

SISTEM DETEKSI EMISI GAS KENDARAAN BERMOTOR DENGAN ARDUINO UNO DAN SENSOR MQ-135 DAN MQ-7 UNTUK ANALISIS PEMANASAN GLOBAL

Muhammad Rizal, Agra Maesa Kusuma, Rahma Rahayu Pebrianti,
Ririn Rifani, Syahrur Ramadhani, Yulia Aprilliani

Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Informatika Sony Sugema
Jalan Raya Lemahmulya RT.008/RW.002, Gokgik, Ds. Lemahmulya,
Kec. Majalaya, Kab. Karawang, Jawa Barat – Indonesia.
rizal180204@gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang berdampak pada kesehatan manusia dan peningkatan pemanasan global. Gas berbahaya seperti Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO₂), Hidrokarbon (HC), dan Nitrogen Oksida (NO_x) dihasilkan dari proses pembakaran dan berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau kadar emisi gas kendaraan secara efektif dan real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi emisi gas kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler Arduino Uno menggunakan sensor MQ-7 dan MQ-135. Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO), sedangkan sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi gas yang berkaitan dengan kualitas udara seperti CO₂, NH₃, dan NO_x. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan melakukan perancangan perangkat keras, pemrograman sistem, serta pengujian langsung pada kendaraan bermotor. Data pembacaan sensor diproses menggunakan metode exponential smoothing dan moving average untuk mengurangi noise pembacaan sensor, kemudian dikonversi ke dalam satuan ppm. Hasil pengujian pada tiga jenis kendaraan yaitu Fazzio, Vario, dan Beat menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan emisi gas secara real-time dengan respons sensor yang stabil. Nilai emisi tertinggi terjadi pada kondisi kendaraan digas dengan persentase 42,7%, sedangkan nilai terendah terjadi saat kendaraan dalam kondisi mati sebesar 0%. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dirancang dapat digunakan sebagai alat pemantauan emisi kendaraan yang sederhana, ekonomis, dan efektif.

Kata kunci : Pencemaran udara, Arduino, Sensor MQ-135, Sensor MQ-7, Emisi gas kendaraan

1. PENDAHULUAN

Polusi udara disebabkan oleh pelepasan polutan berbahaya ke atmosfer, seringkali sebagai akibat dari aktivitas industri, transportasi, dan aktivitas manusia lainnya [1]. Meskipun peningkatan jumlah kendaraan bermotor telah memberikan keuntungan yang tak terbantahkan untuk mobilitas, emisi terkait, seperti hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO₂), dan karbon monoksida (CO), menimbulkan bahaya besar bagi kesehatan dan kualitas udara. Oleh karena itu, untuk mendorong mobilitas yang lebih ramah lingkungan dan menciptakan lingkungan yang lebih sehat, penelitian harus fokus pada teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi gas buang kendaraan. Secara keseluruhan, masalah polusi udara merupakan masalah mendesak yang membutuhkan perhatian dan tindakan segera untuk mengurangi dampak buruknya. Namun, ada beberapa contoh dimana polusi udara justru dapat bermanfaat bagi ekosistem. Misalnya, tumbuhan tertentu seperti lumut kerak dan lumut kerak tumbuh subur di lingkungan dengan tingkat polutan yang tinggi seperti sulfur dioksida. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa paparan polusi udara tingkat rendah justru dapat merangsang pertumbuhan tanaman pangan tertentu, yang menghasilkan peningkatan hasil panen.

Salah satu cara untuk mengatasi masalah polusi udara adalah melalui penggunaan sensor untuk deteksi

gas. Polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas seperti hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan karbon dioksida (CO₂) meningkat akibat dari peningkatan jumlah kendaraan bermotor, yang mengakibatkan penurunan kualitas udara dan bahaya bagi kesehatan masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati emisi gas buang dari kendaraan melalui Arduino UNO, Sensor dari MQ-7 dan MQ-135. Sensor tersebut digunakan untuk mengidentifikasi gas buang tersebut. Arduino adalah platform elektronik sumber terbuka berbasis perangkat keras dan perangkat lunak yang memungkinkan siapapun untuk dengan mudah membuat proyek elektronik dan perangkat lunak, termasuk pemula. Sensor MQ-135 dan MQ-7 umumnya digunakan untuk mendeteksi berbagai gas di udara. Sensor-sensor ini dapat digunakan untuk memantau tingkat polutan seperti karbon monoksida, amonia, dan benzena, yang menyediakan data berharga untuk memahami dan mengatasi masalah kualitas udara.

