

SISTEM MONITORING DAN DETEKSI DINI KUALITAS UDARA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Luthfan Akmal Faturrahman^{1*}, Budiman Faisal Tanjung², Yuliarman Saragih³

^{1,2,3}Universitas Singaperbangsa Karawang; Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361; Telp. (0267) 641177

Keywords:

Internet of Things;
Air Quality;
Air Pollution;
Real-Time Monitoring.

Correspondent Email:

2110631160011@student.unsika.ac.id

Abstrak. Udara merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Kualitas udara yang buruk akibat pencemaran gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), amonia (NH₃), dan karbon dioksida (CO₂) dapat memicu berbagai penyakit saluran pernapasan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kualitas udara yang mampu mendeteksi gas-gas tersebut secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem *monitoring* kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan tiga sensor gas, yaitu MQ-07, MQ-09, dan MQ-135. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D), dengan pendekatan pengujian langsung terhadap rancang bangun alat serta penguatan melalui studi literatur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketiga sensor mampu mendeteksi konsentrasi gas secara akurat dan memberikan respons yang sesuai terhadap klasifikasi kualitas udara (baik, sedang, buruk, berbahaya). Sistem yang dikembangkan juga mampu menampilkan data secara *real-time* melalui antarmuka web dan LCD. Dengan kemampuan deteksi dini dan akses data yang terbuka, sistem ini diharapkan dapat mendukung upaya penurunan risiko kesehatan akibat polusi udara serta menjadi kontribusi nyata dalam pencapaian target SDGs, khususnya tujuan ke-3 tentang kehidupan sehat dan sejahtera.



JITET is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstract. Air is one of the essential natural resources for human survival. Poor air quality due to the presence of harmful gases such as carbon monoxide (CO), ammonia (NH₃), and carbon dioxide (CO₂) can lead to various respiratory diseases. Therefore, a real-time air quality monitoring system capable of detecting these gases is urgently needed. This research aims to design and evaluate an *Internet of Things* (IoT)-based air quality monitoring system using three gas sensors: MQ-07, MQ-09, and MQ-135. The study employed a *Research and Development* (R&D) method by directly testing a prototype device, supported by relevant literature and prior research. The results show that all three sensors effectively detected gas concentrations and provided appropriate responses based on air quality classification (good, moderate, poor, hazardous). The developed system also successfully displayed real-time data through a web interface and LCD. With its early detection capability and real-time data accessibility, this system is expected to support efforts in reducing health risks from air pollution and contribute significantly to achieving SDG Goal 3 on good health and well-being.

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan sumber daya alam esensial yang menunjang keberlangsungan hidup seluruh makhluk hidup, khususnya manusia. Udara tersusun atas campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, seperti oksigen dan nitrogen. Kualitas udara memiliki peran krusial terhadap kesehatan manusia, karena jika tercemar, dapat menimbulkan berbagai dampak negatif. Salah satu faktor utama yang memengaruhi kualitas udara adalah pencemaran yang berasal dari aktivitas manusia dan alam [1]. Pencemaran udara terjadi ketika atmosfer terkontaminasi oleh zat atau partikel berbahaya yang dapat mengancam kesehatan manusia, hewan, serta lingkungan. Polutan tersebut dapat berasal dari berbagai sumber, seperti emisi kendaraan bermotor, aktivitas industri, dan pembakaran bahan bakar fosil [2].

Dalam konteks kesehatan masyarakat, kualitas udara menjadi indikator penting karena memburuknya kualitas udara di wilayah perkotaan yang padat kendaraan dan industri, serta minimnya ruang terbuka hijau, telah terbukti meningkatkan risiko gangguan pernapasan pada manusia [3]. Melihat besarnya dampak yang ditimbulkan, maka pengendalian pencemaran udara membutuhkan perhatian serius dari berbagai pihak, baik pemerintah maupun masyarakat. Udara yang tercemar dapat menyebabkan sejumlah gangguan kesehatan seperti infeksi saluran pernapasan, iritasi, alergi, hingga penyakit paru-paru kronis dan kematian dini. Selain itu, pencemaran udara juga memperparah krisis iklim melalui efek rumah kaca dan pemanasan global [4].

