

PENGUKURAN EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR HONDA SUPRA X 125 DENGAN VARIASI OCTANE BAHAN BAKAR BERBASIS IOT

Oleh

R. Lutfi Zakaria

Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas
Kebangsaan Republik Indonesia, Jl. Terusan Halimun No. 37 Bandung, 40263,
Indonesia

Email: lut.zakaria2003@gmail.com

Article History:

Received: 06-06-2025

Revised: 26-07-2025

Accepted: 09-08-2025

Keywords:

Emisi Gas Buang, Oktan
Bahan Bakar, Sensor MQ,
ESP32, Internet of Things
(IoT)

Abstract: Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia berkontribusi signifikan terhadap emisi gas buang, terutama di perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kadar emisi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan hidrokarbon (HC) pada sepeda motor Honda Supra X 125 menggunakan tiga jenis bahan bakar dengan nilai oktan berbeda (Pertalite, Pertamax, Pertamax Turbo). Sistem monitoring menggunakan sensor gas MQ-7, MQ-135, dan MQ-2 yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan secara real-time ke Firebase. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bahan bakar dengan oktan lebih tinggi menghasilkan emisi CO dan HC yang lebih rendah serta CO₂ yang lebih tinggi, menandakan pembakaran lebih sempurna. Sistem berbasis IoT ini terbukti efisien untuk pemantauan emisi gas kendaraan.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah sepeda motor di Indonesia mencapai lebih dari 125 juta unit pada tahun 2022 (Anwar, Aziz, & Fajar, 2024). Emisi dari kendaraan bermotor, seperti CO, HC, dan CO₂, merupakan kontributor utama pencemaran udara dan perubahan iklim (Mahmud & Sungkono, 2020). Kualitas pembakaran sangat dipengaruhi oleh nilai oktan bahan bakar. Semakin tinggi nilai oktan, pembakaran menjadi lebih sempurna, sehingga mengurangi emisi berbahaya.

Teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan emisi secara real-time dengan menggunakan sensor gas dan mikrokontroler seperti ESP32 (Sutarjo & Ramadhan, 2021). Penelitian ini menggabungkan sistem sensor MQ dengan ESP32 untuk mengukur dan menganalisis emisi dari sepeda motor Honda Supra X 125 berdasarkan variasi bahan bakar.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan maka pokok permasalahan yang dihadapi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi nilai oktan bahan bakar (Pertalite, Pertamax, Pertamax Turbo) terhadap kadar emisi gas buang (CO, HC, dan CO₂) pada sepeda motor Honda Supra X 125?

2. Sejauh mana akurasi sensor gas MQ-7, MQ-2, dan MQ-135 dalam mendeteksi emisi gas buang kendaraan?
3. Bagaimana sistem monitoring emisi gas buang berbasis IoT menggunakan ESP32 dan Firebase dapat diimplementasikan untuk pemantauan emisi secara real-time dan efisien?

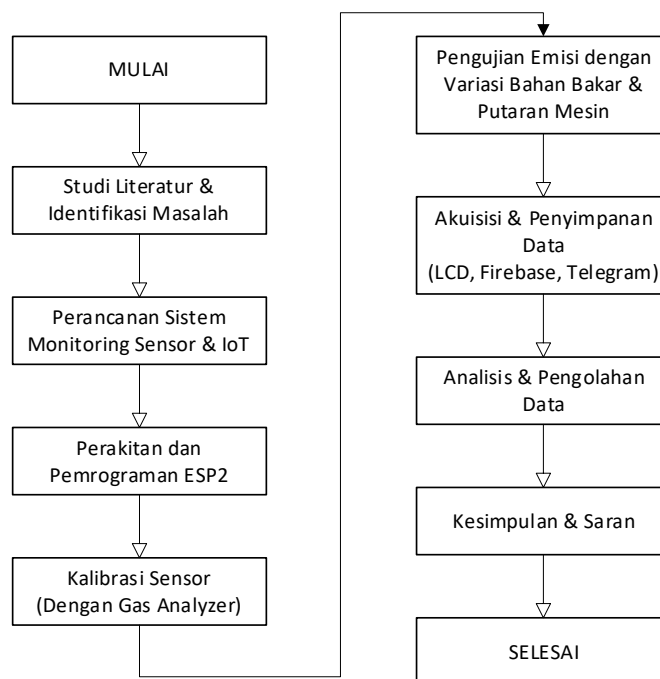
Dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada :

- Objek penelitian adalah sepeda motor Honda Supra X 125 dalam kondisi standar pabrikan, tanpa modifikasi sistem bahan bakar atau knalpot.
- Pengujian dilakukan hanya dalam kondisi idle dan putaran mesin bertingkat (1000–8000 RPM).
- Jenis bahan bakar yang diuji terbatas pada tiga varian: Pertalite (RON 90), Pertamax (RON 92), dan Pertamax Turbo (RON 98).
- Sensor yang digunakan untuk mendeteksi emisi gas buang adalah MQ-7 (CO), MQ-2 (HC), dan MQ-135 (CO₂).
- Sistem monitoring emisi menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, dengan antarmuka Firebase untuk penyimpanan cloud dan Telegram Bot sebagai sistem notifikasi real-time.
- Pengujian dilakukan di lingkungan terbuka dan stabil, dengan asumsi kondisi atmosfer tidak berfluktuasi signifikan selama pengambilan data.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan yang sistematis, dimulai dari identifikasi masalah hingga evaluasi dan kesimpulan. Diagram alir berikut menunjukkan urutan logis kegiatan penelitian:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel dikelompokkan menjadi:

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dimanipulasi untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel lain, yaitu:

1. Jenis bahan bakar:

- Pertalite (RON 90)
- Pertamax (RON 92)
- Pertamax Turbo (RON 98)

2. Putaran mesin (RPM):

- 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000 RPM

b. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh perlakuan:

• Emisi gas buang, meliputi:

- Karbon monoksida (CO) → sensor MQ-7
- Karbon dioksida (CO₂) → sensor MQ-135
- Hidrokarbon (HC) → sensor MQ-2

Nilai emisi diukur dalam satuan:

- CO dan HC → ppm (parts per million)
- CO₂ → % volume

Objek Penelitian

Objek penelitian terdiri dari dua kategori:

a. Sepeda Motor Honda Supra X 125

Spesifikasi teknis motor:

- Tipe mesin: 4-tak, 1 silinder, SOHC
- Sistem bahan bakar: Karburator
- Volume silinder: 124,89 cc
- Transmisi: Manual 4 percepatan
- Sistem pendingin: Pendingin udara
- Kondisi: Standar pabrikan (tanpa modifikasi)

Motor ini dipilih karena representatif dari kendaraan yang umum digunakan masyarakat Indonesia.

b. Sistem Monitoring Emisi Berbasis IoT

Terdiri atas:

- Sensor MQ-7: Mendeteksi CO
- Sensor MQ-135: Mendeteksi CO₂
- Sensor MQ-2: Mendeteksi HC
- Mikrokontroler ESP32: Prosesor pusat, koneksi Wi-Fi
- LCD 16x2 I2C: Tampilan lokal pembacaan sensor
- Firebase: Platform penyimpanan dan visualisasi data
- Telegram Bot: Notifikasi real-time ke pengguna

Cara Kerja Alat

Sistem monitoring dirancang untuk mendeteksi emisi gas buang dari sepeda motor secara digital dan terhubung dengan internet. Berikut alur kerja teknis alat:

1. Sensor Gas:

- Sensor MQ-7 mendeteksi kadar CO
 - Sensor MQ-2 mendeteksi kadar HC
 - Sensor MQ-135 mendeteksi kadar CO₂
 - Semua sensor dipasang ± 10 cm dari ujung knalpot dan terhubung ke pin analog ESP32
2. Mikrokontroler ESP32:
 - Menerima sinyal analog dari sensor
 - Melakukan konversi ke satuan ppm/% berdasarkan rumus kalibrasi
 - Menampilkan hasil pengukuran ke LCD 16x2
 - Mengirim data ke Firebase menggunakan koneksi Wi-Fi
 - Mengirim notifikasi pembacaan ke Telegram Bot
 3. Kalibrasi Sensor:
 - Dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat Gas Analyzer Tectnotest Stargas 898
 - Kalibrasi digunakan untuk membuat fungsi konversi analog-to-ppm agar pembacaan sensor mendekati nilai sebenarnya
 4. Pengambilan Data:
 - Data diambil untuk setiap kombinasi bahan bakar dan RPM (total 24 kombinasi)
 - Tiap kombinasi diuji 3 kali, hasilnya dirata-ratakan
 5. Penyimpanan dan Visualisasi Data:
 - Firebase menyimpan data berbasis waktu dan menampilkannya dalam bentuk grafik
 - Telegram Bot mengirimkan pembacaan langsung ke perangkat pengguna sebagai notifikasi
 6. Evaluasi Akurasi:
 - Akurasi sensor dihitung dengan membandingkan data sensor dan gas analyzer
 - MQ-7 = 97,81% | MQ-2 = 97,91% | MQ-135 = 96,69%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi Karbon Monoksida (CO)

Dari grafik dan tabel hasil pengujian, terlihat bahwa emisi karbon monoksida (CO) memiliki tren menurun seiring dengan peningkatan RPM, terutama pada bahan bakar dengan nilai oktan tinggi. Bahan bakar Pertalite menghasilkan CO tertinggi pada semua tingkat RPM, dengan nilai 2,51% pada 1000 RPM dan menurun hingga 1,63% pada 8000 RPM. Sebaliknya, Pertamina Turbo menunjukkan kadar CO terendah, yaitu 1,24% pada 1000 RPM hingga 0,87% pada 8000 RPM.

