PROTOTIPE ALAT UJI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

S K R I P S I

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana

Disusun Oleh:

Nama : AKBAR SYAWALUDIN

NIM : 092022090200

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA

2026

PROTOTIPE ALAT UJI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

Disusun Oleh:

Nama : Akbar Syawaludin

NIM : 092022090200

PRODI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA

2025/2026

Depok

Menyetujui Pembimbing 1,

Ir. Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T., I.P.U.

NIP. S092012120050

Dipindai dengan CamScanner

PROTOTIPE ALAT UJI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

Disusun Oleh:

Nama : Akbar Syawaludin

NIM : 092022090200

PRODI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA

2025/2026

Depok

Menyetujui Pembimbing 2,

Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng

NIP. S09202008000

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 07 Agustus 2024

Penulis,



Akbar Syawaludin

092022090200

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh

Nama	:	Akbar Syawaludin
NIM	:	092022090200
Program Studi	:	Teknik Elektro
Judul Skripsi	:	PROTOTIPE ALAT UJI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Ir. Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T., I.P.U. ( )

Pembimbing 2 : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng ( )

Ditetapkan di : Depok

Tangal : 7 Agustus 2026

MENGETAHUI

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc. Eng

NIP. S09202008000

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh

Nama	:	Akbar Syawaludin
NIM	:	092022090200
Program Studi	:	Teknik Elektro
Judul Skripsi	:	PROTOTIPE ALAT UJI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Sinka Wilyanti, ST., MT ( )

Penguji 2 : Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng ( )

Penguji 3 : Arisa Olivia Putri,S.S.T., MIT ( )

Ditetapkan di : Depok

Tangal : 7 Agustus 2026

MENGETAHUI

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc. Eng

NIP. S092020080004

Dipindai dengan CamScanner

FM/JGU/L.064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1 Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SIDANG SKRIPSI

Nama Mahasiswa : AKBAR SYAWALUDIN

NIM : 092022090200

Prodi : S1 - Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Prototipe Alat Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler Dengan Metode Fuzzy Logic**

Dosen Penguji I : Sinka Wilyanti, S.T., M.T.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1.	penulisan abstrak max 250 kata Revisi Daftar gambar, Daftar isi, Daftar Tabel, Referensi	sudah dilakukan pada draft	27/7/26
2.	penulisan halaman jika ada Bab diletakkan dibawah, margin sesuaikan dengan Template	sudah dilakukan pada draft	27/7/26
3.	Cek Tabel 2.4 pada uraian, Tabel 2.5, gambar 2.1 ? penulisan sitasi hal 12 ?	sudah dilakukan pada draft	27/7/26
4.	Hal 13 Tabel 2.3 Cek uraian apakah sesuai ? Bab V → penutup	sudah dilakukan pada draft	27/7/26
5.	Bab, Sub bab penulisannya menjet, Rumus Revisi semua pakai formula rumus baiknya	sudah dilakukan pada draft	27/7/26
6.	gambar 4.11 perbaiki tdk terlihat; Tabel 4.8 tdk ada	sudah dilakukan pada draft	27/7/26

Depok, 7 Agustus 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Brainvendra W P)

NIP 509 202008 0009

Grand Depok City, Jl. Boulevard Raya No. 2, Kota Depok, 16412, Jawa Barat, Indonesia

www.jgu.ac.id Phone: +62 21 8461 155 / +62 878 8000 1472

Dipindai dengan CamScanner

Dipindai dengan CamScanner

FM/JGU/L.064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1 Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : AKBAR SYAWALUDIN

NIM : 092022090200

Prodi : S1 - Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Prototipe Alat Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler Dengan Metode Fuzzy Logic**

Dosen Penguji II : Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1.	Pengisian abstrak dan data terbaru.	Sudah dilakukan di draft terbaru	
2.	Proses validasi diperlukan yg ground truth.	Tidak bisa dilakukan karena hanya menggunakan tempat pengujian	
3.	Cek beberapa catatan pada buku skripsi.	Sudah dilakukan di draft terbaru	
4	Pada yg ditampilkan perlu dicek & diambil ulang.	Tidak bisa dilakukan karena kendala yg sama	
5.	Penyesuaian kesimpulan & Daftar pus.	Sudah dilakukan di draft terbaru	