Agenda Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) mencakup 17 tujuan, salah satunya adalah tujuan ke-3 yang menekankan pentingnya menjamin kehidupan yang sehat dan mendukung kesejahteraan bagi semua kelompok usia. Indonesia menunjukkan komitmen kuat dalam mewujudkan agenda ini hingga tahun 2030 [5]. Salah satu target utama adalah mengurangi angka kematian dan penyakit yang disebabkan oleh bahan kimia berbahaya, polusi udara, serta kontaminasi lingkungan pada umumnya. Upaya pencapaian target ini menjadi penting mengingat masih tingginya angka kematian akibat paparan polusi udara, termasuk penyakit seperti pneumonia, stroke, penyakit jantung, PPOK, hingga kanker

paru-paru. WHO maupun Kementerian Kesehatan RI telah mengembangkan sejumlah indikator untuk memetakan risiko tersebut secara nasional [6].

Pada suatu penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Noval dkk (2022) dari Institut Teknologi dan Bisnis Yadika dengan judul “Implementasi *Internet of Things* untuk *Monitoring* dan Pengendalian Pencemaran Udara Studi Kasus Sensor Gas”, merancang sebuah sistem monitoring polusi udara menggunakan sensor MQ-135 yang terintegrasi dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Data pembacaan ditampilkan melalui layar LCD dan dikirim ke server untuk memudahkan pemantauan. Alat ini terbukti memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi konsentrasi CO₂ dan mampu bekerja optimal di berbagai kondisi lingkungan. Namun, sistem tersebut masih memiliki keterbatasan, yakni hanya menggunakan satu jenis sensor dan belum dilengkapi dengan fitur pemantauan secara *real-time* melalui aplikasi [7].

Berdasarkan dari permasalahan tersebut, diperlukan inovasi sistem yang lebih komprehensif untuk memantau dan mendeteksi kualitas udara secara dini, serta memberikan informasi yang mudah diakses masyarakat. Penelitian ini mengembangkan sistem *monitoring* kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memberikan data secara *real-time* kepada para pemangku kepentingan. Data dapat ditampilkan melalui *website* maupun aplikasi dan digunakan untuk analisis kondisi udara di suatu wilayah. Sistem ini menggunakan tiga sensor MQ, yaitu MQ-07, MQ-09, dan MQ-135, yang terhubung ke mikrokontroler ESP8266. Seluruh data hasil pembacaan dikirim ke *database* dan ditampilkan melalui antarmuka berbasis web, sehingga pengguna dapat memantau kondisi udara secara langsung dan mengambil langkah preventif jika diperlukan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep yang memungkinkan berbagai perangkat saling terhubung dan bertukar informasi melalui jaringan internet. Kemampuan ini memungkinkan proses pengumpulan serta analisis data secara langsung (*real-time*), yang dapat dimanfaatkan

dalam berbagai bidang, termasuk pengelolaan energi. Dalam konteks manajemen energi, pemanfaatan IoT berpotensi besar dalam meningkatkan efisiensi penggunaan daya dan pengoperasian sistem secara keseluruhan [8].

Secara umum, IoT mengacu pada kemampuan untuk mengintegrasikan berbagai objek cerdas agar dapat berinteraksi secara otomatis dengan sesama perangkat, lingkungan sekitar, maupun sistem komputasi lainnya melalui jaringan internet. Fungsinya tidak terbatas pada komunikasi data saja, tetapi juga mencakup proses identifikasi, pelacakan, pemantauan, dan pemicu kejadian secara otomatis dalam waktu nyata. Penerapan IoT melibatkan gabungan dari teknologi komputer, komunikasi, dan internet yang memberikan dampak signifikan terhadap sektor ekonomi, operasional industri, sosial, produksi, bahkan hingga kehidupan sehari-hari individu [9].

IoT memungkinkan perangkat fisik untuk berkomunikasi secara langsung satu sama lain melalui koneksi internet. Perkembangan teknologi ini menjadi landasan bagi sistem otomasi yang lebih efisien dan adaptif, serta membuka peluang peningkatan produktivitas pada berbagai sektor industri [10]. Dalam hal ini, istilah “*Things*” dalam IoT mencakup objek atau entitas yang dapat dikoneksikan, seperti manusia yang menggunakan monitor jantung implan, hewan ternak yang dilengkapi chip identifikasi biologis, atau kendaraan dengan sensor internal yang memberi peringatan otomatis saat tekanan ban menurun [11].

2.2 Arduino UNO

Arduino merupakan salah satu platform mikrokontroler yang paling banyak digunakan dalam pengembangan sistem elektronik dan otomasi. Arduino Uno sendiri didesain berbasis mikrokontroler ATmega328P, yang memiliki sejumlah fitur penting seperti pin input/output digital, pin input analog, komunikasi serial, serta antarmuka pemrograman yang dapat diakses melalui perangkat lunak Arduino IDE [12]. Proses kerja Arduino Uno dimulai dengan menghubungkannya ke komputer melalui koneksi USB. Perangkat ini memanfaatkan chip ATmega16U2 yang berfungsi sebagai konverter dari USB ke komunikasi serial, sehingga memungkinkan pemrograman mikrokontroler secara langsung. Arduino Uno juga dapat memperoleh catu daya dari sumber

tegangan arus searah (DC), baik melalui baterai maupun adaptor AC-to-DC, untuk menjaga kestabilan operasional perangkat [13].

2.3 Sensor MQ-07

Sensor MQ-07 merupakan jenis sensor gas yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan karbon monoksida (CO) dan senyawa hidrokarbon (HC) di udara. Sensor ini banyak dimanfaatkan dalam sistem deteksi gas dan pemantauan kualitas udara, baik di sektor industri maupun lingkungan rumah tangga. MQ-07 dikenal memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap gas CO dan HC, serta menghasilkan keluaran berupa tegangan analog yang dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler seperti Arduino [14].

2.4 Sensor MQ-09

Sensor MQ-09 merupakan perangkat pendeteksi gas yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap amonia (NH_3). Amonia sendiri merupakan gas yang umum dijumpai di lingkungan industri, fasilitas peternakan, maupun laboratorium kimia. Penggunaan sensor ini bertujuan untuk mendeteksi keberadaan atau kebocoran gas amonia guna menjaga keselamatan dan keamanan area kerja. Selain itu, MQ-09 juga mampu merespons keberadaan gas hidrogen dan sejumlah gas mudah terbakar lainnya. Meskipun memiliki karakteristik yang mirip dengan jenis sensor MQ-9, sensor MQ-09 menawarkan desain yang lebih kompleks dan cakupan deteksi yang lebih terfokus [15].

2.5 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan jenis sensor gas yang berfungsi untuk mendeteksi karbon dioksida (CO_2) serta berbagai gas berbahaya lainnya seperti amonia (NH_3), benzena, alkohol, dan karbon monoksida (CO). Sensor ini umum digunakan dalam sistem pemantauan kualitas udara, khususnya pada ruang tertutup maupun lingkungan industri, karena kemampuannya dalam mengenali sejumlah polutan udara yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia. [16].

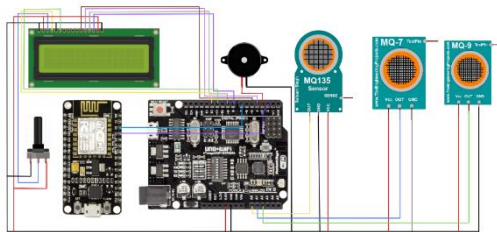
3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan menggunakan metode *Research and Development* (R&D) melalui pengambilan data secara langsung pada rancang

bangun alat yang telah dibuat. Selain itu, penelitian juga didukung dengan berbagai studi literatur dan penelitian sebelumnya terkait hal yang serupa.

3.1 Rangkaian Alat

Rangkaian sistem pemantauan kualitas udara ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu empat sensor gas (MQ-07, MQ-09, MQ-135, dan MQ-02), sebuah mikrokontroler Arduino UNO, modul ESP8266, buzzer, potensiometer, dan LCD 16×2. Sensor MQ-07 dan MQ-09 berfungsi untuk mendeteksi gas hidrokarbon (HC) dan amonia (NH_3), yang keduanya terhubung langsung ke Arduino UNO melalui pin analog. Sementara itu, sensor MQ-135 yang digunakan untuk mendeteksi karbon dioksida (CO_2) terhubung langsung ke modul ESP8266 sebagai bagian dari sistem komunikasi nirkabel. Arduino UNO bertugas membaca data dari ketiga sensor (MQ-07, MQ-09, dan MQ-02), kemudian mengirimkan data tersebut ke ESP8266 melalui koneksi serial. Modul buzzer diaktifkan sebagai sistem peringatan saat kualitas udara mencapai tingkat yang membahayakan, sedangkan LCD berfungsi menampilkan pembacaan gas secara lokal.



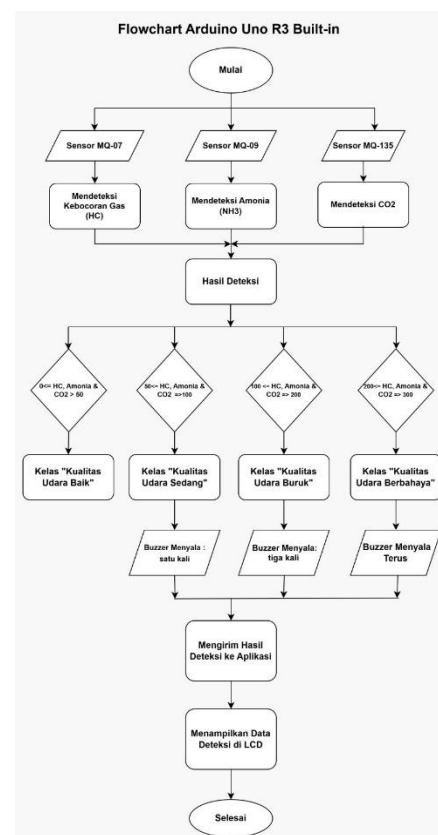
Gambar 1. Rangkaian Alat

Selanjutnya, ESP8266 berperan sebagai pengirim data ke server penyimpanan awan (*cloud*) sehingga informasi kualitas udara dapat diakses secara *real-time* melalui aplikasi berbasis web. Aplikasi ini menampilkan data sensor secara dinamis dalam bentuk angka maupun grafik perkembangan, sehingga pengguna dapat memantau kondisi udara secara terus-menerus. Potensiometer digunakan untuk mengatur kontras tampilan LCD. Dengan integrasi ini, sistem memungkinkan pemantauan kualitas udara dari jarak jauh secara efektif, serta memberikan peringatan dini

melalui *buzzer* apabila terdeteksi gas pada level berbahaya.

3.2 Diagram Alir Alat

Proses kerja sistem dimulai dengan mengaktifkan perangkat *monitoring* kualitas udara, dilanjutkan dengan inisialisasi seluruh sensor yang digunakan, yaitu MQ-135, MQ-09, dan MQ-07. Sistem melakukan proses kalibrasi awal dan memastikan koneksi ke jaringan internet berjalan dengan baik melalui modul ESP8266. Selanjutnya, data gas dari lingkungan sekitar dibaca oleh masing-masing sensor: MQ-135 untuk karbon dioksida (CO_2), MQ-09 untuk gas hidrokarbon (HC), dan MQ-07 untuk amonia (NH_3). Data yang diperoleh masih dalam bentuk analog, kemudian dikonversi ke satuan *parts per million* (ppm) agar dapat diinterpretasikan sebagai konsentrasi gas secara kuantitatif.



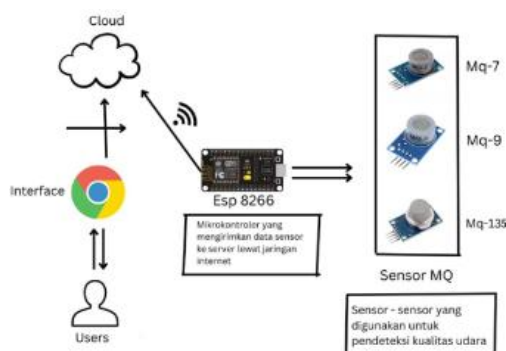
Gambar 2. Diagram Alir Alat

Setelah proses konversi, data dianalisis oleh sistem untuk menentukan klasifikasi kualitas udara ke dalam kategori baik, sedang, buruk, atau berbahaya. Sistem akan memberikan notifikasi melalui buzzer dengan pola tertentu:

satu kali bunyi untuk kualitas udara sedang, tiga kali untuk buruk, dan menyala terus-menerus untuk kondisi berbahaya. Data hasil pengukuran kemudian disimpan ke dalam *database* lokal atau *cloud* untuk kebutuhan pemantauan historis. Secara bersamaan, data juga dikirimkan ke LCD dan ke server melalui koneksi internet agar dapat ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi atau *website*. Dengan demikian, pengguna dapat mengakses dan memantau kondisi kualitas udara secara langsung melalui dua media, yaitu tampilan lokal (LCD) dan jarak jauh (*web monitoring*). Proses ini akan terus berjalan selama sistem aktif, dan dapat dihentikan dengan mematikan perangkat secara manual.

3.3 Cara Kerja Alat

Sistem *monitoring* kualitas udara ini bekerja dengan memanfaatkan sensor-sensor gas seperti MQ-07, MQ-09, dan MQ-135 yang berfungsi untuk mendeteksi berbagai parameter pencemar udara, seperti gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan senyawa berbahaya lainnya. Sensor-sensor tersebut terhubung langsung ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266, yang bertugas sebagai perangkat penghubung antara sistem sensor dan jaringan internet. Data yang dihasilkan oleh sensor dikumpulkan secara terus-menerus dan dikirimkan secara berkala ke server melalui koneksi nirkabel. ESP8266 tidak hanya berperan dalam pengiriman data, tetapi juga memungkinkan sistem bekerja secara *real-time* dan mendukung komunikasi dua arah antara perangkat dan antarmuka pengguna.



Gambar 3. Cara Kerja Alat

Selanjutnya, data yang dikirimkan akan disimpan di penyimpanan berbasis *cloud* dan ditampilkan melalui antarmuka *website* yang

dapat diakses pengguna dari berbagai perangkat yang terhubung ke internet. Melalui *website* ini, informasi kualitas udara disajikan dalam bentuk visual seperti grafik, tabel, atau peta interaktif yang menggambarkan tingkat polusi udara di suatu wilayah. Pengguna dapat memantau kondisi kualitas udara kapan saja dan di mana saja secara *real-time*, serta memperoleh informasi yang relevan untuk mengambil langkah mitigasi apabila kadar polusi udara menunjukkan peningkatan hingga level berbahaya. Dengan pendekatan ini, sistem memberikan kemudahan akses informasi serta mendukung tindakan preventif terhadap risiko kesehatan akibat pencemaran udara.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor MQ-07

Pengujian terhadap Sensor MQ-07 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuannya dalam mendeteksi keberadaan gas hidrokarbon (HC) di lingkungan sekitar alat. Sensor ini dirancang untuk merespons senyawa hidrokarbon yang biasanya dilepaskan akibat kebocoran gas dari bahan bakar atau reaksi kimia lainnya.

Tabel 1. Pengujian Sensor MQ-07

Percobaan	Kadar HC (ppm)	Klasifikasi Kualitas Udara
1	14	Baik
2	18	Sedang
3	22	Buruk
4	28	Berbahaya
5	20	Sedang
6	24	Buruk
7	15	Baik

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak tujuh kali, sensor MQ-07 menunjukkan kemampuan deteksi yang cukup baik dalam mengidentifikasi konsentrasi gas hidrokarbon (HC) di lingkungan sekitar. Nilai konsentrasi yang terdeteksi berkisar antara 14 hingga 28 ppm. Dari hasil klasifikasi, diketahui bahwa sensor mampu membedakan kualitas udara ke dalam empat kategori, yaitu baik, sedang, buruk, dan berbahaya. Pada kadar 14–15 ppm, sensor mengklasifikasikan udara sebagai baik, sementara pada kadar 28 ppm udara

terklasifikasi sebagai berbahaya, yang secara otomatis mengaktifkan buzzer secara terus-menerus sesuai logika sistem pada *flowchart*. Hasil ini menunjukkan bahwa Sensor MQ-07 tidak hanya peka terhadap perubahan kadar HC, tetapi juga konsisten dalam mengeluarkan output sistem berdasarkan ambang batas yang ditetapkan. Ketepatan klasifikasi serta aktivasi buzzer yang akurat mengindikasikan bahwa sensor telah terintegrasi dengan baik dalam sistem pendeteksian berbasis arduino.

4.2 Pengujian Sensor MQ-09

Sensor MQ-09 digunakan dalam sistem ini untuk mendeteksi keberadaan gas amonia (NH_3) di udara. Amonia merupakan senyawa kimia yang beracun dalam konsentrasi tinggi dan banyak ditemukan pada limbah organik, pupuk, atau bahan kimia tertentu. Oleh karena itu, tujuan utama pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan MQ-09 dalam mengidentifikasi perubahan kadar NH_3 secara bertahap dalam waktu nyata (*real-time*) dan menentukan akurasi sensor dalam menyesuaikan pembacaan dengan klasifikasi kualitas udara.

Tabel 2. Pengujian Sensor MQ-09

Percobaan	Kadar NH_3 (ppm)	Klasifikasi Kualitas Udara
1	18	Baik
2	25	Sedang
3	30	Buruk
4	35	Berbahaya
5	28	Sedang
6	32	Buruk
7	20	Baik

Pengujian terhadap Sensor MQ-09 menghasilkan pembacaan kadar amonia (NH_3) yang bervariasi antara 18 hingga 35 ppm. Pada percobaan ke-4, kadar NH_3 mencapai 35 ppm, yang terklasifikasi sebagai berbahaya dan memicu buzzer menyala secara terus-menerus. Adapun pembacaan pada rentang 25–32 ppm dikategorikan sebagai sedang dan buruk, serta menghasilkan respons sistem berupa aktivasi buzzer secara sementara. Sensor juga mampu mendeteksi konsentrasi rendah (18–20 ppm) dan mengklasifikasikannya sebagai kualitas udara baik, tanpa mengaktifkan peringatan

suara. Pola respons ini menunjukkan bahwa Sensor MQ-09 dapat diandalkan dalam mendeteksi paparan gas amonia secara bertahap, dengan tingkat sensitivitas yang memadai. Sinkronisasi dengan output sistem seperti LCD dan aplikasi berjalan dengan baik, memperkuat fungsi sensor sebagai komponen pemantau kualitas udara.

4.3 Pengujian Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 memiliki kemampuan untuk mendeteksi berbagai jenis gas, namun pada pengujian ini difokuskan untuk mendeteksi karbon dioksida (CO_2), yang merupakan indikator penting dalam kualitas udara dalam ruangan. Kadar CO_2 yang tinggi dapat menyebabkan ketidaknyamanan, penurunan konsentrasi, bahkan gangguan kesehatan apabila dibiarkan.

Tabel 3. Pengujian Sensor MQ-135

Percobaan	Kadar CO_2 (ppm)	Klasifikasi Kualitas Udara
1	420	Baik
2	500	Sedang
3	650	Buruk
4	800	Berbahaya
5	480	Sedang
6	700	Buruk
7	430	Baik

Hasil pengujian Sensor MQ-135 menunjukkan kemampuan dalam mendeteksi kadar karbon dioksida (CO_2) dengan pembacaan antara 420 hingga 800 ppm. Sensor menunjukkan sensitivitas tinggi ketika kadar CO_2 mencapai 800 ppm pada percobaan ke-4, yang diklasifikasikan sebagai berbahaya dan menyebabkan buzzer menyala terus-menerus. Respons sistem juga terlihat aktif pada level buruk (650–700 ppm), di mana buzzer menyala sesaat untuk memberi peringatan dini. Pada kadar rendah (420–430 ppm), kualitas udara diklasifikasikan sebagai baik, dan sistem hanya mengirimkan data ke LCD dan aplikasi tanpa aktivasi peringatan. Kesesuaian antara level CO_2 , klasifikasi kualitas udara, dan respons perangkat lunak/*hardware* menunjukkan bahwa MQ-135 berfungsi secara optimal. Sensor ini dapat digunakan secara efektif dalam sistem *monitoring* udara berbasis mikrokontroler

untuk mendeteksi akumulasi CO₂ di ruang tertutup.

