Pengembangan Sistem Pendeteksi Kadar Asap Rokok Dalam Ruangan Berbasis MQ-135

Development of an MQ-135-Based Indoor Cigarette Smoke Level Detection System

Septiya Hanum Pratiwi[1], dan Muchtar Ali Setyo Yudono[2]
[1)] Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra, Jl. Raya Cibolang Cisaat - Sukabumi No.21, Cibolang Kaler, Kec. Cisaat, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat 43152Sukabumi, Jawa Barat 43152
[2)] Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jenderal Sudirman Km 3, Kotabumi, Kec. Purwakarta, Kota Cilegon, Banten 42435
Alamat korespondensi: septiya.hanum_te21@nusaputra.ac.id

Abstrak

Asap rokok merupakan salah satu sumber utama polusi udara dalam ruangan yang mengandung senyawa kimia berbahaya seperti karbon monoksida, amonia, dan partikel lainnya yang dapat mengganggu sistem pernapasan manusia. Untuk memantau dan mendeteksi kondisi udara yang tidak sehat akibat asap rokok, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pendeteksi kualitas udara berbasis mikrokontroler Wemos D1 dengan sensor MQ-135 dan DHT11. Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi parameter udara buruk berdasarkan nilai MQ-135 di atas 400 ppm, suhu di atas 30°C, dan kelembaban di bawah 40%. Hasil pembacaan sensor ditampilkan secara *real-time* pada layar OLED 128x64 dan disimpan ke dalam kartu memori SD Card. Selain itu, *buzzer* akan aktif sebagai alarm peringatan ketika kondisi udara dinyatakan tidak sehat. Pengembangan sistem melibatkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, dengan fokus pada akurasi, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. Diharapkan sistem ini dapat membantu pengguna dalam memantau kualitas udara secara efektif serta mengambil langkah pencegahan untuk mengurangi risiko gangguan kesehatan akibat paparan asap rokok dalam ruangan..

Kata kunci: asap rokok, kualitas udara, sensor gas, polusi udara dalam ruangan, sistem deteksi.

Abstract

Cigarette smoke is one of the main sources of indoor air pollution that contains harmful chemical compounds such as carbon monoxide, ammonia, and other particles that can disrupt the human respiratory system. To monitor and detect unhealthy air conditions due to cigarette smoke, this study aims to develop an air quality detection system based on the Wemos D1 microcontroller with MQ-135 and DHT11 sensors. The system is designed to identify bad air parameters based on MQ-135 values above 400 ppm, temperatures above 30°C, and humidity below 40%. The sensor reading results are displayed in real-time on a 128x64 OLED screen and stored into the SD Card memory card. In addition, the buzzer will activate as a warning alarm when the air conditions are declared unhealthy. System development involves the integration of hardware and software, with a focus on accuracy, efficiency, and ease of use. It is hoped that this system can help users in effectively monitoring air quality and take preventive measures to reduce the risk of health problems due to indoor cigarette smoke exposure.

Keywords: cigarette smoke, air quality, gas sensor, indoor air pollution, detection system.

Pendahuluan

Polusi udara dalam ruangan merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang signifikan, terutama di area tertutup dengan ventilasi terbatas. Salah satu sumber utama polusi tersebut adalah asap rokok (1). Asap rokok mengandung berbagai senyawa kimia berbahaya, seperti karbon monoksida (CO), amonia (NH_3), nikotin, tar, arsenik, nitrosamin, sianida, serta partikel padat lainnya yang menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia (2). Paparan asap rokok tidak hanya membahayakan perokok aktif, tetapi juga perokok pasif, yang justru dapat menghirup racun dalam jumlah dua kali lebih banyak (3). Dalam jangka panjang, paparan ini dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan, penyakit kardiovaskular, hingga meningkatkan risiko kanker (4). Penyakit kardiovaskular merupakan salah satu Penyakit yang ini terjadi akibat penyempitan atau penyumbatan pembuluh darah karena penumpukan lemak, yang dapat menghambat aliran darah menuju jantung dan otak (5). Dampaknya mencakup tekanan darah tinggi, aterosklerosis, penyakit jantung koroner, serangan jantung, angina (nyeri dada), stroke, dan kondisi serius lainnya yang menjadi tantangan besar di bidang kesehatan global (6). Di Indonesia, penyakit kardiovaskular menjadi penyebab utama kematian dan kesakitan, dengan faktor risiko yang dapat dicegah seperti hipertensi, obesitas, dislipidemia, dan kebiasaan merokok (7).