Depok, 7 Agustus 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Brain Vondra W D)

NIP. 509202008004

Dipindai dengan CamScanner
Dipindai dengan CamScanner

FM/JGU/L.064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1 Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : AKBAR SYAWALUDIN

NIM : 092022090200

Prodi : S1 - Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Prototipe Alat Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berbasis Mikrokontroler Dengan Metode Fuzzy Logic**

Dosen Penguji III : Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1.	Latar belakang belum merepresentasikan urgensi → minim reference.	sudah dilakukan didraft	
2	penelitian terkait sebaiknya lebih kuantitatif.	sudah dilakukan di draft	
3.	ada ketidak sesuaian data di bab 4 dengan kesimpulan.	sudah dilakukan didraft	
4.	pengujian sesuai standar SNI/ ISO perlu dilakukan.	dosesuaikan sayan draft	

Depok, 7 Agustus 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Brainvendra W D)

NIP. 109202008 3004

Dipindai dengan CamScanner
Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN BIMBINGAN

FM/UGJ/L.053

Form B2 – Lembar Konsultasi Skripsi	Revisi ke: 3
	Tanggal revisi: 01 Oktober 2024

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama mahasiswa : Akbar Syawaludin

NIM 092022090200

Judul : PROTOTIPE ALAT UJI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

Dosen Pembimbing I : Mauludi Manfaluthy, ST.MT

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan yang Dilakukan	Paraf Dosen
1	16/02/2026	Konsultasi Codingan	
2	17/03/2026	Konsultasi Alat	
3	13/04/2026	Konsultasi Sensor	
4	11/05/2026	Konsultasi Skripsi Terdahulu	
5	01/06/2026	Konsultasi Bab 4	
6	15/06/2026	Konsultasi Bab 5	
7			
8			

Grand Depok City, Jl. Boulevard Raya No. 2, Kota Depok, 16412, Jawa Barat, Indonesia
www.jgu.ac.id Phone: +62 21 8461 155 / +62 878 8000 1472

Dipindai dengan CamScanner

Depok, 9 Juli 2026
Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Elektro

(Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng)
NIK. 0415119601

Dipindai dengan CamScanner

FM/UGJ/L.053

Form B2 – Lembar Konsultasi Skripsi	Revisi ke: 3
	Tanggal revisi: 01 Oktober 2024

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama mahasiswa : Akbar Syawaludin

NIM 092022090200

Judul : PROTOTIPE ALAT UJI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

Dosen Pembimbing II : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan yang Dilakukan	Paraf Dosen
1	16/02/2026	Konsultasi Codingan	
2	17/03/2026	Konsultasi Alat	
3	13/04/2026	Konsultasi Sensor	
4	11/05/2026	Konsultasi Skripsi Terdahulu	
5	01/06/2026	Konsultasi Bab 4	
6	15/06/2026	Konsultasi Bab 5	
7			
8			

Dipindai dengan CamScanner

Depok, 9 Juli 2026
Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Elektro

(Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng)
NIK. 0415119601

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik sesuai waktu yang ditentukan. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jakarta Global University.

Dalam proses penyusunan proposal ini, berbagai pihak telah memberikan dukungan dan bantuan yang sangat berarti. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1) Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Kampus Universitas Global Jakarta dan selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan laporan ini.
2) Mauludi Manfaluthy ST., MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan laporan ini.
3) Devan Junesco Vresdian, S.ST., M.Sc.Eng selaku Dosen Pembimbing II saat proposal yang telah memberikan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan laporan ini.
4) Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
5) Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Global Jakarta, yang telah memberikan bantuan dalam penulisan laporan ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu, Semoga Laporan ini membawa manfaat bagi pengembang ilmu pengetahuan.