5. KESIMPULAN

- a. Seluruh sensor yang diuji, yakni MQ-07, MQ-09, dan MQ-135, mampu mendeteksi konsentrasi gas hidrokarbon (HC), amonia (NH₃), dan karbon dioksida (CO₂) secara akurat dan bertahap, dengan sensitivitas yang sesuai untuk kebutuhan sistem pemantauan kualitas udara.
- b. Sistem klasifikasi kualitas udara yang dibangun berdasarkan ambang batas tertentu berhasil dijalankan dengan baik, ditunjukkan melalui respons otomatis seperti aktivasi buzzer dan tampilan data ke LCD serta aplikasi ketika nilai gas melebihi ambang yang ditentukan.
- c. Integrasi antara sensor dan mikrokontroler Arduino Uno menunjukkan performa yang stabil dan responsif, sehingga sistem ini dinilai layak untuk digunakan sebagai alat *monitoring* kualitas udara secara *real-time* dan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. P. Putro, D. A. Hidayat, F. F. Heratama, A. D. Cahyo, D. E. Yulian, and Y. A. Prabowo, "Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Menggunakan Mikrokontroler ESP32 dengan Sensor MQ2 Berbasis *Internet of Things*," *SNESTIK: Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika*, pp. 217–224, Mar. 2023.
- [2] S. Candrasari *et al.*, "Pemulihan Dampak Pencemaran Udara Bagi Kesehatan Masyarakat Indonesia," *Jurnal Professional: Jurnal Komunikasi & Administrasi Publik*, vol. 10, no. 2, pp. 849–854, Dec. 2023.
- [3] A. F. Choiri, E. Setyati, and F. H. Chandra, "Sistem IoT Berbasis Fuzzy Inference Engine Untuk Penilaian Kualitas Udara Dalam Ruangan," *J-TIT: Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, vol. 9, no. 2, pp. 101–110, Dec. 2022.
- [4] M. Hasanuddin and H. Herdianto, "Sistem *Monitoring* dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis *Internet of Things* (IoT)," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, no. 4, pp. 976–984, Aug. 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4034.
- [5] N. Hikmah and A. Fithriana, "Strategi Indonesia Dalam Mencapai *Sustainable Development Goals* Point 3 Melalui Jaminan Kesehatan Nasional," pp. 13–20, 2017.
- [6] UNICEF, "*Sustainable Development Goals*," UNICEF Data.
- [7] M. N. Riswandha, R. Selviana, and N. Bahri, "Implementasi *Internet of Things* untuk *Monitoring* dan Pengendalian Pencemaran Udara Studi Kasus Sensor Gas," *Jurnal SPIRIT*, vol. 16, no. 2, pp. 310–317, Nov. 2024.
- [8] E. D. A. Kurniawan *et al.*, "Strategi Pengurangan Konsumsi Listrik Melalui Teknologi Cerdas: Penerapan *Internet of Things* (IoT) di Masa Depan," *Jurnal Angka*, vol. 2, no. 1, pp. 31–40, Jan. 2025.
- [9] M. Danu, F. Mawasandi, Z. N. Aziz, M. F. G. Rosyadi, and B. Wahyudi, "Transformasi Manajemen Rantai Pasokan Berbasis *Internet of Things* (IoT): Tinjauan Literatur," *JTMIT: Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 32–44, Mar. 2025.
- [10] A. R. Muttaqin, A. Wibawa, and K. Nabila, "Inovasi Digital untuk Masyarakat yang Lebih Cerdas 5.0: Analisis Tren Teknologi Informasi dan Prospek Masa Depan," *Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik*, vol. 1, no. 12, pp. 880–886, Dec. 2021, doi: 10.17977/um068v1i122021p880-886.
- [11] Yusman, Bakhtiar, and U. Sari, "Rancang Bangun Sistem *Smart Home* Dengan Arduino UNO R3 Berbasis *Internet of Things* (IoT)," *LITEK: Listrik Telekomunikasi Elektronika*, vol. 16, no. 1, pp. 25–29, Mar. 2019.
- [12] I. S. Nabawi and R. Badarudin, "Perancangan Sistem Kontrol Lampu Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3 Dengan Sensor Suara LM393, Electret Microphone," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4536.
- [13] L. F. Scorpionius and Yakub, "Perancangan Sistem Pendeteksi Asap Otomatis Berbasis Arduino R3 Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani," *JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 8, no. 6, pp. 12672–12675, Dec. 2024.
- [14] C. Krismana, "Perancangan Ditektor Gas Karbon Monoksida (CO) dan Hidro Karbon

- (HC) dengan Sistem Air Purifier Berbasis Arduino,” *ELKOM: Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi*, pp. 1–11, Mar. 2021.
- [15] B. anuddin Nur, U. Suryadhianto, and C. F. Hadi, “Sistem Pendeteksi Gas Amonia (Nh3) Untuk Keamanan Ruang Produksi Pada Industri Pengolahan Udang Berbasis Arduino,” *Zetroem*, vol. 4, no. 1, pp. 18–22, 2022.
- [16] U. Salamah, Q. Hidayah, and D. Y. Kusuma, “CO2 detection system in mixed gas using MQ-135 sensor,” *Newton-Maxwell Journal of Physics*, vol. 2, no. 2, pp. 72–77, Oct. 2021.