Kualitas udara sendiri merujuk pada tingkat kebersihan atau tingkat polusi udara dalam suatu lingkungan. Berdasarkan panduan kualitas udara ambien yang dirilis oleh World Health Organization (WHO) pada tahun 2021, kualitas udara dipengaruhi oleh berbagai parameter polutan [6]. Tidak semua gas yang terdapat di udara aman untuk dihirup; paparan terhadap gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO_2) dapat menimbulkan dampak berbahaya bagi tubuh (8).

Untuk meminimalkan dampak negatif dari paparan asap rokok, dibutuhkan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan yang mampu bekerja secara real-time. Pemantauan yang akurat dan responsif memungkinkan pengguna mengetahui kondisi udara secara langsung, sehingga dapat segera mengambil tindakan pencegahan guna melindungi kesehatan. Salah satu teknologi yang relevan untuk mendeteksi kualitas udara adalah sensor gas MQ-135, yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap berbagai senyawa kimia berbahaya di udara.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem deteksi kadar asap rokok di dalam ruangan dengan memanfaatkan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kualitas udara, serta sensor DHT11 untuk memantau parameter suhu dan kelembaban lingkungan secara simultan. Sistem dirancang untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi polutan utama secara *real-time*, dengan menampilkan hasil pengukuran melalui antarmuka pengguna yang mudah diakses. Melalui integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak, sistem ini difokuskan pada peningkatan akurasi, efisiensi, serta kemudahan dalam penggunaan.

Landasan Teori

a. Polusi Udara Dalam Ruangan

Polusi udara dalam ruangan merupakan masalah kesehatan serius yang menyebabkan sekitar 4,5 juta kematian secara global setiap tahunnya (9). Penyebab utamanya antara lain *pneumonia*, stroke, penyakit jantung iskemik, Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK), dan kanker paru-paru. Kualitas udara yang buruk di dalam ruangan sering disebabkan oleh asap rokok (10).

b. Dampak Asap Rokok Dalam Ruangan

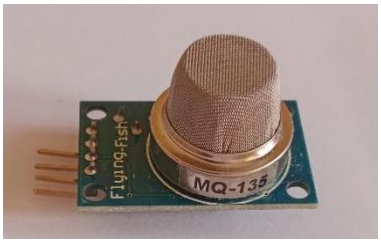
Asap rokok mengandung berbagai senyawa toksik seperti karbon monoksida, amonia, nikotin, tar, dan zat karsinogenik lainnya (11). WHO memperkirakan bahwa konsumsi rokok menyebabkan 71% kasus kanker paru-paru, 42% penyakit pernapasan kronis, dan hampir 10% penyakit kardiovaskular secara global (12).

Di Indonesia, sekitar 97 juta orang non-perokok secara reguler terpapar asap rokok. Mengingat bahwa lebih dari 90% aktivitas manusia dilakukan di dalam ruangan, paparan asap rokok menjadi ancaman serius, baik bagi perokok aktif maupun pasif (13).

c. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan sensor berbasis semikonduktor SnO_2 yang sensitif terhadap berbagai gas berbahaya seperti amonia (NH_3), nitrogen oksida (NO_2), alkohol, benzena, asap, dan karbon dioksida (CO_2) (14). Sensor ini mampu mendeteksi perubahan konsentrasi gas dalam udara secara *real-time* dan sering digunakan dalam sistem monitoring kualitas udara karena memiliki sensitivitas yang tinggi dan respon yang cepat (15).

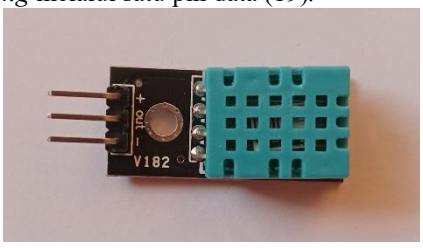
Dalam penelitian, sensor MQ-135 telah dimodifikasi untuk meningkatkan sensitivitasnya terhadap gas berbahaya dengan pendekatan biaya rendah. Modifikasi ini memungkinkan sensor untuk mendeteksi gas dengan lebih efektif (16).



