

Prototipe Alat Pemantau Kualitas Udara Pada Unit Pengujian Kendaraan Bermotor

Dry Turning Process Prototype of Air Quality Monitoring Device for Motor Vehicle Testing Unit

Ririswari Widya Wardani^{1*}, Agus Mukhtar¹, Aan Burhanuddin¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas PGRI Semarang, Semarang 50232, Indonesia

*Corresponding author: ririswariwidyawardani@gmail.com

Diterima: 01-07-2025

Disetujui: 13-08-2025

Dipublikasikan: 20-08-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi kinerja prototipe alat pemantau kualitas udara yang terintegrasi dengan exhaust fan di ruang uji kendaraan. Metode yang digunakan adalah eksperimen untuk menguji hubungan antarvariabel. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor berdampak pada kualitas udara, khususnya di area uji emisi. Alat menggunakan sensor MQ-7 untuk gas dan DHT22 untuk suhu serta kelembaban, dengan data ditampilkan secara real-time pada layar kristal cair. Jika kadar gas melebihi 9 ppm, sistem akan menyalakan alarm bunyi dan mengaktifkan exhaust fan untuk menjaga sirkulasi udara. Hasil uji menunjukkan alat bekerja stabil dan akurat, sehingga layak digunakan sebagai sistem pemantauan kualitas udara di ruang uji kendaraan bermotor.

Kata Kunci: Kualitas udara, Sensor MQ-7, Mikrokontroler, Pengujian kendaraan bermotor.

Abstract

This study aims to design and evaluate the performance of a prototype air quality monitoring device integrated with an exhaust fan in a vehicle testing room. The experimental method was employed to examine the relationship between variables. The increasing number of motor vehicles has an impact on air quality, particularly in emission testing areas. The device utilizes an MQ-7 sensor for gas detection and a DHT22 sensor for temperature and humidity, with data displayed in real time on an LCD screen. When the gas concentration exceeds nine ppm, the system activates an audible alarm and automatically turns on the exhaust fan to maintain air circulation. The exhaust fan expels hot air from the room while bringing in cooler outside air. Test results indicate that the device operates stably and provides accurate data, making it suitable as an air quality monitoring system in motor vehicle testing facilities.

Keywords: Air quality, MQ-7, Microcontroller, Motor vehicle testing.

1. Pendahuluan

Pengujian Kendaraan Bermotor merupakan rangkaian kegiatan yang mencakup pemeriksaan dan/atau pengujian terhadap komponen atau bagian dari Kendaraan Bermotor, Kereta Gandengan, maupun Kereta Tempelan guna memastikan pemenuhan terhadap standar teknis dan kelayakan jalan. Berdasarkan (No 55AD), pengujian ini wajib dilakukan setiap enam bulan sekali. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menjamin keselamatan pengguna jalan dan meminimalkan risiko kecelakaan yang disebabkan oleh kendaraan yang tidak layak jalan. Selain itu, penguji juga memiliki tanggung jawab dalam pelestarian lingkungan dengan memastikan

emisi gas buang kendaraan sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Ismiyati, Marlita, and Saidah 2014). Pengujian Kendaraan Bermotor diselenggarakan oleh Unit Pelaksana Pengujian Kendaraan Bermotor yang terdapat di setiap kabupaten atau kota. Pengujian ini mencakup dua aspek, yaitu pengujian teknis serta pengujian terhadap kelaikan jalan kendaraan yang wajib diuji. Pengujian teknis mencakup pemeriksaan terhadap struktur, perlengkapan, dimensi, bodi kendaraan, serta rancangan teknis yang sesuai dengan fungsi kendaraan. Sementara itu, pengujian laik jalan meliputi pemeriksaan emisi gas buang, tingkat kebisingan, kinerja rem utama dan rem parkir, keselarasan roda depan, daya dan arah sorot lampu utama, ketepatan alat penunjuk kecepatan, serta kedalaman alur ban. Menurut data UPPKB Kabupaten Batang jumlah Kendaraan yang melaksanakan pengujian pada tahun 2024 sebanyak 5.138 Kendaraan. Akibat dari proses pengujian kendaraan bermotor yang relatif padat tersebut berpengaruh terhadap kualitas udara yang terdapat dalam lajur uji, mengingat pelaksanaan pengujian berada pada Gedung uji. Emisi dari kendaraan bermotor berupa sisa hasil pembakaran di area kerja dapat terhirup melalui hidung dan mulut, sehingga berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan. Hal tersebut dapat berakibat buruk terutama pada kesehatan petugas uji yang berada dalam lajur uji rata-rata 8 (delapan) jam dalam sehari.