Interpretasi: Penurunan emisi CO pada RPM tinggi mengindikasikan bahwa pembakaran menjadi lebih sempurna pada kecepatan mesin yang lebih tinggi. Penggunaan bahan bakar dengan oktan lebih tinggi mempercepat dan menstabilkan proses pembakaran, sehingga menghasilkan emisi CO yang lebih rendah.

Emisi Hidrokarbon (HC)

Kadar emisi hidrokarbon (HC) juga menunjukkan penurunan signifikan seiring kenaikan RPM. Pertalite mencatatkan kadar HC tertinggi yaitu 744,3 ppm pada 1000 RPM, sedangkan Pertamina Turbo hanya 375,8 ppm. Penurunan terjadi secara konsisten pada setiap bahan bakar hingga 8000 RPM, di mana HC dari Pertamina Turbo hanya tinggal 267,7 ppm.

Interpretasi: Emisi HC merupakan hasil dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Bahan bakar beroktan tinggi menghasilkan atomisasi bahan bakar yang lebih baik dan pembakaran

yang lebih merata, sehingga residu HC lebih sedikit. Ini menjadikan Pertamina Turbo sebagai bahan bakar paling efisien dalam menekan emisi HC.

Emisi Karbon Dioksida (CO₂)

Berbeda dengan CO dan HC, kadar karbon dioksida (CO₂) justru meningkat seiring bertambahnya RPM dan kualitas bahan bakar. Peralite menghasilkan kadar CO₂ terendah (9,75% pada 1000 RPM), sedangkan Pertamina Turbo menghasilkan kadar tertinggi (12,94% pada 1000 RPM hingga 13,80% pada 8000 RPM).

Interpretasi: CO₂ merupakan produk akhir dari pembakaran sempurna. Meningkatnya kadar CO₂ dengan bahan bakar beroktan tinggi menandakan bahwa proses pembakaran berlangsung dengan lebih efisien, sehingga menghasilkan lebih banyak CO₂ dibanding gas beracun lainnya.

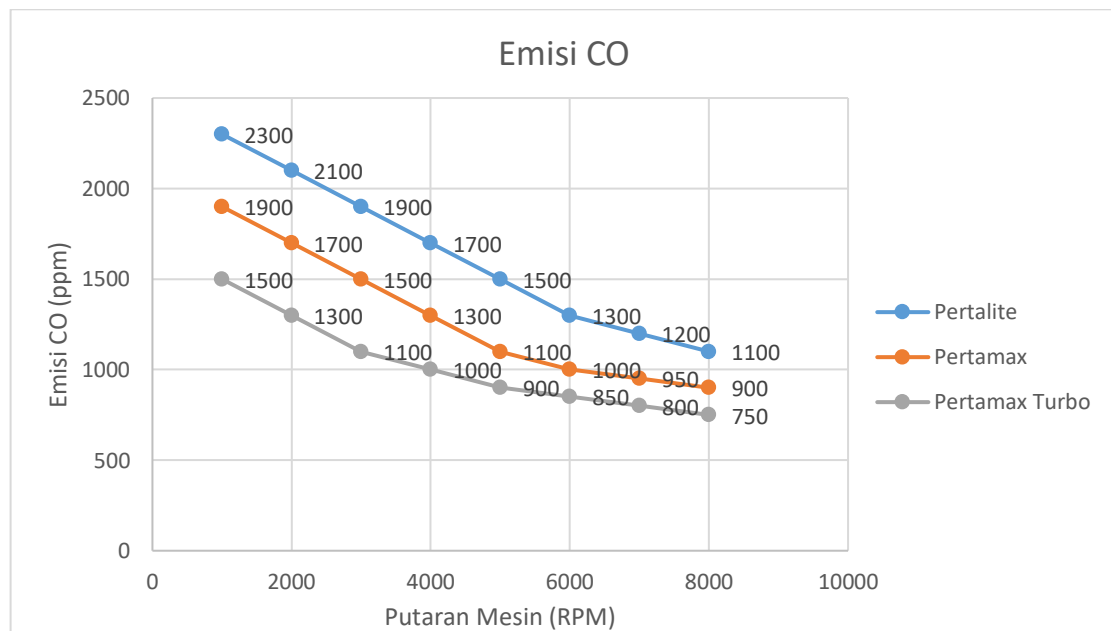
Analisis Perbandingan Bahan Bakar

Secara umum, hasil menunjukkan bahwa:

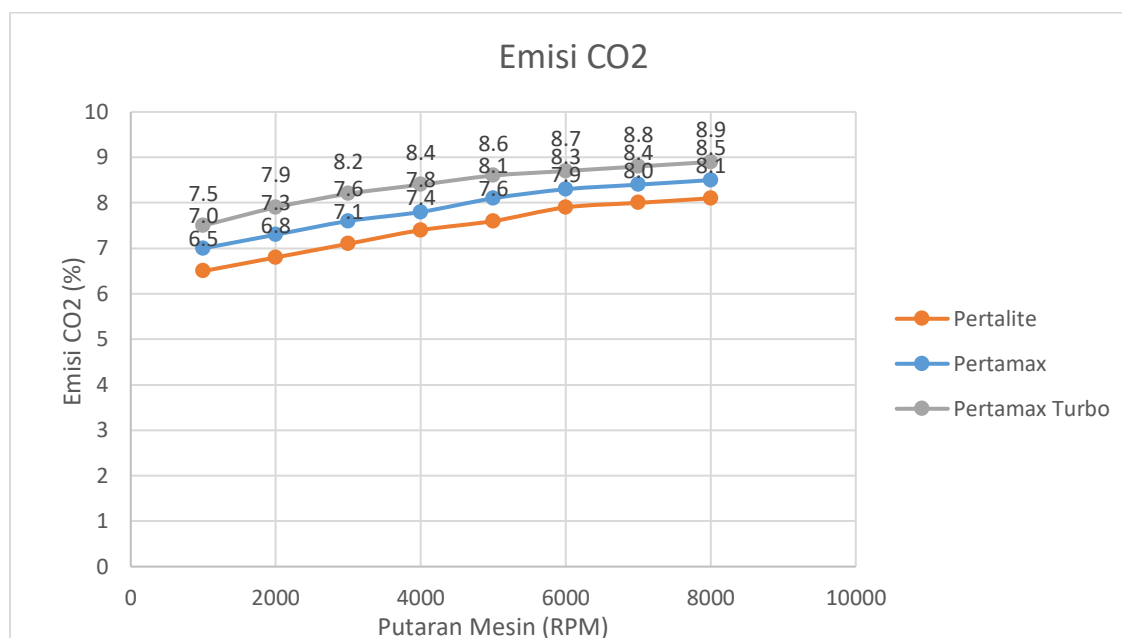
- Peralite (RON 90) memiliki emisi CO dan HC paling tinggi dan CO₂ paling rendah, menandakan pembakaran kurang efisien.
- Pertamina (RON 92) menunjukkan hasil menengah pada semua parameter.
- Pertamina Turbo (RON 98) memiliki emisi CO dan HC terendah serta CO₂ tertinggi, membuktikan bahwa bahan bakar ini paling ramah lingkungan dari sisi efisiensi pembakaran.

