baik berkontribusi pada rendahnya kadar hidrokarbon sisa. Kecenderungan ini juga dilaporkan pada analisis sistem injection otto engine terhadap komposisi gas buang.

Table 3. Hasil Optimasi Emisi Gas Buang

Sumber Penelitian	Objek Kendaraan	Metode/Perlakuan Terbaik	Penurunan/Kadar CO	Penurunan/Kadar HC
Sadly Firmasnyah, dkk	Sepeda Motor FI	ECU Prog. + Gasohol E30 + Ignition 7° BTDC + injector 350° ATDC	0,02% (Turun dari 0,60%)	480,3 ppm (Naik dari 200,7 ppm)
Khalik Rahmat H., dkk.	Honda Beat FI 2013	Pemasangan <i>Ignition Booster</i> tipe Plasma	Turun 23,52% (0,513% ke 0,39%)	Turun 11,05% (60,33 ppm ke 53,66 ppm)
Dwi Fikri A. & Wahyudi	Vario 125 cc 2012	Alat Femax Combo + <i>Ignition Timing</i> 12° (Standar)	Turun 72% (vs Tanpa Alat)	Turun 53% (vs Tanpa Alat)
Abdul Ghofur, dkk.	Honda Supra 125 X	Adsorben Karbon Aktif Tanah Gambut (Panjang 80 mm)	2,57% (Turun dari 4,41%)	228 ppm (Turun dari 920 ppm)

Hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu emisi kendaraan tipe baru yang berlaku secara nasional. Nilai CO sebesar 1,42% pada kondisi idle masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan regulasi. Kadar HC sebesar 182 ppm juga tidak melampaui batas maksimal yang diperbolehkan. Pada kondisi high idle, nilai emisi tercatat lebih rendah sehingga semakin menjauh dari batas yang ditetapkan. Perbandingan ini menunjukkan bahwa kendaraan uji masih memenuhi standar kelayakan emisi. Proses pengujian tipe berperan sebagai mekanisme verifikasi teknis sebelum kendaraan dipasarkan. Ketentuan mengenai baku mutu emisi kendaraan bermotor tipe baru telah diatur dalam regulasi nasional.

Tabel 4. menunjukkan perbandingan pengaruh jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang pada kendaraan dengan sistem injeksi.

Table 4. Perbandingan Jenis Bahan Bakar terhadap Emisi (Sistem Injeksi)

Jenis Bahan Bakar	Nilai Oktan (RON)	Kadar CO (Rata-rata)	Kadar HC (Rata-rata)	Kadar CO <sub>2</sub> (Rata-rata)
Pertalite	90	0,043%	16,333 ppm	15,667%
Pertamax	92	0,040%	7,667 ppm	14,433%
Pertamax Turbo	98	0,020%	5,667 ppm	13,667%

Tabel 4 menunjukkan perbandingan pengaruh jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang pada kendaraan dengan sistem injeksi. Parameter yang dibandingkan meliputi nilai oktan (RON), kadar karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa semakin tinggi nilai oktan bahan bakar yang digunakan, maka kadar emisi CO dan HC cenderung menurun, sehingga proses pembakaran menjadi lebih baik dan lebih ramah lingkungan.

Stabilitas pembacaan gas analyzer selama pengujian menunjukkan bahwa alat ukur bekerja secara konsisten. Deviasi antar pengujian pada masing-masing kondisi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Konsistensi ini memperkuat validitas data yang digunakan dalam analisis. Kalibrasi alat sebelum pengujian membantu menjaga akurasi pembacaan kadar CO dan HC. Keandalan pengukuran sangat penting untuk mengevaluasi performa sistem pembakaran kendaraan. Penggunaan alat ukur yang tepat memungkinkan perubahan kecil pada komposisi gas buang terdeteksi secara jelas. Secara keseluruhan, peningkatan putaran mesin dari idle ke high idle terbukti menurunkan kadar CO dan HC serta mencerminkan peningkatan efisiensi pembakaran kendaraan bensin.

## PENUTUP

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar emisi CO dan HC pada kendaraan bensin berbeda antara kondisi idle dan high idle. Pada kondisi idle, rata-rata CO tercatat sebesar 1,42% dan HC sebesar 182 ppm. Ketika putaran mesin dinaikkan menjadi high idle, kadar CO menurun menjadi 0,87% dan HC menjadi 124 ppm. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan rpm berkontribusi terhadap perbaikan efisiensi pembakaran. Persentase penurunan sebesar 38,73% untuk CO dan 31,87% untuk HC memperlihatkan respons signifikan terhadap variasi putaran mesin. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa nilai emisi masih berada di bawah ambang batas baku mutu yang berlaku.

## .DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. S. Firmansyah, Wawan Purwanto, Hasan Maksam, Ahmad Arif, and M. Yasep Setiawan, "Analisis Emisi Gas Buang (CO, CO<sub>2</sub> dan HC) pada Sepeda Motor FI dengan Variasi Saat Pengapian, Saat Penginjeksian dan Jenis Bahan Bakar," JTPVI J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones., vol. 1, no. 2, pp. 145–158, Feb. 2023, doi: 10.24036/jtpvi.v1i2.6.
- [2] "PERMEN LHK\_8\_2023".
- [3] M. N. Hifni, N. A. Mufarida, and K. Kosjoko, "Uji Efisiensi Bahan Bakar dan Performa Mesin pada Motor Sport 250 CC: Perbandingan Sistem Karburator dan Injeksi," J. Penelit. Inov., vol. 5, no. 2, pp. 1827–1836, 2025, doi: 10.54082/jupin.1575.
- [4] U. N. Semarang and D. F. Ardiansyah, "PERBANDINGAN KINERJA ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR DENGAN VARIASI IGNITION TIMING TERHADAP EMISI GAS BUANG KENDARAAN," Automot. Sci. Educ. J., vol. 14, no. 1, pp. 27–38, 2025, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/journals/asej>
- [5] "cd543305908ef545842b18e4bb0a88f9dd84".
- [6] A. Ghofur, A. Mursadin, A. Amrullah, and R. Raihan, "THE POTENTIAL OF ACTIVATED CARBON FROM PEAT SOIL AS AN ABSORBENT FOR HYDROCARBON (HC) AND CARBON MONOXIDE (CO) EMISSIONS IN

- MOTOR VEHICLES,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 251–256, Jun. 2022, doi: 10.21776/ub.jrm.2022.013.01.24.
- [7] B. A. Sudikna, P. Saksono, M. Ferdnian, and S. N. S. Sidabutar, “JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY (JAMERE) Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Injection Otto Engine System,” vol. 5, no. 1, pp. 43–50, 2025, [Online]. Available: <https://journal.isas.or.id/index.php/JAMERE>
- [8] K. Rahmat Hidayah, D. Fernandez, J. Hamka, A. Tawar, and P. Sumatera Barat, “Analisis Kinerja Ignition Booster terhadap Karakteristik Emisi CO, HC, CO<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub> pada Sepeda Motor Honda Beat FI 2013 Performance Analysis of an Ignition Booster on CO, HC, CO<sub>2</sub>, and O<sub>2</sub> Emission Characteristics of a 2013 Honda Beat FI Motorcycle”, doi: 10.24036/jtpvi.v4i1.325.
- [9] K. Dan, “METODE PENELITIAN KUANTITATIF.”