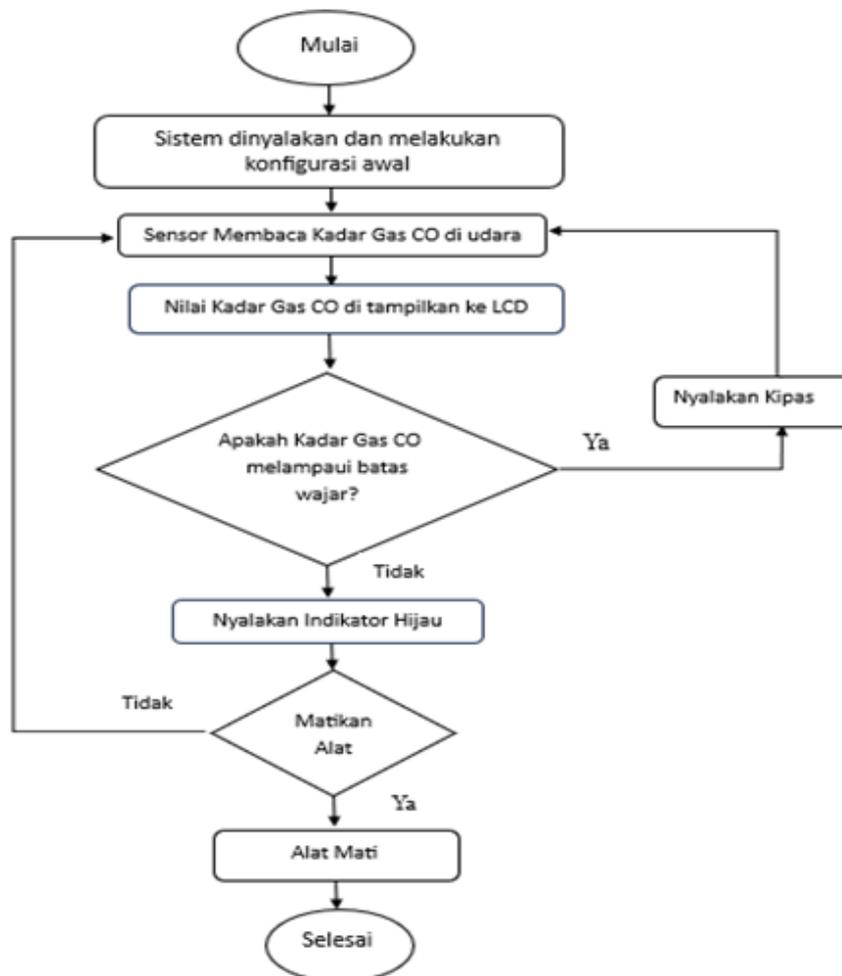
Dalam kondisi pembakaran ideal, Idealnya, hasil dari proses pembakaran hanya mengandung karbondioksida (CO_2), uap air (H_2O), oksigen (O_2), dan nitrogen (N_2). Tetapi pada kenyataannya, pembakaran di mesin kendaraan sering tidak berjalan sempurna, yang menyebabkan keluarnya zat-zat berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), dan partikel halus. Bila bahan bakar mengandung sulfur dan timbal, maka pembakaran juga akan menghasilkan sulfur dioksida (SO_2) dan logam berat seperti timbal (Pb) (Winarno 2014). Karbon monoksida (CO) dikategorikan sebagai pembunuh senyap akibat sifatnya yang tidak terdeteksi oleh indera manusia tidak memiliki warna, rasa, maupun bau dan dapat mengakibatkan kematian secara cepat apabila terhirup dalam jumlah. Hidrokarbon (HC) dalam konsentrasi rendah umumnya tidak terlalu membahayakan kesehatan manusia, meskipun zat ini bersifat toksik. Namun, apabila HC hadir di udara dalam jumlah besar dan bercampur dengan polutan lain, maka tingkat toksisitasnya akan meningkat. Efek racunnya akan lebih kuat jika HC berbentuk gas, cair, atau partikel padat. Hal ini karena padatan HC (partikel) dan HC cairan akan membentuk ikatan-ikatan baru dengan bahan pencemar lainnya. Ikatan baru ini disebut sebagai *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* yang disingkat PAH. Pada umumnya PAH merangsang terbentuknya sel-sel kanker apabila terhisap masuk ke paru-paru. Dampak pencemaran HC terhadap kesehatan ini di nyatakan oleh (Wardhana 2004). Ambang batas CO telah diatur. Emisi gas buang dapat dikurangi dengan menggunakan salah satu alat bantu yaitu *exhaust fan* (Shidqi 2022). *Exhaust fan* berfungsi untuk membuang udara dari dalam ruangan ke luar, sekaligus menarik udara segar dari luar masuk ke dalam. Alat ini juga dapat mengatur jumlah udara yang disirkulasikan di dalam ruangan. Agar ruangan tetap sehat, diperlukan sirkulasi udara yang baik sehingga terjadi pergantian udara secara teratur antara udara dalam ruangan dan udara dari luar.