Dengan menggunakan mikrokontroler Arduino, sistem ini dapat mengolah data dari sensor gas dan menampilkan hasil pengukuran secara real-time. Sensor MQ-135 biasanya mendeteksi gas seperti CO₂ dan NH₃, sedangkan MQ-7 mendeteksi karbon monoksida (CO) [2]. Dengan data waktu nyata yang disediakan oleh sensor-sensor ini, individu dapat membuat keputusan yang tepat tentang aktivitas

sehari-hari mereka, seperti memilih rute alternatif dengan tingkat polusi yang lebih rendah atau menyesuaikan kualitas udara dalam ruangan dengan menggunakan pembersih udara. Masyarakat juga dapat menggunakan data ini untuk mengadvokasi peraturan yang lebih ketat tentang emisi dan menerapkan intervensi yang terarah untuk mengurangi polusi di area tertentu. Secara keseluruhan, penggunaan sensor deteksi gas menawarkan solusi praktis untuk mengatasi masalah polusi udara yang meluas dan mendorong lingkungan yang lebih sehat untuk semua.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Emisi gas buang kendaraan bermotor merupakan hasil dari proses pembakaran bahan bakar fosil yang terjadi di dalam mesin kendaraan. Gas seperti karbon monoksida (CO), Karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), dan ammonia (NH₃) menjadi penyumbang utama polusi udara yang dapat memengaruhi Kesehatan manusia dan memperparah pemanasan global. Karbon monoksida (CO) merupakan gas berbahaya yang dapat mengganggu distribusi oksigen dalam tubuh, sedangkan karbon dioksida (CO₂) berperan besar sebagai gas rumah kaca yang menyebabkan kenaikan suhu bumi[3]

2.1. Permasalahan Emisi

Pencemaran udara yang diakibatkan oleh emisi kendaraan bermotor merupakan tantangan lingkungan dan Kesehatan yang mendesak. Meskipun peningkatan mobilitas memberikan keuntungan, emisi gas buang yang dihasilkan, seperti Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO₂), Hidrokarbon (HC), Amonia (NH₃), dan Benzena, menimbulkan bahaya serius bagi Kesehatan dan kualitas udara.

2.2. Dampak Lingkungan

Secara khusus peningkatan CO₂ dan polutan gas rumah kaca lainnya dari sector transportasi menjadi contributor signifikan terhadap pemanasan global, upaya untuk mendorong mobilitas yang lebih ramah lingkungan memerlukan teknologi yang mampu mendeteksi gas buang secara efisien.

2.3. Platform Mikrokontroler (Arduino Uno)

Arduino Uno merupakan platform perangkat keras yang *Open Source* yang populer digunakan dalam proyek *prototype* dalam elektronik, termasuk system pemantauan[4]. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat kendali untuk memproses data sintal analog dari sensor, mengubahnya menjadi data digital, dan menampilkan hasil pengukuran secara *real-time*.

2.4. Sensor MQ

Penggunaan sensor gas semikonduktor oksida logam (MOS) seri MQ dipilih karena sensitivitas dan efisiensinya dalam mendeteksi polutan:

- a. Sensor MQ-7 dirancang spesifik untuk mendeteksi konsentrasi Karbon Monoksida

(CO). sensor ini sensitive dalam rentang 20 hingga 2000 ppm dan memiliki waktu respons yang cepat.

- b. Sensor MQ-135 berfungsi sebagai sensor kualitas udara yang lebih umum, mampu mendeteksi berbagai polutan seperti CO₂, NH₃, NO_x, Benzena, Sulfur, dan Alkohol dalam konsentrasi 10 hingga 10000 ppm.

2.5. Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas sistem pendeteksian emisi gas kendaraan bermotor sebagai upaya untuk mengurangi dampak pencemaran udara terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Penelitian yang dilakukan oleh Junus *et al.* [5] mengembangkan sistem deteksi tingkat emisi gas buang kendaraan bermotor berbasis Arduino yang terintegrasi dengan aplikasi. Sistem tersebut mampu mengukur gas CO, HC, dan CO₂ secara akurat serta memberikan kemudahan dalam pemantauan emisi kendaraan, sehingga dapat membantu pengendalian polusi udara secara lebih efektif.