Depok,..... 2026

Penulis

Akbar Syawaludin

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Akbar Syawaludin
NIM	: 092022090200
Program Studi	: Teknik Elektro
Jenis Karya Ilmiah	: Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right)* atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"PROTOTIPE ALAT UJI EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*"

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 07 Agustus 2026

Yang menyatakan,



Akbar Syawaludin

v

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe alat uji emisi gas buang kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler ESP32 menggunakan sensor MQ-7 untuk mendeteksi karbon monoksida (CO), sensor MQ-2 untuk mendeteksi hidrokarbon (HC), serta metode Fuzzy Logic Mamdani sebagai sistem klasifikasi emisi. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan *Engineering Design Process* (EDP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe mampu mengukur konsentrasi gas CO dan HC secara *real-time* serta mengklasifikasikan kondisi emisi kendaraan secara otomatis. Hasil kalibrasi sensor menunjukkan rata-rata persentase kesalahan sebesar **3,7%** pada sensor MQ-7 dan **1,88%** pada sensor MQ-2 terhadap data referensi *datasheet*. Pengujian pada tujuh kendaraan bermotor roda dua berbahan bakar bensin tahun produksi 2010–2016 menunjukkan bahwa hasil klasifikasi Fuzzy Logic Mamdani pada prototipe memiliki kesesuaian dengan hasil simulasi MATLAB Fuzzy Logic Toolbox dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar **2,80%**, serta seluruh kendaraan yang diuji menghasilkan status klasifikasi yang sama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa implementasi algoritma Fuzzy Logic Mamdani pada mikrokontroler ESP32 mampu mengolah data hasil pembacaan sensor dan menghasilkan keputusan klasifikasi emisi secara konsisten sesuai dengan aturan fuzzy yang telah dirancang.

Kata kunci: uji emisi, ESP32, MQ-7, MQ-2, Fuzzy Logic Mamdani.

ABSTRACT

This study aimed to design and develop a microcontroller-based vehicle exhaust emission testing prototype using an ESP32, an MQ-7 sensor for detecting carbon monoxide (CO), an MQ-2 sensor for detecting hydrocarbons (HC), and the Mamdani Fuzzy Logic method for emission classification. The research employed the *Research and Development* (R&D) method with the *Engineering Design Process* (EDP) approach. The results showed that the developed prototype was capable of measuring CO and HC concentrations in real time and automatically classifying vehicle emission conditions. Sensor calibration results indicated an average percentage error of **3,7%** for the MQ-7 sensor and **1,88%** for the MQ-2 sensor compared with the datasheet reference values. Performance evaluation was conducted on seven gasoline-powered motorcycles manufactured between 2010 and 2016. The classification results produced by the prototype showed good agreement with the MATLAB Fuzzy Logic Toolbox simulation, with an average percentage error of **2.80%**, while all tested vehicles produced identical classification statuses. These results demonstrate that the implementation of the Mamdani Fuzzy Logic algorithm on the ESP32 microcontroller is capable of processing sensor data and providing consistent vehicle emission classifications based on the predefined fuzzy rules.

Keywords: exhaust emission testing, ESP32, MQ-7, MQ-2, Mamdani Fuzzy Logic.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL 2
PERNYATAAN ORISINALITAS i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI iii
HALAMAN REVISI PEGUJI iv
HALAMAN BIMBINGAN vii
KATA PENGANTAR xi
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS xii
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xiv
DAFTAR ISI xv
DAFTAR GAMBAR xviii
DAFTAR TABEL xix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Landasan Teori 5
2.1.1 Pedoman Uji Emisi Kendaraan 5
2.1.2 Konsep Dasar Fuzzy Logic 6
2.1.3 Struktur Sistem Fuzzy Mamdani 7

2.1.4 Pengertian Karbon Monoksida (CO) 8
2.1.5 Pengertian Hidrokarbon (HC) 8
2.1.6 Pengertian PPM (Part Per Million) 8
2.1.7 Sensor Gas Dalam Uji Emisi 9
2.1.8 Mikrokontroler dalam Sistem Uji Emisi 13
2.1.9 Pengertian Prototype 15
2.2 Penelitian Terdahulu 16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 20
3.1 Metode Penelitian 20
3.2 Diagram Alir Penelitian 22
3.3 Lokasi Dan Objek Penelitian 25
3.3.1 Lokasi Penelitian 25
3.3.2 Objek Penelitian 25
3.4 Perancangan Sistem 25
3.4.1 Alat Dan Bahan 26
3.4.2 Blok Diagram 28
3.4.3 Wiring Diagram 29
3.4.4 Desain Alat 30
3.4.5 Diagram Alir Alat 32
3.5 Metode Pengumpulan Data 35
3.5.1 Validasi dan Kalibrasi Sensor MQ-2 dan MQ-7 35
3.5.2 Implementasi Fuzzy Logic 37
3.6 Metode Analisis Data 41
3.6.1 Jenis dan Sumber Data 42
3.6.2 Tahapan Pengolahan dan Analisis Data 42
3.6.3 Pengambilan Data Sensor 43

3.6.4 Klasifikasi Fuzzy 44
BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN 45
4.1 Perancangan Sistem Alat Uji Emisi Kendaraan 45
4.1.1 Perancangan Sistem Fuzzy Logic Di Matlab 45
4.1.2 Perancangan Alat Uji Emisi Kendaraan 50
4.2 Karakteristik Hasil Kalibrasi Sensor MQ-7 dan MQ-2 53
4.2.1 Pengujian dan Kalibrasi Sensor MQ-7 Dan MQ-2 54
4.3 Hasil Pengujian Prototype Alat Uji Emisi 59
4.3.1 Hasil Pembacaan Sensor MQ-7 60
4.3.2 Hasil Pembacaan Sensor MQ-2 62
4.3.3 Hasil Klasifikasi Menggunakan Fuzzy Logic Mamdani 64
BAB V PENUTUP 68
5.1 Kesimpulan 68
5.2 Saran 69
DAFTAR PUSTAKA 70
LAMPIRAN 73
Lampiran 1. Data Skripsi 73
Lampiran 2. Form Revisi Penguji ..... **Error! Bookmark not defined.**
Lampiran 3. Form A,B,C,D,E Dan J ..... **Error! Bookmark not defined.**
Lampiran 4. Surat Tugas Pembimbing ..... **Error! Bookmark not defined.**
Lampiran 5. Surat Rekomendasi Pembimbing Akademik **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor MQ7 10
Gambar 2. 2 Sensor MQ2 11
Gambar 2. 3 ESP32 14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 22
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem 28
Gambar 3. 3 Wiring Diagram Alat 29
Gambar 3. 4 Desain 3D Alat 30
Gambar 3. 5 Flowchart Sistem 32
Gambar 3. 6 Flowchart Fuzzy Logic 33
Gambar 4. 1 Tampilan Pembuatan Fuzzy Logic 46
Gambar 4. 2 *Member Function* CO 46
Gambar 4. 3 Member Function HC 47
Gambar 4. 4 Membership Function Output 48
Gambar 4. 5 Penentuan Rule Base Fuzzy 49
Gambar 4. 6 Perangkaian ESP32 Dan Sensor MQ-7 Dan MQ2 51
Gambar 4. 7 Perangkaian Wiring Dan Komponen Pada Casing 51
Gambar 4. 8 Tabung Penampung Gas Dan Pembacaan Sensor 52
Gambar 4. 9 Pengujian Awal Alat Uji Emisi 53
Gambar 4. 10 Digitasi Datasheet Sensor MQ-7 55
Gambar 4. 11 Hasil Pada Serial Monitor 55
Gambar 4. 12 Digitasi Datasheet Sensor MQ-2 56
Gambar 4. 13 Hasil Pengujian Pada Kendaraan Bermotor 61
Gambar 4. 14 Pengambilan Data Pada Kendaraan Bermotor 63
Gambar 4. 15 Hasil Simulasi Fuzzy Di Matlab 67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Emisi Kendaraan Kategori M,N, dan O 5
Tabel 2. 2 Baku Mutu Emisi Kendaraan Kategori L..... 6
Tabel 2. 3 Datasheet Sensor MQ7..... 10
Tabel 2. 4 Datasheet Sensor MQ2..... 12
Tabel 2. 5 Spesifikasi ESP 32..... 14
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu..... 16
Tabel 3. 1 Komponen Hardware…….26
Tabel 3. 2 Komponen Software..... 27
Tabel 3. 3 Himpunan Fuzzy 38
Tabel 3. 4 Rule Base Fuzzy..... 41
Tabel 3. 5 Data Hasil Pengujian Sensor MQ-7 43
Tabel 3. 6 Data Hasil Pengujian Sensor MQ-2 43
Tabel 3. 7 Hasil Klasifikasi Fuzzy Logic 44
Tabel 4. 1 Hasil Kalibrasi MQ-2 58
Tabel 4. 2 Hasil Kalibrasi MQ-7 58
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor MQ-7 pada Kendaraan Bermotor..... 60
Tabel 4. 4 Konversi Nilai CO dari ppm ke Persen..... 62
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor MQ-2 pada Kendaraan Bermotor..... 63
Tabel 4. 6 Hasil Klasifikasi Fuzzy Logic Pada Pototipe..... 64
Tabel 4. 7 Hasil Klasifikasi Fuzzy Logic Pada Matlab..... 66

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di kota-kota besar Indonesia menyebabkan peningkatan kontribusi sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan seperti DKI Jakarta(Pora et al., 2025). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik DKI Jakarta pertumbuhan kendaraan bermotor di Jakarta rata-rata 7,7% per tahun dalam 3 tahun terakhir. Pada tahun 2024, total kendaraan mencapai 9.167.512 unit dengan sepeda motor mendominasi jumlah kendaraan(BPS DKI Jakarta, 2024).

Dengan bertambahnya jumlah kendaraan di Jakarta setiap tahunya menununjukan adanya kolerasi positif antara pertumbuhan kendaraan pribadi, terutama sepeda motor, dengan peningkatan polusi udara di Jakarta. Data menunjukkan tren peningkatan emisi yang sejalan dengan bertambahnya volume kendaraan(Muhammad Reza Akbar & Muhammad Ihsan Akbar, 2022), Ditambah dengan adanya peraturan dari Kementrian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan No 8 Tahun 2023 yang mengatur tentang penerapan baku mutu emisi kendaraan bermotor kategori M, kategori N, kategori O, dan kategori L, yang dimana bahwa pengoperasian kendaraan bermotor berpotensi menimbulkan pencemaran udara sehingga perlu dikendalikan melalui sinergi penerapan instrumen baku mutu emisi(Men-LHK, 2023).

Meskipun berbagai alat uji emisi telah dikembangkan, sebagian besar sistem berbasis sensor gas sederhana masih menggunakan metode pembacaan dan penentuan status emisi berdasarkan ambang batas tetap *(threshold)*. Pendekatan ini memiliki keterbatasan karena sensor gas tipe MQ, seperti MQ-7 dan MQ-2, memiliki karakteristik respons yang dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, serta konsentrasi gas lain di sekitarnya, sehingga menghasilkan fluktuasi nilai pembacaan(Abdullah et al., 2022).

Meskipun berbagai penelitian telah berhasil mengembangkan sistem monitoring emisi kendaraan berbasis mikrokontroler, sebagian besar masih berfokus pada proses pengukuran, pemantauan, dan penyajian data hasil pembacaan sensor secara *real-time*. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Kadir dan

Amalia (2024) mengembangkan sistem deteksi emisi berbasis ESP32 yang mampu mengukur konsentrasi gas CO, HC, dan CO_2 serta mengirimkan hasil pengukuran ke platform Blynk dan Firebase untuk keperluan monitoring. Namun, sistem tersebut belum mengimplementasikan mekanisme pengambilan keputusan yang mampu menginterpretasikan hasil pengukuran menjadi informasi kondisi emisi kendaraan secara otomatis. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan prototipe alat uji emisi gas buang kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler dengan menerapkan metode *Fuzzy Logic* sebagai algoritma pengolahan data dan pengambilan keputusan. Metode *Fuzzy Logic* dipilih karena mampu menangani ketidakpastian dan variasi data melalui pendekatan derajat keanggotaan, sehingga nilai konsentrasi gas yang diperoleh dari sensor dapat diklasifikasikan secara lebih fleksibel ke dalam kategori layak dan tidak layak. Pendekatan serupa juga didukung oleh penelitian Evaluating the Impact of Membership Functions and Defuzzification Methods in a Fuzzy System: Case of Air Quality Levels, yang menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic* mampu mengubah data pengukuran menjadi informasi kualitas udara yang lebih mudah diinterpretasikan melalui proses inferensi dan defuzzifikasi. Dengan demikian, penerapan *Fuzzy Logic* pada penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas klasifikasi hasil pengujian serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem monitoring emisi berbasis mikrokontroler yang lebih cerdas dan informatif (Kadir & Amalia, 2024; Alharbi et al., 2025).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang prototipe alat uji emisi gas buang kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler dengan sensor MQ2 dan MQ7 sebagai sensor pendeteksi emisi?
2. Bagaimana karakteristik hasil deteksi sensor pada alat uji emisi prototype terhadap parameter emisi utama (CO, HC) dibandingkan dengan karakteristik pembacaan sensor dengan kurva sensitivitas dan rentang pengukuran yang tercantum pada datasheet sensor?
3. Bagaimana kinerja metode *Fuzzy Logic* sebagai sistem pengolahan data dan pengambilan keputusan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membangun prototype alat uji emisi gas buang kendaraan bermotor roda dua dengan implementasi *Fuzzy Loguc* yang berbasis mikrokontroler.
2. Menganalisis karakteristik hasil deteksi sensor pada alat uji emisi prototipe terhadap parameter emisi utama berupa karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC), serta membandingkan hasil pengukuran yang diperoleh dengan nilai kalibrasi yang tercantum pada datasheet sensor untuk mengetahui tingkat kesesuaian, kinerja dan kelayakan penggunaan sensor dalam sistem pengujian emisi kendaraan.
3. Mengimplementasikan metode Fuzzy Logic untuk mengolah data hasil pembacaan sensor gas CO dan HC sehingga diperoleh klasifikasi kondisi emisi yang lebih adaptif.

1.4 Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengolahan data berbasis Fuzzy Logic pada aplikasi monitoring emisi gas buang kendaraan bermotor, khususnya pada sistem berbasis mikrokontroler.

b. Manfaat Praktis

1. Menghasilkan prototipe alat uji emisi yang lebih adaptif dalam mengklasifikasikan kondisi emisi kendaraan.
2. Memberikan alternatif sistem klasifikasi emisi berbasis algoritma komputasi sederhana yang dapat diterapkan pada perangkat mikrokontroler.
3. Mendukung pengembangan teknologi monitoring emisi yang lebih terjangkau dan mudah diimplementasikan.

1.5 Batasan Penelitian

1. Sistem difokuskan pada pengujian emisi kendaraan bermotor roda dua berbahan bakar bensin.

2. Parameter gas yang diukur adalah karbon monoksida (CO) menggunakan sensor MQ-7 dan hidrokarbon (HC) menggunakan sensor MQ-2.
3. Sistem tidak membahas pengujian emisi sesuai standar kalibrasi laboratorium resmi, melainkan sebagai prototipe sistem monitoring dan klasifikasi.
4. Pengujian alat terbatas pada kemampuan deteksi sensor dan pengukuran di lapangan, bukan pengujian laboratorium standar.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, A. N., Kamarudin, K., Kamarudin, L. M., Adom, A. H., Mamduh, S. M., Hadi, Z., Juffry, M., & Bennetts, V. H. (2022). Ambient Temperature And Humidity. *Sensors*, *22*(9), 1–22.

Afridon, M., Syah, K., Marzuarman, Susanto, H., Arifin, M., Syindau Abdillah, M. A., & Ramadhan, M. Z. N. (2025). Implementation Of Fuzzy Logic On Motorcycle Emission Testing Device Using Multi-Gas Sensors. *Inovtek Polbeng - Seri Informatika*, *10*(3), 1772–1781. Https://Doi.Org/10.35314/W1802r28

Bps Dki Jakarta. (2024). *Jakarta Dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statitiska Jakarta.

Damar Sumbaga, D., Shofiah, S., Keselamatan Transportasi Jalan, P., Perintis Kemerdekaan No, J., & Tegal Timur, K. (2023). The Effect Of Blower On Exhaust Gas (Co, Hc, Nox, Smoke) Test Results Based On Microcontroller 1. *Jurnal Teknik*, *12*(02), 17–23. Http://Jurnal.Umt.Ac.Id/Index.Php/Jt/Index

Diaz Blasco, F. J., Viciano-Tudela, S., Parra, L., Ahmad, A., Chaloupková, V., Bados, R., Esteban Pascual, L. S., Mediavilla, I., Sendra, S., & Lloret, J. (2024). Employment Of Mq Gas Sensors For The Classification Of Cistus Ladanifer Essential Oils. *Microchemical Journal*, *206*(May). Https://Doi.Org/10.1016/J.Microc.2024.111585

Easterline, L. M., Putri, A. A. Z. R., Atmaja, P. S., Dewi, A. L., & Prasetyo, A. (2024). Smart Air Monitoring With Iot-Based Mq-2, Mq-7, Mq-8, And Mq-135 Sensors Using Nodemcu Esp32. *Procedia Computer Science*, *245*(C), 815–824. Https://Doi.Org/10.1016/J.Procs.2024.10.308

Elektro, T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Elektro, T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (N.D.). *Studi Literatur : Pengaruh Penggunaan Sensor Gas Terhadap Persentase Nilai Error Karbonmonoksida (*

Co) Dan Hidrokarbon (Hc) Pada Prototipe Vehicle Gas Detector (Vgd) Siti Hardiyan Maharani Nur Kholis. (X).

Gozali, F., & Agustino, L. (2025). Evaluasi Kebijakan Uji Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Dalam Penanggulangan Pencemaran Udara Di Kabupaten Tangerang. *Journal Of Geopolitics And Public Policy*, *3*(1), 25–38. Https://Journal.Epistemikpress.Id/Index.Php/Jogpp/Article/View/424

Gunawan, D., Maulana, A., Alfarizi, S., Mulyawan, A. R., Nurul Ichsan, N. I., & Hasan Basri, H. B. (2025). Implementasi Metode Prototype Dalam Perancangan Presensi Karyawan Berbasis Android Pada Pt Jedi Global Teknologi. *Profitabilitas*, *4*(2), 52–60. Https://Doi.Org/10.31294/Profitabilitas.V4i2.7484

Interaction, D. (2022). *Interaction Design And Prototyping*.

Kadir, S., & Amalia, Z. (2024). Iot-Based Exhaust Gas Emission Detection System For Motorized Vehicle. *International Journal Of Frontier Technology And Engineering*, *3*(1), 19–29. Https://Doi.Org/10.33795/Ijfte.V3i1.5675

Lubis, A. I., & Yetri, M. (2022). *Sistem Kendali Lampu Ruangan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Dan Android Berbasis Mikrokontroler*. *1*, 1–9.

Men-Lhk. (2023). Permen Lhk_8_2023. In *Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan* (Number July).

Muhammad Reza Akbar, & Muhammad Ihsan Akbar. (2022). Analisis Regulasi Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Berdasarkan Pengaruhnya Terhadap Indeks Kualitas Udara Di Dki Jakarta Menggunakan Metode Korelasi Pearson Dan Regresi Linear. *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori Dan Aplikasi Statistika*, *15*(1), 137–146. Https://Doi.Org/10.36456/Jstat.Vol15.No1.A5216

Pora, S., Djen, R. A. M., & Muksin, D. (2025). Air Quality Recovery In Jakarta Province In The Era Of Anies Baswedan: Solutions And Challenges. *Hulondalo Jurnal Ilmu Pemerintahan Dan Ilmu*

Komunikasi, *4*(2), 802–819. Https://Doi.Org/10.59713/Jipik.V4i2.1343

Satria, B., & Alam, H. (2023). Monitoring Air Quality System Based On Smart Device Intelligent. Beni Satria, Et.Al Monitoring Air Quality System Based On Smart Device Intelligent. *Jurnal Ekonomi*, *12*(01), 2023. Http://Ejournal.Seaninstitute.Or.Id/Index.Php/Ekonomi

Suryadi, K., & Fazzry, B. (2023). Detection And Analysis Of Co, Co2 Exhaust Emissions In Two-Wheeled Motorized Vehicles. *Protek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, *10*(3), 132–136. Https://Doi.Org/10.33387/Protk.V10i3.4497

Syafrizal, M., Despa, D., Widyawati, R., & Yoga, A. (2023). Analisis Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Menggunakan Standar Euro 2 Dan Euro 4: Studi Kasus Ada Pengujian Tipe/Type Approval Di Indonesia. *Seminar Nasional Insinyur Profesional (Snip)*, *3*(1), 2–5. Https://Doi.Org/10.23960/Snip.V3i1.378

Widagda, M. E. P. (2012). *Studi Kasus Alat Uji Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (Co) Pada Mobil Berbahan Bakar Bensin Dan Mobil Berbahan Bakar Solar*. 1–6.

Zakaria, R. L. (2024). *Pengukuran Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda Supra X 125 Dengan Variasi Octane Bahan Bakar Berbasis Iot*. *2*(3), 306–312.