Tujuan penelitian ini Untuk merancang dan mengevaluasi kinerja prototipe alat pemantau kualitas udara yang dikombinasikan dengan *exhaust fan* dalam menjaga kualitas udara di ruang pengujian kendaraan.

2. Metode

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen guna mengetahui apakah terdapat pengaruh dari variabel-variabel yang telah dipilih sebagai objek penelitian. Penelitian ini dilaksanakan Gedung Uji Unit Pelayanan Uji Berkala Kendaraan Bermotor Kabupaten Batang yang beralamatkan di Jl. Raya Kandeman KM 05. Batang.

Populasi dalam penelitian ini mengacu pada area kajian yang menjadi objek perhatian peneliti. Mengacu pada pendapat Sugiyono, 2011, populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri atas objek atau subjek dengan karakteristik dan kualitas tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari serta dijadikan dasar dalam menarik kesimpulan. Pandangan tersebut menjadi salah satu acuan penulis dalam menentukan populasi penelitian. Dalam konteks penelitian ini, populasi yang dikaji adalah kualitas udara yang dihasilkan dari kendaraan bermotor akibat emisi pembakaran yang tidak sempurna. Adapun sampel yang digunakan adalah kadar gas CO yang berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah studi literatur, di mana peneliti menelaah buku, jurnal ilmiah, laporan penelitian, serta artikel yang relevan dengan topik penelitian. Sumber referensi ini digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian. Selain itu, peneliti juga memanfaatkan tutorial di internet yang berkaitan dengan topik untuk menambah wawasan dan pemahaman. Setelah studi literatur, dilakukan tahap desain dan perancangan, yaitu dengan membuat rancangan serta gambar prototipe alat pemantau kualitas udara untuk digunakan pada unit pengujian kendaraan bermotor. Langkah awal yang dilakukan adalah menyiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan dalam merancang prototipe alat pemantau kualitas udara untuk mendeteksi kadar gas CO.