Penelitian selanjutnya oleh Kadir dan Amalia [2] mengusulkan sistem pendeteksian emisi gas buang kendaraan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor MQ-7, MQ-2, serta MQ-135. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi emisi CO, HC, dan CO₂ secara real-time, serta memperlihatkan perbedaan efisiensi emisi antara kendaraan dengan sistem injeksi bahan bakar elektronik (EFI) dan karburator.

Heryoko [6] juga mengembangkan alat ukur emisi gas buang berbasis Arduino Mega WiFi yang terintegrasi dengan platform IoT. Sistem ini menggunakan sensor MQ-7, MQ-135, dan MQ-2 untuk mendeteksi gas CO, CO₂, dan HC, serta menampilkan hasil pengukuran melalui aplikasi Blynk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat memantau emisi secara real-time, meskipun hasil pengukuran masih dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti uap air hasil pembakaran.

Penelitian oleh Pandithurai *et al.* [7] mengembangkan sistem pemantauan dan pengendalian polusi kendaraan berbasis IoT menggunakan Arduino Uno, sensor MQ-135, dan modul GSM. Sistem ini mampu mendeteksi emisi gas buang secara real-time dan mengirimkan peringatan otomatis kepada pengguna. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sistem yang tinggi, yaitu mencapai 97,98%, sehingga sistem dinilai efektif untuk pemantauan emisi kendaraan.

Selain itu, Ali *et al* [8] merancang sistem pemantauan emisi kendaraan berbasis IoT dengan menggunakan sensor MQ-7 dan MQ-135 yang terintegrasi dengan aplikasi monitoring. Sistem tersebut mampu memantau emisi gas berbahaya secara real-time, mengirimkan notifikasi peringatan, serta menampilkan data emisi pada dashboard web interaktif untuk mendukung analisis kualitas udara secara berkelanjutan.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan mikrokontroler dan sensor seri MQ dalam sistem pendeteksian emisi gas kendaraan terbukti efektif dalam memantau kadar polutan secara real-time. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sistem berbasis IoT dan aplikasi daring. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan sistem deteksi emisi gas kendaraan bermotor berbasis Arduino Uno dengan sensor MQ-135 dan MQ-7 yang sederhana, ekonomis, dan mudah diimplementasikan sebagai alternatif pemantauan emisi kendaraan.

2.6. Contoh Persamaan Matematika

a. Exponential Smoothing (Filter Low-Pass)

Digunakan untuk mengurangi noise (jitter) pada pembacaan sensor ADC yang sering berfluktuasi.

$$Smoothed_t = (\alpha \times ADC_{raw,t}) + ((1 - \alpha) \times Smoothed_{t-1}) \quad (1)$$

b. Moving Average (Averaging)

Untuk menstabilkan data yang sudah di smoothing, kode menggunakan Moving Average sederhana dengan circular buffer sepanjang N sampel.

$$ADC_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} Smoothed_i \quad (2)$$

c. Konversi PPM (Zero-Based Delta Method)

Kode ini tidak menggunakan kurva logaritmik standar sensor MQ (Rs/R0 vs. PPM), melainkan menggunakan metode “Zero-Based Delta” yang lebih sederhana.

$$PPM = (ADC_{avg} - Baseline_{ADC}) \times Multiplier \quad (3)$$

d. Rate Limiter

Rate Limiter mencegah lonjakan atau penurunan nilai PPM yang terlalu cepat antar interval pembacaan.

$$PPM_{new,output} = PPM_{old,output} \pm \min(|PPM_{new} - PPM_{old,output}|, MaxChange) \quad (4)$$

e. Deteksi Stabilitas Window

Logika deteksi stabilitas menentukan apakah pembacaan dianggap stabil dengan memeriksa rentang (rang) nilai PPM dalam window waktu tertentu.

$$Stabil = (\Delta_{abs} \leq STABLE_{ABS}) \quad (5)$$

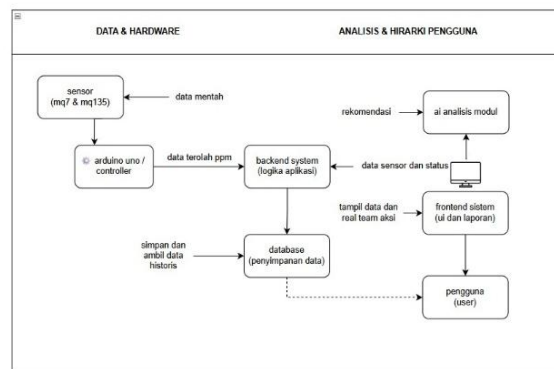
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan dengan cara merancang dan mengimplementasikan system deteksi emisi gas kendaraan bermotor menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, Sensor MQ-135 dan MQ-7, serta melakukan pengujian langsung pada kendaraan untuk mengetahui kadar gas buang yang dihasilkan.