Gambar 1 MQ-135

d. Sensor Suhu dan Kelembaban DHT11

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang mengukur suhu dan kelembaban dengan akurasi sekitar ±2 °C dan ±5 %RH (17). Prinsip kerjanya memanfaatkan termistor internal untuk suhu dan elemen kapasitor untuk kelembaban, kemudian data dikirim secara digital ke mikrokontroler (18). Sensor ini banyak dipakai dalam pemantauan lingkungan dalam ruangan karena harga terjangkau dan kemudahan *interfacing* melalui satu pin data (19).



Gambar 2 Sensor DHT11

e. Mikrokontroler Wemos D1

Wemos D1 (ESP8266) merupakan mikrokontroler dengan modul Wi Fi terintegrasi, ideal untuk aplikasi IoT. Unit ini menerima data dari sensor (MQ 135, DHT11), memproses logika kondisi udara buruk, serta mengendalikan *output* (*buzzer*, OLED, SD card) (20). Kemampuan nirkabelnya memungkinkan pengiriman data ke server atau aplikasi mobile secara *real-time* (21).

Gambar 3 Mikrokontroler Wemos D1

f. Antarmuka Sistem dan Komponen *Output*

Sistem dilengkapi dengan tiga komponen utama yaitu *buzzer*, OLED *display*, dan SD *card*. *Buzzer* berfungsi sebagai alarm yang menyala saat kualitas udara memburuk. Komponen ini efektif memberikan peringatan instan dan banyak digunakan pada sistem pemantauan berbasis mikrokontroler (22). OLED 128×64 digunakan untuk menampilkan data sensor secara *real-time* (23). Layar ini dipilih karena konsumsi daya rendah dan visibilitas tinggi dalam berbagai kondisi pencahayaan (24). *SD Card Module* menyimpan data pembacaan sensor secara berkala dalam format log. Hal tersebut berguna dalam analisis tren dan pencatatan data secara berkelanjutan (25).

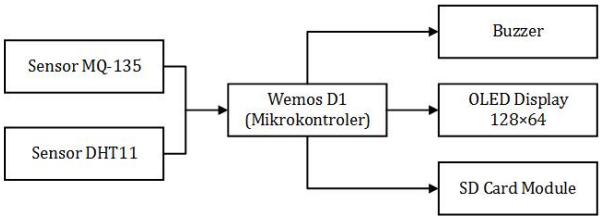
Metode

a. Jenis Dan Pendekatan Penelitian

Penelitian rekayasa atau pengembangan (*research and development*) ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan, khususnya untuk mendeteksi keberadaan asap rokok dalam ruangan secara *real-time.* Sistem ini dikembangkan dengan menggunakan mikrokontroler Wemos D1 serta beberapa sensor dan modul pendukung.

b. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menggambarkan hubungan antar komponen dalam alat. Secara umum, alur kerja sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Pendeteksi Asap Rokok Dalam Ruangan Berbasis MQ-135 dan DHT11

Sensor MQ-135 dan DHT11 membaca data kualitas udara, kemudian data dikirim ke mikrokontroler Wemos D1 untuk dianalisis. Jika nilai parameter udara melebihi ambang batas yang ditentukan, *buzzer* akan menyala sebagai alarm. Sementara itu, data pembacaan ditampilkan pada layar OLED dan disimpan secara otomatis ke dalam SD card sebagai log dokumentasi.

c. Komponen Sistem

Berikut adalah komponen yang digunakan dalam sistem beserta fungsinya:

Tabel 1 Komponen utama yang digunakan dalam alat

No	Komponen	Fungsi
1.	Wemos D1 *Mini*	Mikrokontroler yang mengontrol seluruh sistem
2.	MQ-135	Mendeteksi gas berbahaya seperti CO, amonia, asap rokok
3.	DHT11	Mengukur suhu dan kelembaban udara
4.	OLED 128x64	Menampilkan data pembacaan sensor
5.	*Buzzer*	Memberikan peringatan bunyi saat kondisi udara buruk
6.	MicroSD *Module*	Menyimpan data pembacaan sensor

d. Parameter Udara Buruk

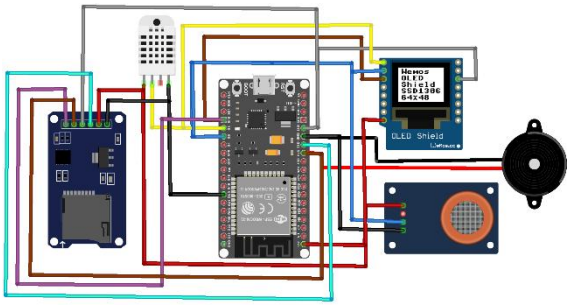
Sistem ini dikonfigurasi untuk memberikan peringatan ketika kualitas udara tergolong buruk dengan parameter sebagai berikut:

Tabel 2 Parameter Udara Buruk

Parameter	Normal	Buruk
MQ-135	≤ 400 ppm	> 400 ppm
Suhu	≤ 30°C	> 30°C
Kelembaban	≥ 40%	< 40%

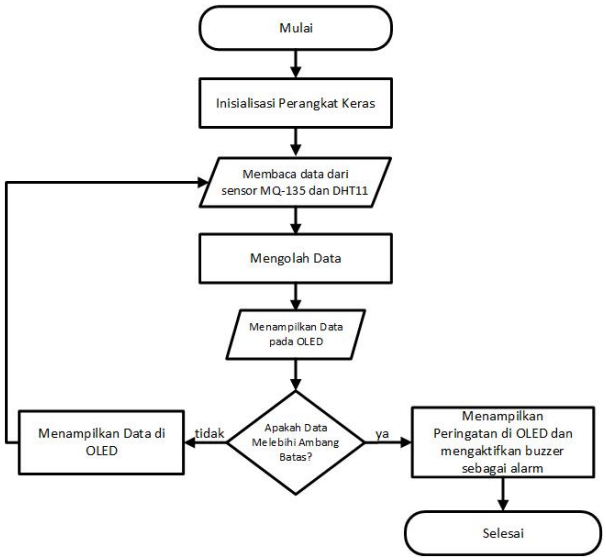
Jika satu atau lebih parameter terpenuhi, sistem akan mengaktifkan alarm *buzzer* dan menyimpan data ke dalam *SD card*.

e. Alur Kerja Sistem



Gambar 5 Perancangan Rangkaian Sistem

Alur kerja sistem dimulai saat sensor MQ-135 dan DHT11 membaca kualitas udara. Data dari sensor kemudian dikirim ke Wemos D1 untuk dianalisis. Jika hasil pembacaan melebihi batas ambang yang ditentukan, *buzzer* akan menyala sebagai alarm, data akan ditampilkan di OLED, dan direkam ke SD card. Alur ini berjalan secara otomatis dan berulang secara berkala.



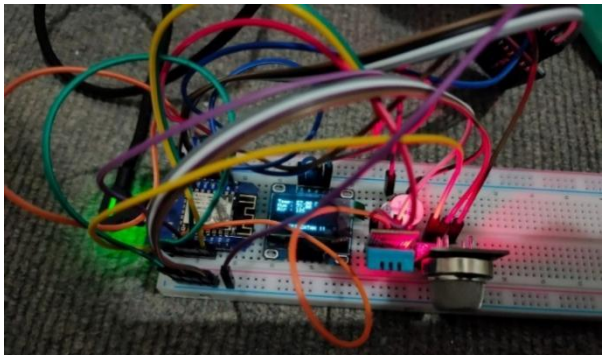
Gambar 6. Diagram Alir Sistem Pendeteksi Asap Rokok Dalam Ruangan Berbasis MQ-135

f. Perancangan Rangkaian Sistem

Untuk menggambarkan susunan dan hubungan antar komponen dalam sistem, digunakan skema rangkaian yang dibuat menggunakan aplikasi *Fritzing*. Skema ini mencakup koneksi antara sensor MQ-135, sensor DHT11, *buzzer*, OLED display, SD card *module*, dan mikrokontroler Wemos D1. Pembuatan skema ini bertujuan untuk memastikan desain sistem dapat diimplementasikan dengan benar sebelum dilakukan proses pengujian.

g. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai fungsi, yaitu mendeteksi kualitas udara buruk akibat asap rokok. Alat diuji di ruangan tertutup dengan memaparkan asap rokok secara langsung. Sensor membaca data udara, lalu diproses oleh Wemos D1. Jika parameter udara buruk terpenuhi (MQ-135 > 400 ppm, suhu > 30°C, kelembaban < 40%), *buzzer* menyala, data tampil di OLED, dan tersimpan di SD card.sistem terhadap kondisi udara buruk yang disebabkan oleh asap rokok. Berikut dokumentasi alat yang telah dirangkai:



Gambar 7 Alat Pendeteksi Asap Rokok Yang Telah Dirancang

Hasil

a. Hasil Kalibrasi sensor

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan bahwa sensor dapat membaca perubahan kualitas udara secara konsisten dan sesuai dengan karakteristik teknis masing-masing sensor. Karena keterbatasan alat, proses kalibrasi tidak menggunakan alat ukur pembanding seperti termohigrometer atau CO meter, melainkan dilakukan dengan pendekatan observasional.

Pembacaan sensor dilakukan dalam dua kondisi lingkungan berbeda, yaitu:

1. Kondisi normal (sebelum adanya asap rokok)
2. Kondisi setelah ruangan terpapar asap rokok

Nilai ambang batas acuan diambil berdasarkan data teknis sensor, yaitu:

- Gas CO: > 400 ppm → Tidak Aman
- Suhu: > 30°C → Tidak Aman
- Kelembaban: < 40% → Tidak Aman

Tabel 3 Kalibrasi Sensor Berdasarkan Perbandingan Dua Kondisi

Parameter	KN	KTA	Selisih	Keterangan
Suhu (°C)	28.7	31.5	+2.8	Terjadi peningkatan
Kelembaban (%)	46	38	-8	Terjadi penurunan
Gas CO (ppm)	350	480	+130	Terjadi peningkatan

Keterangan tabel:
KN = Kondisi Normal
KTA = Kondisi Terpapar Asap

Dari data di atas, sensor mampu merespons perubahan kondisi lingkungan dengan baik. Terlihat bahwa setelah adanya paparan asap rokok, suhu meningkat, kelembaban menurun, dan kadar gas CO naik melebihi batas aman. Ini menunjukkan bahwa sensor yang digunakan telah bekerja sesuai fungsinya.

b. Hasil pengujian alat

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem deteksi kualitas udara bekerja sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Alat diuji dalam beberapa kondisi lingkungan berbeda untuk melihat respons dari sensor MQ-135, sensor DHT11, serta output berupa tampilan OLED dan buzzer.

Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi gas berbahaya seperti asap rokok, dengan ambang batas konsentrasi >400 ppm dianggap sebagai udara tidak sehat. Sementara itu, sensor DHT11 digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban udara, dengan ambang batas suhu >30°C dan kelembaban <40% dianggap tidak nyaman bagi kesehatan pernapasan umum di dalam ruangan.

Hasil pengujian alat disajikan dalam Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Pengujian Alat dalam Berbagai Kondisi

Kondisi lingkungan	Mq-135 (Ppm)	S (°C)	K (%)	Buzzer	OLED
Udara normal	200-300	28	50	mati	Menampilkan data suhu & kelembaban dan CO
Ada asap rokok	600-800	32	38	nyala	Menampilkan "PERINGATAN !! "
Suhu tinggi	220	34	47	nyala	Menampilkan peringatan suhu tidak nyaman
Kelembaban rendah	230	29	35	nyala	Menampilkan peringatan kelembaban rendah
Semua parameter aman	220	26	55	mati	Menampilkan data kondisi udara normal

Keterangan tabel:
K = Kelembaban
S = Suhu

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat bekerja secara responsif dalam mendeteksi kondisi lingkungan yang tidak ideal. Ketika salah satu parameter melewati batas toleransi, sistem memberikan peringatan berupa bunyi *buzzer* serta tampilan notifikasi pada layar OLED. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini layak digunakan sebagai sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan secara sederhana dan efisien.

c. Hasil Pembacaan Sensor

Hasil pembacaan sensor dilakukan dalam ruangan tertutup untuk mengamati perubahan kualitas udara sebelum dan sesudah paparan asap rokok.

Tabel 5 Hasil Pembacaan Sensor

Waktu	CO (ppm)	Suhu (ºC)	Kelembaban (%)	Status udara
10:00 WIB	360	29.1	45	Aman
10:15 WIB	470	31.2	38	Tidak aman
10:30 WIB	500	32.5	35	Tidak aman

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan. Sensor MQ-135 berhasil mendeteksi peningkatan konsentrasi gas CO ketika terdapat paparan asap rokok, dengan nilai pembacaan mencapai 470 ppm dan 500 ppm, melebihi ambang batas aman sebesar 400 ppm. Selain itu, sensor DHT11 mencatat adanya peningkatan suhu hingga 32,5 °C dan penurunan kelembaban hingga 35 %, yang keduanya melewati batas kenyamanan lingkungan (suhu > 30 °C, kelembaban < 40 %).

Saat salah satu atau lebih parameter melebihi ambang batas, sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer sebagai alarm peringatan, serta menampilkan data suhu, kelembaban, dan kualitas udara secara real-time melalui OLED, lengkap dengan pesan "*WARNING*". Seluruh data, termasuk waktu, nilai pembacaan sensor, dan status kondisi ("OK" atau "WARNING") tersimpan secara otomatis dalam format CSV ke dalam SD card untuk dokumentasi.

Secara keseluruhan, sistem berjalan dengan baik sesuai ekspektasi. Namun, sistem masih memiliki keterbatasan dalam mendeteksi jenis polutan lain di luar cakupan sensor MQ-135. Pengujian lanjutan di berbagai skenario lingkungan disarankan guna memastikan kestabilan dan akurasi sistem secara menyeluruh.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem deteksi kualitas udara dalam ruangan menggunakan sensor MQ-135 dan DHT11 yang dikendalikan oleh mikrokontroler Wemos D1 Mini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem berhasil mendeteksi kondisi udara tidak sehat akibat paparan asap rokok, ditunjukkan dengan adanya peningkatan kadar gas CO hingga melebihi 400 ppm, peningkatan suhu di atas 30 °C, serta penurunan kelembaban di bawah 40 %, sesuai dengan parameter ambang batas yang telah ditentukan.
2. Sensor bekerja secara responsif dan konsisten dalam mengukur perubahan kondisi lingkungan, baik pada saat kondisi normal maupun setelah terjadi paparan polusi udara.
3. Sistem peringatan melalui *buzzer* dan tampilan OLED mampu memberikan notifikasi secara *real-time* ketika kondisi udara berada dalam status tidak aman. Selain itu, fitur penyimpanan data ke SD card dalam format CSV juga telah berjalan sesuai fungsinya.
4. Keterbatasan sistem terletak pada cakupan parameter polutan, karena hanya mengandalkan sensor MQ-135 yang tidak dapat mengidentifikasi jenis gas secara spesifik. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan penggunaan sensor tambahan dan alat ukur pembanding agar hasil lebih akurat dan representatif.

Secara keseluruhan, sistem telah bekerja sesuai dengan rancangan dan tujuan awal sebagai alat bantu pemantauan kualitas udara dalam ruangan, khususnya bagi individu yang sensitif terhadap kondisi udara, seperti penderita asma.

Daftar Rujukan

1. Vardoulakis S, Giagloglou E, Steinle S, Davis A, Sleeuwenhoek A, Galea KS, et al. Indoor exposure to selected air pollutants in the home environment: A systematic review. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(23):1–24.
2. Rombang IA, Setyawan LB, Dewantoro G. Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2. Techné J Ilm Elektrotek. 2022;21(1):131–44.
3. Bujawati E, Sadarang RAI, Masyarakat PK, Makassar UINA, Bujawati E. ASOSIASI MEROKOK DENGAN PROFIL KARDIOVASKULAR DI DATARAN TINGGI : EPIDEMIOLOGICAL PERSPECTIVE THE ASSOCIATION OF SMOKING WITH CARDIOVASCULAR PROFILES AT THE. 2024;18:97–105.
4. Zeng T, Liu Y, Jiang Y, Zhang L, Zhang Y, Zhao L, et al. Advanced Materials Design for Adsorption of Toxic Substances in Cigarette Smoke. Adv Sci. 2023;10(22):1–21.
5. Damayanti AA, Nur MJ. Karakteristik Kejadian Mati Mendadak pada Usia Muda: Literature Review. J Kesehat Tambusai. 2024;5(1):2267–83.
6. Depkes RI. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor:66/Menkes/Sk/Vii/1994. 1994;
7. Maharani A, Sujarwoto, Praveen D, Oceandy D, Tampubolon G, Patel A. Cardiovascular disease risk factor prevalence and estimated 10-year cardiovascular risk scores in Indonesia: The SMARThealth Extend study. PLoS One. 2019;14(4):1–13.
8. Hanum L, Elfizon E. Rancang Bangun Pemantau Kualitas Udara Dalam Ruangan

Berbasis Internet Of Things. JTEIN J Tek Elektro Indones. 2023;4(2):619–24.
9. A'yun IQ, Umaroh R. Polusi Udara dalam Ruangan dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia. J Ekon dan Pembang Indones. 2023;23(1):16–26.
10. Bahri B, Raharjo M, Suhartono S. Dampak Polusi Udara Dalam Ruangan Pada Kejadian Kasus Pneumonia: Sebuah Review. Link. 2021;17(2):99–104.
11. Ayu G, Saputri R, Putri RA, Hermawan D. Pengaruh Ekstrak Etanol 96 % Daun Asam Jawa terhadap Kadar Katalase Darah Mencit yang Dipapar Asap Rokok. 2025;2025(2):554–61.
12. Hiremath L, Hiremath D. Noncommunicable Diseases. Essentials Community Med A Pract Approach. 2012;76–76.
13. Kampus J, Malalayang K, Manado K. SISTEM MONITORING DETEKSI ASAP ROKOK DALAM RUANGAN BERBASIS. 2024;XIII(2):46–52.
14. Munazilin A, Susanto A. Rancang Bangun Alat Pendeteksi Asap Rokok Berbasis Iot Menggunakan Sensor MQ-135 Dan Mikrokontroler Esp32- Cam Di Pondok Pesantren Salafiyah Syafi ' iyah Sukorejo. 2024;17(2):503–10.
15. Abbas FN, Saadoon IM, Abdalrdha ZK, Abud EN. Capable of gas sensor MQ-135 to monitor the air quality with arduino uno. Int J Eng Res Technol. 2020;13(10):2955–9.
16. Elmnifi M, Habeeb L, Alsaker M. Development of Low cost and Multi- Material Sensing Approach for MQ135 Sensor. 2021;(May).
17. Maulani MR, Susanto R, Nurohman N. Pengembangan Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Ruang Server dengan Sensor DHT11 Berbasis Android. Jupiter (Jurnal Pendidik Tek Elektro). 2024;9(2):12.
18. Sanhaji G, Nurfalah I, Anbali RB. Rancang Bangun Sistem Pengatur suhu dan Kelembaban untuk Ruangan Budidaya Jamur Tiram Berbasis IoT. J Teknol. 2023;11(1):1–14.
19. Tiyas AW, Erwanto D, Yanuartanti I, Studi P, Elektro T, Kadiri UI. Peningkatan Akurasi Sensor Suhu dan Kelembaban DHT11 dengan Kalibrasi Suhu Berbasis IoT pada Platform Thingspeak Program Studi Teknik Elektro , Universitas Islam Kadiri , Indonesia Improved Accuracy of DHT11 Temperature and Humidity Sensor with IoT-Based . 2025;5(3):625–33.
20. Wendanto W, Prasetyo OB, Praweda DR, Kusuma Arbi AR. Alat Pengontrolan Suhu Penetas Telur Otomatis Menggunakan ESP8266 Wemos D1 Mini Berbasis Internet of Things. Go Infotech J Ilm STMIK AUB. 2021;27(2):167–76.
21. Siswanto V, Edidas E. Prototype Station Informasi Cuaca Berbasis IOT Wemos di ESP8266. Voteteknika (Vocational Tek Elektron dan Inform. 2021;9(2):71.
22. Adinata RC, Mustakmal YS. Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Ruangan Berbasis Arduino. 2022;1–64.
23. Saksena IS, Ashari IA, Al-Hakim RR. RFID based clinic presence system as an effective attendance monitoring solution. BIO Web Conf. 2025;152:01017.
24. Dwi M, Putra D, Pujiyanta A, Riadi I. JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional) Perancangan Alat Monitoring Karbon Monoksida (CO) dan Partikel Debu PM 2.5 dalam Ruangan Berbasis ESP32 Devkit C V4 dan LCD OLED. 2024;10(2):77–84.
25. Pulungan AB, Goci DS. Penggunaan Sistem Data logger Dalam Pencatatan Data Parameter Panel Surya berbasis Mikrokontroler. JTEV (Jurnal Tek Elektro dan Vokasional). 2021;7(2):337.