Gambar 1. Diagram alur sistem prototipe

a. Alat dan bahan yang digunakan;

- 1) Arduino Uno
- 2) LCD I2C 16x2

- 3) Sensor Mq7
- 4) Relay
- 5) Power Supply 5 V 10 A
- 6) Stepdown 1,4 V menggunakan lm2596
- 7) Stepup 9 V menggunakan mt3608
- 8) Exhaust Fan 5 V

b. Pembuatan Prototipe

- 1) Menyiapkan alat dan bahan
- 2) Merangkai komponen
- 3) Memprogram Arduino
- 4) Menguji Prototipe

Tentukan rata-rata error dan akurasi prototipe

c. Langkah-Langkah Pengujian

1. Persiapan Prototipe

- a. Pastikan semua komponen prototipe sudah dirangkai dan terpasang sesuai rangkaian yang benar.
- b. Upload program Arduino untuk pembacaan sensor MQ7 dan tampilan hasil di LCD I2C.
- c. Nyalakan prototipe dengan power supply 5 V 10 A, converter penurun tegangan
- d. Pastikan exhaust fan terhubung dan berfungsi sebagai kontrol ventilasi.

2. Kalibrasi Awal Sensor MQ7

- a. Diamkan sensor MQ7 pada udara bebas (tanpa CO) selama beberapa menit untuk stabilisasi dan kalibrasi nol.
- b. Catat nilai baseline sensor pada LCD.

3. Persiapan Alat Ukur Portable

- a. Nyalakan alat ukur portable CO Gas Leak Smartsensor AS8700A.
- b. Pastikan alat sudah dikalibrasi dan siap digunakan sesuai manualnya.

4. Pengujian di Lokasi Sama

- a. Tempatkan sensor MQ7 prototipe dan alat ukur portable AS8700A di lokasi yang sama, dekat sumber CO yang sudah disiapkan.
- b. Nyalakan sumber CO (misalnya pembakaran kecil atau sumber gas CO standar).

5. Pengambilan Data

- a. Catat waktu dan nilai pembacaan CO dari prototipe (terlihat di LCD atau serial monitor Arduino) hingga exhaust fan berhenti berputar.
- b. Catat nilai pembacaan CO dari alat portable AS8700A secara bersamaan.
- c. Lakukan pengambilan data berulang sebanyak 5 kali percobaan pada interval waktu tertentu (tiap 2 menit selama 10 menit).

6. Pengulangan dengan Variasi Konsentrasi CO

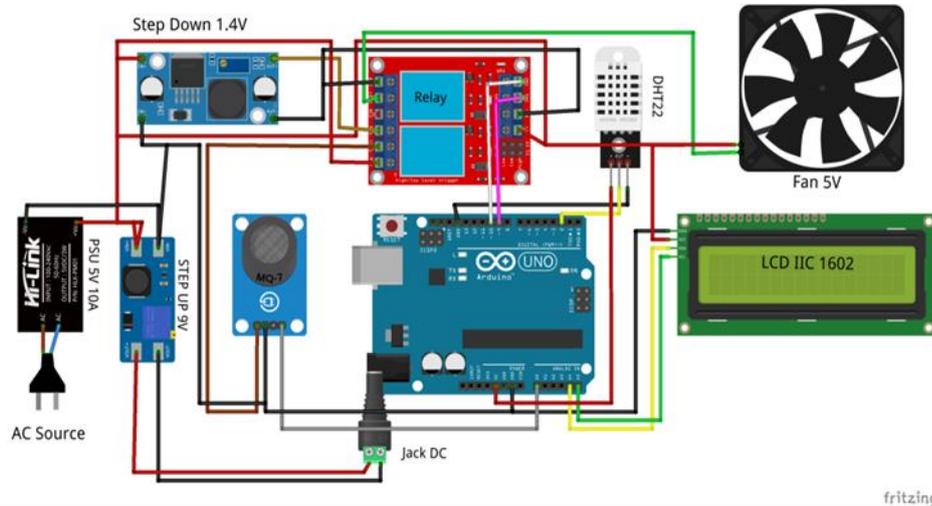
- a. Ulangi pengujian dengan meningkatkan atau menurunkan konsentrasi CO untuk menguji rentang kerja sensor.
- b. Catat semua hasil pembacaan.