Evaluasi Sistem IoT

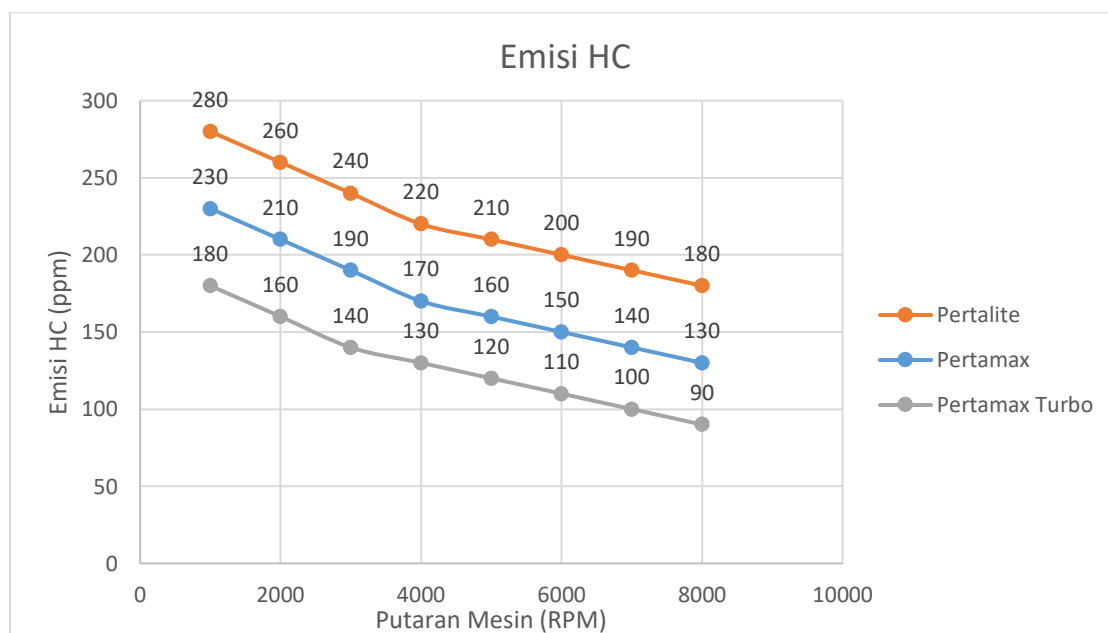
Sistem berhasil mengirimkan data secara real-time ke Firebase dan Telegram tanpa keterlambatan signifikan. Akurasi sensor mencapai >96% terhadap alat standar. Hal ini membuktikan bahwa sistem monitoring IoT dengan ESP32 dan sensor MQ layak digunakan untuk aplikasi lingkungan dan otomotif (Ferreira et al., 2018).



Gambar 2 Grafik Emisi CO (ppm) terhadap RPM



Gambar 3 Grafik Emisi CO₂ (%) terhadap RPM



Gambar 4 Grafik Emisi HC (ppm) terhadap RPM

KESIMPULAN

1. Penggunaan bahan bakar dengan nilai oktan lebih tinggi (Pertamax Turbo) terbukti menghasilkan emisi karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) yang lebih rendah serta karbon dioksida (CO₂) yang lebih tinggi, menandakan pembakaran yang lebih sempurna dan ramah lingkungan.

2. Sensor MQ-7, MQ-2, dan MQ-135 yang dikalibrasi dengan gas analyzer menunjukkan tingkat akurasi di atas 96%, sehingga layak digunakan untuk pemantauan emisi kendaraan bermotor.
3. Sistem monitoring berbasis IoT menggunakan ESP32, Firebase, dan Telegram berhasil menjalankan fungsi pemantauan emisi secara real-time, efisien, dan mudah diakses.

Saran

1. Disarankan menggunakan bahan bakar beroktan tinggi seperti Pertamina Turbo untuk mengurangi emisi berbahaya dari kendaraan bermotor.
2. Sistem IoT ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan sensor NOx atau suhu knalpot untuk analisis emisi yang lebih komprehensif.
3. Diperlukan uji coba pada berbagai jenis kendaraan dan kondisi jalan untuk validasi lebih lanjut dalam skala implementasi luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anwar, S., Aziz, A., & Fajar, P. (2024). *Analisa emisi gas buang pada mesin 4 langkah 125 cc FI dengan menggunakan variasi campuran bahan bakar biofuel dan pertamax terhadap lingkungan*. Jurnal Baut dan Manufaktur, 6(1), 45–53.
- [2] Mahmud, R., & Sungkono, D. (2020). *Komparasi penggunaan bahan bakar premium dengan bahan bakar LPG sistem manifold injeksi terhadap kadar emisi gas buang sepeda motor 4 langkah*. Jurnal Teknik Mesin, 8(2), 23–30.
- [3] Dokumen Emisi Gas. (2023). *Emisi gas kendaraan merupakan sumber utama pencemaran udara khususnya di perkotaan* [Naskah tidak diterbitkan].
- [4] Dorsemaine, B., Gaulier, J. P., Wary, J. P., Kheir, N., & Urien, P. (2015). Internet of Things: A Definition & Taxonomy. *2015 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies*, 72–77. <https://doi.org/10.1109/NGMAST.2015.71>
- [5] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- [6] Ferreira, L. L., Nakamura, L. H. V., & Rego, A. (2018). ESP32: A Low-Cost and High-Performance Microcontroller for IoT Applications. *IEEE Latin America Transactions*, 16(12), 3100–3107. <https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8827413>
- [7] Tanuwijaya, H., & Yuliana, S. (2019). Mikrokontroler: Pengantar dan Implementasi. *Jurnal Teknologi Elektro*, 11(1), 1–10.
- [8] Han, D., Zhen, D., Li, W., & Gao, L. (2015). Design and application of gas detection system based on MQ-7 sensor. *International Journal of Smart Home*, 9(3), 165–172. <https://doi.org/10.14257/ijsh.2015.9.3.18>

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN