

Rancang Bangun Alat Uji Emisi Kendaraan Bermotor Dengan Pengambilan Keputusan *Fuzzy Logic*

Muhammad Arifin¹, M.Afridon²
Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam, Riau, Indonesia

email: rikisakistd4567@gmail.com¹, afridon@polbeng.ac.id²

Intisari - Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia secara signifikan telah menjadi penyumbang utama polusi udara di kawasan perkotaan. Untuk menanggulangi hal ini, uji emisi kendaraan menjadi langkah penting guna mengontrol tingkat pencemaran udara. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat uji emisi kendaraan bermotor yang mampu mendeteksi gas buang seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan nitrogen oksida (NO_x). Sistem ini mengintegrasikan sensor berbasis mikrokontroler ESP32 dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta memanfaatkan metode fuzzy logic untuk mengevaluasi hasil pengukuran emisi. Proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi digunakan untuk menentukan status emisi kendaraan dalam kategori 'Aman', 'Perlu Diperiksa', atau 'Berbahaya'. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini bekerja secara *real-time* dan dapat digunakan secara praktis di lapangan.

Kata Kunci - Uji Emisi, Kendaraan Bermotor, Fuzzy Logic, Sensor Gas, ESP32.

Abstract - The significant increase in the number of motor vehicles in Indonesia has become a major contributor to air pollution in urban areas. To address this, vehicle emission testing is an important step to control air pollution levels. This study aims to design and build a motor vehicle emission testing device capable of detecting exhaust gases such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), hydrocarbons (HC), and nitrogen oxides (NO_x). The system integrates ESP32-based sensors with Wi-Fi and Bluetooth connectivity and utilizes fuzzy logic to evaluate emission measurement results. The fuzzification, inference, and defuzzification processes are applied to determine the vehicle emission status in the categories 'Safe', 'Needs Inspection', or 'Dangerous'. The test results show that this system works in *real-time* and can be used practically in the field.

Keywords - Emission Test, Motor Vehicles, Fuzzy Logic, Gas Sensors, ESP32, IoT.

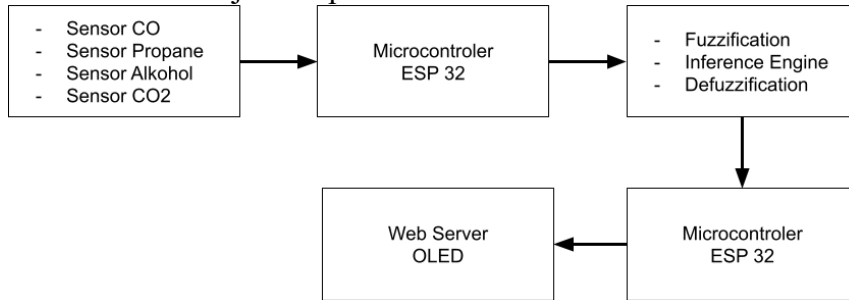
I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor secara signifikan di Indonesia, seperti yang ditunjukkan dalam data pertumbuhan dari 84 juta unit pada 2011 menjadi 104 juta unit pada 2013, telah menjadi salah satu faktor utama penyumbang pencemaran udara. Hal ini erat kaitannya dengan urbanisasi yang pesat di wilayah perkotaan, di mana kebutuhan akan transportasi pribadi semakin meningkat. Selain itu, kebijakan transportasi yang kurang efektif dalam mendorong penggunaan angkutan umum massal juga berkontribusi pada melonjaknya jumlah kendaraan bermotor, sehingga meningkatkan tingkat emisi yang mencemari udara.

Polutan utama yang dihasilkan meliputi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan nitrogen oksida (NO_x). Karbon monoksida (CO) dapat mengganggu fungsi darah dalam mengangkut oksigen, menyebabkan gangguan pernapasan, dan pada tingkat tinggi dapat berakibat fatal. Karbon dioksida (CO₂), meskipun tidak beracun langsung, berkontribusi terhadap pemanasan global. Hidrokarbon (HC) berperan dalam pembentukan ozon troposfer yang berbahaya bagi sistem pernapasan manusia. Sementara itu, nitrogen oksida (NO_x) dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, meningkatkan risiko asma, dan berkontribusi pada hujan asam yang merusak ekosistem. Polusi udara tidak hanya berdampak pada kesehatan manusia tetapi juga lingkungan secara keseluruhan.

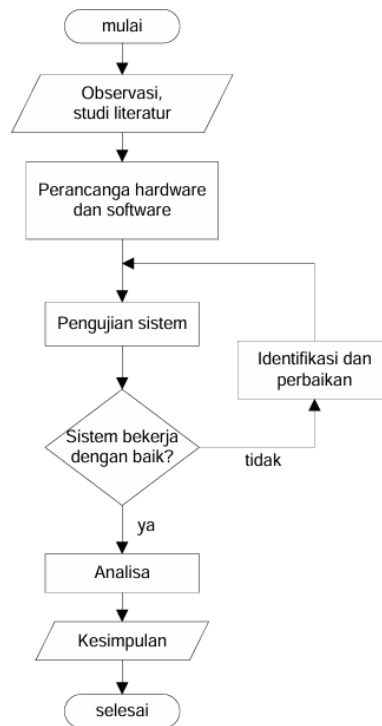
II. METODE

Alat uji emisi kendaraan bermotor menggunakan 4 sensor gas diantaranya sensor karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan nitrogen oksida (NO_x) yang akan di proses oleh ESP32 menggunakan fuzzy logic sebelum di munculkan pada web server dan OLED Screen. hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem.

Gambar 1 menunjukkan proses Alat Uji emisi untuk membaca hasil sensor, mulai dengan pembacaan kualitas udara di sekitarnya dan mengirimkan hasil pembacaan sensor yang di kirimkan pada microcontroler ESP32, dan di proses dengan fuzzifikasi dan dimunculkan pada web server dan OLED Screen.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Adapun tahapan penelitian diawali dengan identifikasi masalah dengan mempelajari persoalan yang ada serta mengumpulkan data-data yang terkait dengan metode observasi lapangan dan melakukan studi literatur. Kemudian perancangan hardware dilakukan dengan memilih komponen yang tepat untuk diterapkan pada alat. Tahap berikutnya adalah pengujian pada masing-masing blok serta keseluruhan alat sehingga mencapai hasil yang diinginkan. Selanjutnya melakukan analisa terhadap kemampuan motor jika diberi beban yang bervariasi,

serta efisiensi penggunaan alat. Terakhir pengambilan kesimpulan. Secara umum hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah alat dibuat dilakukan pengujian dimasing-masing bagian dengan tujuan melihat kinerja dari tiap blok, serta pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui performa alat yang telah dibuat. Hasil rancangan yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Prototipe alat uji emisi (a). Tampak luar (b). Tampak dalam

A. Pengujian ADC potensiometer ke output Sensor Emisi

Pengujian ini bertujuan untuk membaca dan mensimulasikan output ADC dari potensio setara dengan Output sebenarnya dari Sensor Emisi.

TABEL 1. PENGUJIAN ADC POTENSIO METER KE OUTPUT SENSOR EMISI

No.	Rotasi Potensio	ADC Value (0-4095)	MQ135 (0-2000)	MQ2 (0-150)	MQ7 (0-100)	MQ9 (0-150)
1	0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	25%	1026.5	501.3	37.6	25.1	37.6
3	50%	2052.7	1002.5	75.2	50.1	75.2
4	75%	3065.1	1497.0	112.3	74.8	112.3
5	100%	4086.8	1996.0	149.7	99.8	149.7

B. Pengujian ADC potensiometer ke output Sensor Emisi

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis output hasil emisi yang di simulasikan dan di proses melalui fuzzy logic.

TABEL 2. PENGUJIAN MQ125

No.	PPM MQ135	μ Aman	μ Waspada	μ Bahaya	Status
1	0.0	1.00	0.00	0.00	Aman
2	501.3	0.00	0.33	0.00	Waspada
3	1002.5	0.00	0.00	0.09	Bahaya
4	1497.0	0.00	0.00	0.66	Bahaya
5	1996.0	0.00	0.00	0.99	Bahaya

MQ-135 adalah sensor yang memiliki rentang fuzzy di angka 0–350 ppm untuk Aman, 300–1000 ppm untuk Waspada, 900–2000 ppm untuk Bahaya. Pada hasil pembacaan di temukan ppm 501.3 masuk ke dalam ranah waspada, dimana angka tersebut masih jauh dari jarak bahaya.

TABEL 3. PENGUJIAN MQ2 (GAS HC)

No.	PPM MQ2	μ Aman	μ Waspada	μ Bahaya	Status
1	0.0	1.00	0.00	0.00	Aman
2	37.6	0.06	0.25	0.00	Waspada
3	75.2	0.00	0.49	0.07	Waspada
4	112.3	0.00	0.00	0.46	Bahaya
5	149.7	0.00	0.00	0.99	Bahaya

MQ-2 adalah sensor yang memiliki rentang fuzzy di angka 0–40 ppm untuk Aman, 30–90 ppm untuk Waspada, 80–150 ppm untuk Bahaya. Pada hasil pembacaan di temukan ppm 37.6 masuk ke dalam ranah waspada, dimana hasil pembacaannya berada pada (aman = 0.06. dan Waspada = 0.25) dimana Waspada lebih besar daripada aman.

TABEL 4. PENGUJIAN MQ7

No.	PPM MQ7	μ Aman	μ Waspada	μ Bahaya	Status
1	0.0	1.00	0.00	0.00	Aman
2	25.1	0.00	0.67	0.00	Waspada
3	50.1	0.00	0.00	0.02	Waspada
4	74.8	0.00	0.00	0.54	Bahaya
5	99.8	0.00	0.00	0.99	Bahaya

MQ-7 adalah sensor yang memiliki rentang fuzzy di angka 0–20 ppm untuk Aman, 15–50 ppm untuk Waspada, 45–100 ppm untuk Bahaya. dimana menjadi sensor dengan angka PPM terendah dan toleransi yang kecil. Pada hasil pembacaan di temukan ppm 50.1 termasuk dalam wilayah bahaya maupun pembacaan fuzzy berada pada (waspada = 0.00, dan Bahaya = 0.06).

TABEL 5. PENGUJIAN MQ9

No.	PPM MQ9	μ Aman	μ Waspada	μ Bahaya	Status
1	0.0	1.00	0.00	0.00	Aman
2	37.6	0.06	0.67	0.00	Waspada
3	75.2	0.00	0.59	0.15	Waspada
4	112.3	0.00	0.00	0.41	Bahaya
5	149.7	0.00	0.00	0.99	Bahaya

MQ-9 adalah sensor yang memiliki rentang fuzzy di angka 0–30 ppm untuk Aman, 25–90 ppm untuk Waspada, 85–150 ppm untuk Bahaya. Pada hasil pembacaan di temukan sensor ini mulai waspada pada angka ppm 37.6. sensor ini memiliki zona transisi yang relatif lebar, sehingga dapat menoleransi fluktuasi ringan tanpa masuk pada bahaya.

IV. KESIMPULAN

Sistem uji emisi kendaraan berbasis fuzzy logic yang dirancang berhasil berfungsi sesuai tujuan. Sistem ini mampu memberikan keputusan yang akurat dan mudah dipahami pengguna, mendukung pengawasan kualitas udara, serta dapat dikembangkan lebih lanjut dengan sensor yang lebih akurat.

REFERENSI

- [1]. Ismiyati, Devi Marlita, Deslida Saidah. "Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor." *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, Vol. 01 No. 03, 2014.
- [2]. Silvy Amelia, Warsino. "Penerapan Logika *Fuzzy* Inference System Mamdani untuk Menentukan Kondisi Lingkungan." *Jurnal Gaung Informatika*, Vol. 12 No. 1, 2019.
- [3]. Kusumadewi, Sri. "Neuro *Fuzzy*: Integrasi Sistem *Fuzzy* dan Jaringan Syaraf." *Graha Ilmu*, 2010.
- [4]. Efendi, Y. (2018) "Rancangan Aplikasi Game Edukasi Berbasis *Mobile* Menggunakan App Inventor," *Jurnal Intra Tech*, 2(1), hal. 39–48.
- [5]. Mulyati, S. dan Sumardi (2018) "Internet Of Things (IoT) Pada Prototipe Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis MQ-2 dan SIM800L," *Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 7(2), hal. 64–72.
- [6]. Zulkarnain, A., & Arimurti, B. R. (2022). Implementasi Pemantauan Kualitas Udara dengan Menggunakan MQ-7 dan MQ-131 Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 8(2), 56-65.
- [7]. Zulfahridar, C. (2021). Implementasi Modul Sensor MQ2 Untuk Mendeteksi Adanya Polutan Gas di Udara. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 5(4), 34-42.
- [8]. Zulkarnain, A., & Zulfahridar, C. (2023). Sistem Monitoring Kesehatan Udara menggunakan Sensor MQ7 dan MQ135 terhadap Berbagai Gas Berbahaya pada Mobil. *Jurnal Sistem dan Informatika*, 10(1), 78-85.