7. Analisis Data

- Bandingkan hasil pembacaan sensor MQ7 dan alat portable AS8700A.
- Hitung selisih dan persentase kesalahan (error rate) untuk setiap titik data.
- Tentukan rata-rata error dan akurasi prototipe.
- Lakukan pengamatan terhadap kinerja exhaust fan dalam mengurangi konsentrasi gas karbon monoksida (CO) secara bertahap dari udara dalam ruangan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Deskripsi Rangkaian



Gambar 2. Rangkaian prototipe alat pemantau kualitas udara

Rangkaian prototipe sensor CO ini dirancang untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dan mengaktifkan sistem ventilasi otomatis melalui relay dan *exhaust fan*. Rangkaian ini menggunakan komponen utama sebagai berikut:

- Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama.
- Sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar gas CO.
- LCD I2C 16x2 untuk menampilkan hasil pengukuran.
- Relay module* sebagai pemutus dan penyambung arus *exhaust fan*.
- DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban.
- Power Supply 5V 10A* dengan step-down (1,4V) dan step-up (9V) converter.
- Exhaust fan 5V* sebagai sistem ventilasi otomatis.

Gambar rangkaian menunjukkan hubungan antara semua komponen, dimana sensor MQ-7 terhubung ke Arduino, relay dikontrol oleh Arduino, dan exhaust fan beroperasi otomatis sesuai konsentrasi CO yang terdeteksi.

3.2. Proses Perakitan

- Menyambungkan *power supply 5V 10A* ke sumber AC melalui modul Hi-Link.
- Menghubungkan *step-up converter* untuk memberikan suplai tegangan 9V ke sensor MQ-7.
- Menghubungkan *step-down converter* untuk memberikan suplai 1,4V ke relay dan komponen terkait.
- Memasang sensor MQ-7 pada Arduino Uno sesuai pin digital/analog yang ditentukan.
- Memasang modul relay untuk mengendalikan exhaust fan 5V.
- Menghubungkan LCD I2C 16x2 untuk menampilkan kadar CO yang terukur.
- Memasang sensor DHT22 ke Arduino untuk membaca suhu dan kelembaban lingkungan.

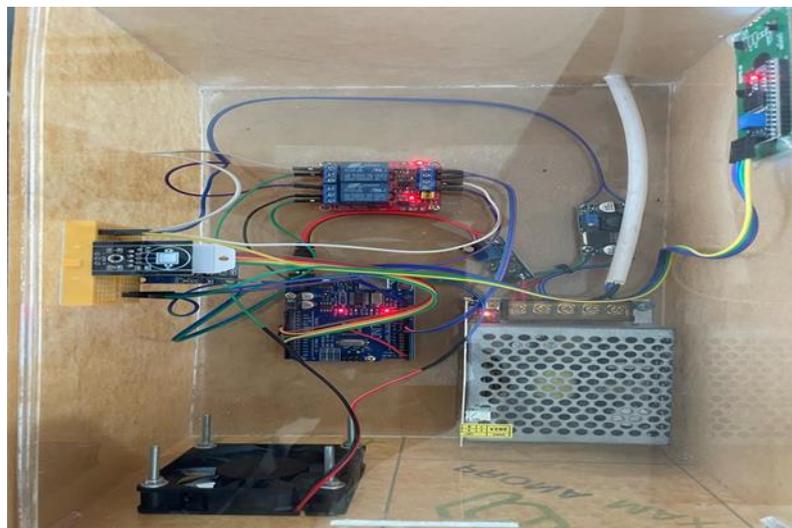
- h. Menguji semua sambungan dengan multimeter untuk memastikan tegangan dan polaritas benar.

3.3. Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dalam ruangan tertutup dengan sumber karbon monoksida dari pembakaran terkendali. Sensor MQ-7 mendeteksi kadar CO, data ditampilkan pada LCD, dan dibandingkan dengan alat ukur Smartsensor AS8700A. Relay akan aktif jika kadar CO melebihi ambang batas (9 ppm) dan menyalakan *exhaust fan* hingga kadar CO turun (Faroqi et al. 2017).



Gambar 3. Smart Sensor Carbon Monoxide Meter AS8700



Gambar 4. Rangkaian kontrol otomatis berbasis Arduino

3.4. Hasil Pengujian

Dari data di atas, kita bisa melakukan analisis sebagai berikut. Pada tabel 1 Tingkat prosentase kesalahan sebesar 0,40% yang hal ini menunjukkan bahwa prototipe tersebut memiliki keakuratan hasil pengukuran yang relatif sama dengan alat carbon monoxide meter AS8700A. Ini mengindikasikan bahwa prototipe tersebut efektif dan dapat diandalkan untuk tujuan pengukuran kadar karbon monoksida. Pada Tabel 2, hubungan antara Konsentrasi CO dan Waktu Penghisapan Kipas. Secara umum, terlihat ada kecenderungan bahwa semakin tinggi konsentrasi CO (ppm), semakin lama waktu yang dibutuhkan kipas untuk menghisap gas hingga berhenti berputar. Pada percobaan 1 (21,51 ppm), waktu hisapnya 11 detik. Pada percobaan 2 (34,07 ppm), waktu hisapnya 22 detik. Pada percobaan 3 (52,05 ppm), waktu hisapnya 24 detik. Pada percobaan 4 (67,65 ppm), waktu hisapnya 31 detik. Pada percobaan 5 (30,07 ppm), waktu

hisapnya 20 detik. Ini menunjukkan bahwa prototipe dirancang untuk membersihkan area dari gas CO sampai sensor mendeteksi kadar CO yang aman. Waktu yang lebih lama mengindikasikan lebih banyak gas CO yang perlu "dibersihkan" atau didispersikan. Data tersebut memberikan gambaran tentang efisiensi kipas dalam menghilangkan gas CO dari lingkungan sekitar sensor. Waktu yang diperlukan menunjukkan seberapa cepat sistem dapat merespons dan membersihkan udara sesuai dengan ambang batas yang ditentukan sebesar 9 ppm.

Tabel 1. Efektivitas alat prototipe

No	Kadar Co (ppm) Prototipe	Alat
1	14,34	15
2	26	25,6
3	59	59,56
4	88	87
5	106	105
Jumlah	293,34	292,16
Rata - rata	58,668	58,432

$$\text{Kesalahan} = \frac{58,668 - 58,432}{58,432} \times 100 = 0,40\%$$

Tabel 2. Hasil uji *exhaust fan*

Percobaan Ke	Kadar CO (ppm)	Waktu penghisapan kipas (second)
1	21,51	11
2	34,07	22
3	52,05	24
4	67,65	31

Error dalam penelitian ini dimaksudkan selisih nilai antara Gas *analyzer* dan alat yang dibuat. Tujuannya adalah mengetahui seberapa sensitif sensor dalam prototipe alat terhadap gas berbahaya. Error rata-rata CO adalah 0,40 % ini dikarenakan kualitas dari sensor MQ yang memang untuk skala prototipe sedangkan TGS digunakan untuk skala industry.

Beberapa penelitian sebelumnya oleh (Setyawan, Dewanto, and Zariatini 2018) tentang prototipe alat deteksi kandungan CO dan HC dalam kabin kendaraan menggunakan mikrokontroler Arduino peneliti mendesain alat pendeteksi kandungan CO dan HC. Dalam penelitian ini akan dikembangkan sebuah sistem deteksi terhadap adanya gas berbahaya didalam kabin kendaraan dan sistem akan merespon dengan membunyikan *buzzer*, menampilkan jenis gas dilayar LCD serta memfungsikan aktuator penggerak kaca jendela kendaraan yang secara otomatis akan membuka semua kaca jendela kendaraan sehingga semua gas berbahaya dapat keluar dari kabin. Pada penelitian (Pamungkas, Sulistyani, and Rahardjo 2017), ambang batas yang Penulis gunakan adalah berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan. Memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan bahwa maksimal gas CO di udara pada sebuah ruangan adalah sebesar 9 ppm.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe alat pendeteksi gas CO ini mampu bekerja secara efektif dan akurat. Sensor Mq-7 yang digunakan dapat mendeteksi konsentrasi gas CO dengan baik dan menampilkan nilai kadar CO