Dalam Menjalankan praktikum ini salah satunya menggunakan metode kuantitatif yang dilakukan untuk mengolah, menghitung, dan menafsirkan nilai-nilai numerik yang diperoleh dari pembacaan sensor MQ-135 dan MQ-7 Melalui Arduino Uno[9]

Data kuantitatif ini kemudian dianalisis secara sistematis untuk mengetahui tingkat emisi kendaraan bermotor dan keterkaitannya dengan kontribusi terhadap pemanasan global Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi gas CO, NH₃, dan NO, sedangkan MQ-7 digunakan untuk mendeteksi karbon monoksida (CO). Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima sinyal analog dari sensor, mengubahnya menjadi data digital, dan menampilkan hasil pengukuran pada layar LCD[10]. Data emisi yang diperoleh juga dapat dikirim ke komputer untuk dianalisis lebih lanjut. Pengujian dilakukan pada sejumlah kendaraan dalam kedua kondisi idle dan akselerasi. Data diproses empat kali untuk setiap kendaraan dan diubah menjadi grafik yang menunjukkan hubungan antara jenis kendaraan dan kadar emisi gas.

Logika Modul Analisis AI dan Koneksi Sensor



Gambar 1. Alur metode Penelitian yang digunakan

Gambar diatas merupakan alur metode penelitian yang dilakukan oleh kelompok pada project saat ini.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Microcontroller Arduino Uno



Gambar 2. Arduino Uno

Gambar tersebut Sebagai pengolah data utama, Arduino Uno dapat membaca data dari sensor dan menampilkan hasil pengukuran. Bisa dihubungkan dengan modul WiFi untuk sistem IoT.

4.2. Sensor MQ-7



Gambar 3. Sensor MQ-7

Gambar tersebut merupakan gambar Sensor MQ-7 yang merupakan sensor gas karbon monoksida (CO) yang berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida (CO). Dimana sensor ini salah satunya dipakai dalam memantau gas karbon monoksida (CO) yang Sangat sensitif, dapat mendeteksi antara 20 dan 2000 ppm. efektifitas kerjanya adalah 5V DC, dan waktu responnya cepat. Outputnya adalah sinyal analog.

4.3. Sensor MQ-135



Gambar 4. Sensor MQ-135

Gambar diatas merupakan sensor MQ-135 Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di pin keluarannya. Sensor ini bekerja pada tegangan 5 volt dan menghasilkan sinyal keluaran analog. Mengidentifikasi: CO₂, NH₃, NO_x, Benzene, Sulfur, Alkohol, dan konsentrasi 10-10000 ppm. Tegangan kerja: 5V DC. Resistansi sensor: 2K-20K ohm (pada 100 ppm NH₃). Waktu pemanasan awal: >48 jam (untuk hasil terbaik).

4.4. Kabel Jumper (Female To Male)



Gambar 5. Kabel Jumper (Female To Male)

Gambar tersebut merupakan kabel penghubung yang digunakan untuk menyambungkan komponen elektronik pada breadboard dengan pin mikrokontroler seperti Arduino. kabel jumper *female to male* berperan penting sebagai jalur penghubung fleksibel antara komponen elektronik dalam rangkaian percobaan.

4.5. Hasil Pengujian Sensor Dan Aplikasi

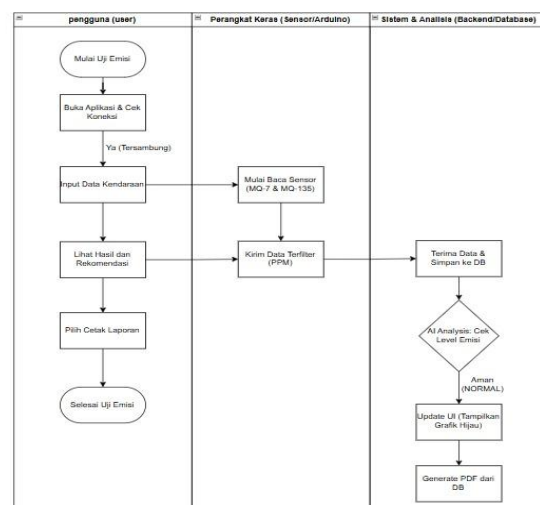
Proses implementasi sistem deteksi emisi gas kendaraan bermotor dilakukan melalui beberapa tahapan utama, meliputi perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler, integrasi sensor, serta pengujian sistem secara langsung pada kendaraan bermotor. Implementasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja secara real-time, stabil, dan sesuai dengan kebutuhan pemantauan emisi gas.

Tahap pertama adalah perakitan perangkat keras, yang terdiri dari Arduino Uno sebagai unit pengendali utama, sensor MQ-135 dan MQ-7 sebagai pendeteksi gas, serta media tampilan grafik dan indikator. Sensor

MQ-135 digunakan untuk mendeteksi gas-gas umum hasil pembakaran seperti CO₂, NH₃, dan NO_x, sedangkan sensor MQ-7 difokuskan untuk mendeteksi karbon monoksida (CO). Kedua sensor dihubungkan ke pin input analog Arduino Uno, sehingga sinyal analog yang dihasilkan sensor dapat dibaca dan diproses oleh mikrokontroler.

Tahap kedua adalah implementasi perangkat lunak, yaitu pemrograman Arduino menggunakan bahasa C melalui Arduino IDE. Program dirancang untuk membaca data analog dari kedua sensor secara periodik, kemudian melakukan proses filtering data menggunakan metode *exponential smoothing* dan *moving average* untuk mengurangi noise dan fluktuasi pembacaan sensor. Data yang telah difilter selanjutnya dikonversi ke dalam satuan PPM menggunakan metode *zero-based delta*, sehingga nilai yang ditampilkan lebih stabil dan mudah dianalisis.

Tahap berikutnya adalah integrasi sistem monitoring, di mana data hasil pembacaan sensor ditampilkan dalam bentuk grafik real-time. Selain grafik, sistem juga menerapkan indikator warna sebagai representasi tingkat emisi kendaraan. Warna hijau menunjukkan kondisi normal, warna kuning menunjukkan kondisi waspada, dan warna merah menunjukkan kondisi berbahaya. Implementasi indikator ini memudahkan pengguna dalam memahami kondisi emisi kendaraan tanpa harus menganalisis angka secara detail.



Gambar 6. Flowmap Pengujian

Gambar diatas merupakan *Flowmap* (alur pengujian) yang dilaksanakan Setelah sistem terintegrasi, dilakukan pengujian implementasi secara langsung pada kendaraan bermotor dengan beberapa kondisi operasional, yaitu kendaraan dalam keadaan mati, mesin hidup pada menit awal, mesin hidup stabil, dan kondisi digas. Pada tahap ini, sensor diletakkan pada posisi yang dekat dengan sumber gas buang untuk memastikan pembacaan emisi yang optimal. Data hasil pengujian direkam dan dianalisis untuk melihat konsistensi respon sensor terhadap perubahan kondisi mesin.

Pada bagian ini dilakukan pengujian untuk mengetahui performa sensor emisi dan aplikasi monitoring dalam membaca kondisi kendaraan secara real-time. Pengujian dilakukan pada tiga jenis kendaraan, yaitu Fazzio, Vario, dan Beat, melalui empat kondisi operasional ialah kendaraan dalam keadaan mode off, kendaraan dijalankan selama 0–1 menit dengan kecepatan 0 – 20 km/jam, kendaraan dijalankan selama 1–3 menit dengan kecepatan 20 – 30 km/jam, dan kendaraan dalam mode digas dengan kecepatan 30 – 60 km/jam. Setiap kondisi menampilkan pembacaan sensor berupa grafik dan indikator warna yang menunjukkan tingkat emisi kendaraan. Warna hijau menunjukkan nilai 0–300 (normal), warna kuning menunjukkan 300–600 (waspada), dan warna merah menunjukkan 600+ (bahaya). Hasil pengujian pada tabel berikut memperlihatkan bagaimana sensor merespons perubahan kondisi mesin serta menampilkan status akhir dari masing-masing kendaraan.



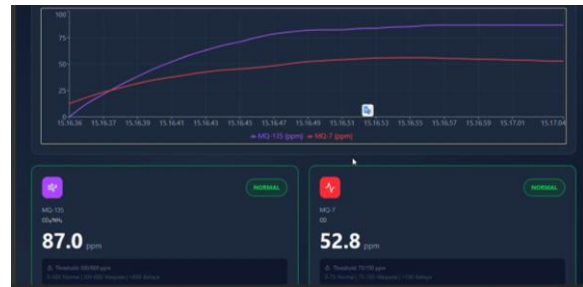
Gambar 7. Proses Pengujian dengan kendaraan

Pada gambar tersebut proses pengujian dilakukan saat uji coba dilapangan dengan tidak menyalakan kendaraan bermotor.



Gambar 8. Proses Pengujian dengan kendaraan

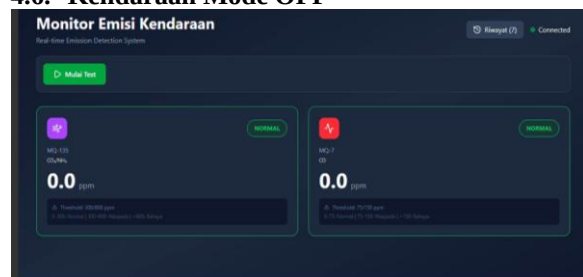
Pada gambar tersebut sedang melakukan pengujian emisi kendaraan motor menggunakan alat – alat yang digunakan untuk merekam data kinerja mesin secara langsung atau dengan menyalakan mesin kendaraan.



Gambar 9. Grafik Mq-135 dan Mq-7

Gambar tersebut memperlihatkan grafik yang di hasil kan dari asap kendaraan bermotor dan terdeteksi oleh mq-135 87 ppm dan mq-7 52.8 ppm, Grafik tersebut di *setting* secara *real-time* pengecekan nya per-detik.

4.6. Kendaraan Mode OFF



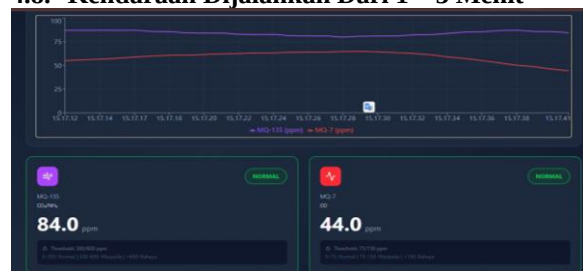
Gambar 10. Grafik Mq-135 dan Mq-7 mode off

4.7. Kendaraan Dijalankan Dari 0 – 1 Menit



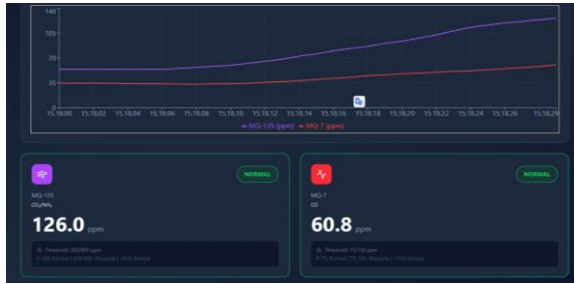
Gambar 11. Grafik Mq-135 dan Mq-7 dijalankan 1 menit

4.8. Kendaraan Dijalankan Dari 1 – 3 Menit



Gambar 12. Grafik Mq-135 dan Mq-7 dijalankan 1-3 menit

4.9. Kendaraan Mode Di Gas



Gambar 13. Grafik Mq-135 dan Mq-7 mode di gas

Tabel 1. Hasil Pengujian

Keterangan Pengujian	Nama Kendaraan		
	Fazzio	Vario	Beat
Kendaraan Mode OFF	Saat kendaraan mode off grafik menunjukkan MQ-135:0 MQ-7 : 0	Saat kendaraan mode off grafik menunjukkan MQ-135:0 MQ-7 : 0	Saat kendaraan mode off grafik menunjukkan MQ-135 : 0 MQ-7 : 0
Kendaraan Dijalankan Dari 0 – 1 Menit	Saat kendaraan dijalankan grafik menunjukkan MQ-135: 87,0 MQ-7: 52,8	Saat kendaraan dijalankan grafik menunjukkan MQ-135: 72,0 MQ-7: 45,6	Saat kendaraan dijalankan grafik menunjukkan MQ-135: 88,5 MQ-7: 36,8
Kendaraan Dijalankan Dari 1 – 3 Menit	Saat kendaraan dijalankan 1-3 menit grafik menunjukkan MQ-135: 67,5 MQ-7: 38,4	Saat kendaraan dijalankan 1-3 menit grafik menunjukkan MQ-135: 84,0 MQ-7: 44,0	Saat kendaraan dijalankan 1-3 menit grafik menunjukkan MQ-135: 144,0 MQ-7: 72,8
Kendaraan Mode Di Gas	Saat kendaraan Mode Gas menunjukkan MQ-135: 120,0 MQ-7: 55,2	Saat kendaraan Mode Gas menunjukkan MQ-135: 126,0 MQ-7: 60,8	Saat kendaraan Mode Gas menunjukkan MQ-135: 178,5 MQ-7: 80,8
Hasil Pengujian	Hijau	Hijau	Hijau

dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa semuanya dalam keadaan Hijau atau sebagai berikut:

- Hijau = 0 – 300 (Normal)
- Kuning = 300 – 900 (Waspada)
- Merah = 900+ (Bahaya)

Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja sensor emisi dan aplikasi monitoring dalam membaca kondisi tiga jenis kendaraan, yaitu Fazzio, Vario, dan Beat, pada empat kondisi operasional yaitu mode off, mesin hidup 0–1 menit, mesin hidup 1–3 menit, dan kondisi digas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada mode off seluruh kendaraan memiliki nilai sensor 0, menandakan bahwa sensor mampu mendeteksi kondisi tanpa pembakaran secara akurat. Ketika

mesin dinyalakan pada menit pertama, nilai emisi pada ketiga kendaraan meningkat, mencerminkan proses pembakaran yang belum stabil. Beat menghasilkan nilai emisi awal tertinggi, sedangkan Fazzio dan Vario menunjukkan peningkatan yang lebih rendah. Pada fase 1–3 menit, nilai sensor seluruh kendaraan menjadi lebih stabil, menandakan bahwa mesin telah mencapai kondisi operasi optimal. Fazzio menunjukkan tingkat emisi yang paling rendah dan stabil, Vario berada pada posisi menengah, sedangkan Beat tetap menunjukkan nilai yang lebih tinggi

dibandingkan dua kendaraan lainnya. Pada kondisi digas, semua kendaraan mengalami lonjakan emisi signifikan. Beat kembali menunjukkan peningkatan paling besar, disusul Vario, sementara Fazzio memiliki peningkatan paling rendah. Secara keseluruhan, sistem sensor dan aplikasi bekerja secara konsisten dan mampu merekam perubahan kondisi emisi kendaraan secara real-time. Dari hasil perbandingan antar kendaraan, Fazzio memiliki performa emisi paling efisien dan stabil, Vario berada pada tingkat sedang, sementara Beat menunjukkan emisi tertinggi di seluruh kondisi uji. Meskipun terdapat perbedaan antar kendaraan, seluruh hasil pengujian masih berada dalam kategori normal.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan perancangan. Sensor dapat mendeteksi perubahan kadar gas secara responsif, data dapat ditampilkan secara real-time, dan indikator warna berfungsi dengan baik dalam menunjukkan status emisi kendaraan. Dengan demikian, proses implementasi sistem berhasil membuktikan bahwa Arduino Uno yang dikombinasikan dengan sensor MQ-135 dan MQ-7 dapat digunakan sebagai solusi pemantauan emisi gas kendaraan bermotor yang sederhana, efektif, dan berbiaya rendah.

Tabel 2. Persentase dari pengujian

Keterangan Pengujian	Rata-Rata Emisi	Persentase
Kendaraan Mode OFF	0	0%
Kendaraan Dijalankan Dari 0 – 1 Menit	127.6	26,3%
Kendaraan Dijalankan Dari 1 – 3 Menit	150.2	31%
Kendaraan Mode Di Gas	207.1	42,7%
Total Pengujian	484.9	100%

Dari tabel 2 diatas berdasarkan hasil perhitungan persentase, kondisi kendaraan dalam keadaan mati (mode off) tidak memberikan kontribusi emisi gas dengan persentase 0%, yang menunjukkan bahwa sistem sensor mampu mendeteksi kondisi tanpa proses pembakaran secara akurat. Pada kondisi mesin dijalankan selama 0–1 menit, kontribusi emisi mencapai 26,3%, yang mencerminkan fase awal pembakaran mesin yang belum stabil. Selanjutnya, pada kondisi mesin dijalankan selama 1–3 menit, persentase emisi meningkat menjadi 31,0%, menunjukkan bahwa mesin telah memasuki fase operasi yang lebih stabil namun masih menghasilkan gas buang yang signifikan. Kontribusi emisi tertinggi terjadi pada kondisi kendaraan dalam mode digas dengan persentase sebesar 42,7% masih dalam kategori normal, yang disebabkan oleh peningkatan suplai bahan bakar dan intensitas pembakaran.

Hasil pengujian dalam 3 yang telah dilakukan ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran mesin berbanding lurus dengan peningkatan emisi gas buang yang terdeteksi oleh sensor MQ-135 dan MQ-7 hingga dinyatakan masih dalam kategori Normal.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem deteksi emisi gas kendaraan bermotor berbasis Arduino Uno dengan sensor MQ-135 dan MQ-7 mampu memantau kadar polutan secara real-time dengan tingkat akurasi yang baik, ditunjukkan oleh respons sensor yang stabil pada berbagai kondisi operasional kendaraan. Pengujian pada tiga jenis kendaraan menunjukkan bahwa emisi berada pada kategori normal, di mana Fazzio memiliki emisi paling stabil, diikuti Vario, sedangkan Beat menunjukkan nilai tertinggi namun tetap dalam batas aman. Sistem ini terbukti efektif sebagai alat pemantauan emisi sederhana, murah, dan dapat digunakan untuk mendukung analisis kualitas udara serta upaya mitigasi pemanasan global. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar sistem dikembangkan dengan kalibrasi sensor berbasis kurva karakteristik standar, penambahan konektivitas IoT untuk penyimpanan data cloud, serta pengujian pada lebih banyak jenis kendaraan guna memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

Emisi gas kendaraan meningkat seiring kenaikan putaran mesin, dengan emisi tertinggi saat digas 42,7% masih dalam kategori normal, dan terendah saat mesin mati sebesar 0%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. O. Ofremu *et al.*, “Exploring the relationship between climate change, air pollutants and human health: Impacts, adaptation, and mitigation strategies,” *Green Energy and Resources*, vol. 3, no. 2, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.gerr.2024.100074.
- [2] S. Kadir and Z. Amalia, “IoT-based Exhaust Gas Emission Detection System for Motorized Vehicles,” *International Journal of Frontier Technology and Engineering* vol. 3, no. 1, pp. 19–29, Dec, 2024. doi : 10.33795/ijfte.v3i1.5675
- [3] Dini arista putri, Amrina Rosyada, Widya Lionita, Desri Maulina sari, Fison Hepiman, and Dian Islamiati, “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Karbon Monoksida (CO) Pada Pedagang Sate di Palembang,” *Jurnal Kesehatan Komunitas*, vol. 8, no. 1, pp. 135–140, Apr. 2022, doi: 10.25311/keskom.vol8.iss1.1084.
- [4] A. K. Permana and A. Rachmawan, “Studi Komparasi Platform Open-Source Internet of Things,” *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, vol. 21, no. 1, pp. 43–48, Mar. 2023, doi: 10.52330/jtm.v21i1.38.
- [5] M. Junus, N. A. Rozaq, and R. Saptono, “Implementation of An Application-Based Motor Vehicle Exhaust Emission Level Detection System,” *West Science Interdisciplinary Studies*, vol. 2, no. 9, pp. 1799–1811, Sep. 2024
- [6] Heryoko “ALAT UKUR EMISI GAS BUANG MENGGUNAKAN ARDUINO BERBASIS IoT.” 2022 [Online]. Available: <https://create.arduino.cc/projecthub/Rucksikaar/mq-2-gas->
- [7] O. Pandithurai, M. Jawahar, S. Arockiaraj, and R. Bhavani, “IoT technology-based vehicle pollution monitoring and control,” *Global Nest Journal*, vol. 25, no. 10, pp. 25–32, Dec. 2023, doi: 10.30955/gnj.005086.
- [8] A. I. K *et al.*, “IoT-Based Vehicle Emission Monitoring System,” *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics*, vol. 13, 2025, doi: 10.17148/IJIREEICE.2025.13806.
- [9] R. A. Siroj, W. Afgani, F. Fatimah, D. Septaria, and G. S. Zahira, “Metode Penelitian Kuantitatif Pendekatan Ilmiah untuk Analisis Data,” *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, vol. 7, no. 3, pp. 11279–11286, 2024.
- [10] N. R. Heranda Meduri and E. Sulistiyo, “Pengembangan Trainer Penerapan Analog dan Digital Berbasis Arduino Uno pada Mata Pelajaran Teknik Pemrograman Mikroprosesor Mikrokontroler,” *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 9, no. 3, pp. 499–505, 2020