secara nyata pada layar kristal cair. Ketika kadar gas CO melebihi ambang batas 9 ppm, sistem secara otomatis mengaktifkan *exhaust fan*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *exhaust fan* mampu berfungsi secara responsif dan menurunkan konsentrasi gas CO di lingkungan terdeteksi, sehingga alat ini terbukti dapat membantu meningkatkan keselamatan dan kualitas udara di sekitarnya. Namun dalam penelitian ini pengujian hanya dilakukan di satu lokasi dan hanya untuk gas CO (Carbon Monoksida). Rekomendasi dari penelitian ini dapat mendeteksi multi-gas. Implikasi Kebijakan dan Regulasi dari penelitian ini bisa menjadi dasar penyusunan atau evaluasi kebijakan pengendalian emisi kendaraan bermotor. Implikasi untuk Penelitian dan Pengembangan dapat dijadikan dasar untuk penelitian lanjutan, seperti sistem IoT, penggunaan AI untuk prediksi polusi, atau integrasi dengan *smart city*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dinas Perhubungan Kabupaten Batang dan Universitas PGRI Semarang atas segala bantuan dalam proses perakitan dan penelitian. Penghargaan yang tulus turut ditujukan kepada seluruh pihak yang telah berperan, baik secara langsung maupun tidak langsung, melalui saran, tenaga, maupun motivasi yang sangat membantu kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Faroqi, Adam, Dery Kurnia Halim, Mada Sanjaya WS, dan Eko Prabowo Hadisantoso. 2017. "Perancangan Alat Pendeteksi Kadar Polusi Udara Menggunakan Sensor Gas MQ-7 dengan Teknologi Wireless HC-05." *Jurnal Istek* 10 (2).
- Ismiyati, Ismiyati, Devi Marlita, dan Deslida Saidah. 2014. "Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor." *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)* 1 (3): 241–48.
- Peraturan Pemerintah. 2012. "55AD Tahun 2012 tentang Kendaraan." Jakarta.
- Pamungkas, Rionaldo Elen, Sulistyani Sulistyani, dan Mursid Rahardjo. 2017. "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Akibat Paparan Karbon Monoksida (CO) Melalui Inhalasi pada Pedagang di Sepanjang Jalan Depan Pasar Projo Ambarawa Kabupaten Semarang." *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 5 (5): 824–31.
- Setyawan, Reinaldi, Yohanes Dewanto, dan Dede Zariatin. 2018. "Prototipe Alat Deteksi Kandungan CO dan HC dalam Kabin Kendaraan Menggunakan Mikrokontroler Arduino." *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin* 8 (2): 55–60.
- Shidqi, Hasby Ash. 2022. "Pembuatan Exhaust Fan Otomatis untuk Mengurangi Kadar Asap Kendaraan di dalam Ruangan Uji Kir Kendaraan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD) dan Model Kano (Studi Kasus Tempat Uji Kendaraan Bermotor Kabupaten Pemalang)." Universitas Islam Sultan Agung.
- Wardhana, W. A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Press.
- Winarno, Joko. 2014. "Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan." *Jurnal Teknik* 4 (1).
- Yulianto, Bayu Dafa Mujo, Aulia Desy Aulia Nur Utomo, and Aditya Wijayanto. 2022. "Perancangan Alat Monitoring Suhu dan Polusi Karbon Monoksida (CO) di Udara Berbasis Internet of Things (IoT)." *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology* 1 (4): 194–205.
- Yusuf, Ariza. 2020. *Rancangan Alat Pemantau Kualitas Udara dengan Sensor PMS5003 pada Gedung Unit Pengelola Pengujian Kendaraan Bermotor Pulogadung*. Diss., Universitas Mercu Buana Jakarta.