

Analisis Sistem Pemantau Dan Pengendali Asap Rokok Pada Ruangan Tertutup Berbasis *Internet of Things*

Rizky Hidayatullah
Fakultas Teknik Telekomunikasi
Dan Elektro
Telkom University Kampus
Purwokerto
Purwokerto Indonesia
rizkyhidayatullahrh@student.telkomuniversity.ac.id

Muhammad Panji Kusuma Praja
Fakultas Teknik Telekomunikasi
Dan Elektro
Telkom University Kampus
Purwokerto
Purwokerto Indonesia
panjipraja@telkomuniversity.ac.id

Prasetyo Yuliantoro
Fakultas Teknik Telekomunikasi
Dan Elektro
Telkom University Kampus
Purwokerto
Purwokerto Indonesia
prasetyoy@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Merokok di ruangan tertutup sangat berbahaya karena partikel beracun dari asap rokok merupakan sumber penyebaran penyakit. Risiko merokok dalam ruangan lebih tinggi dibanding merokok di luar. maka, sistem ini dirancang untuk memberikan peringatan dini dan mengendalikan asap rokok dengan mengaktifkan exhaust fan secara otomatis atau manual via Blynk. Sistem ini menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi CO₂ dari asap rokok, yang diproses oleh NodeMCU ESP8266. Sistem memberikan tiga tingkat indikasi dengan LED: hijau (aman), kuning (CO₂ 750<1200 ppm, dengan notifikasi dan perintah menyalakan exhaust fan melalui aplikasi Blynk), dan merah (CO₂ di atas 1200 ppm, exhaust fan menyala otomatis). Hasil dari pengujian sistem pemantauan CO₂ berbasis sensor MQ-135 dan Blynk mampu mendeteksi perubahan kadar CO₂ dalam ruangan tertutup baik dalam kondisi udara bersih maupun tercemar asap rokok. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah kalibrasi, sensor MQ-135 memberikan pembacaan yang sejalan dengan alat komersial pada kadar CO₂ rendah (400–750 ppm) dengan selisih kecil (1–19 ppm) dan tingkat error rendah (0,23%–4,63%). Namun, pada konsentrasi tinggi akibat akumulasi asap rokok (>1200 ppm), sensor MQ-135 menunjukkan penyimpangan signifikan (selisih hingga 451 ppm, error hingga 34,83%), yang kemungkinan dipengaruhi oleh sensitivitas sensor atas gas lain. Sistem indikator dan aktuator seperti LED dan exhaust fan berfungsi sesuai dengan ambang batas, serta notifikasi Blynk berjalan dengan baik dalam memberi peringatan. Dengan demikian, sistem dinilai efektif untuk pemantauan CO₂ dalam rentang 10–1000 ppm, namun kurang tepat untuk akurasi tinggi di atas batas tersebut.

Kata kunci— Asap rokok, Blynk, Exhaust Fan, LED, MQ-135, NodeMCU ESP8266

I. PENDAHULUAN

Merokok adalah sesuatu kegiatan yang sebaiknya dihindari karena asap rokok memberikan dampak yang sangat negatif bagi kesehatan, asap rokok tidak hanya berdampak buruk pada perokok aktif tetapi juga bagi perokok pasif yang terhirup partikel berbahaya pada asap rokok. Asap rokok mengandung lebih dari empat ribu bahan kimia berbahaya antara lain seperti karbon dioksida, karbon monoksida, nikotin, dan juga tar. Dari berbagai bahan kimia tersebut

dapat berpotensi menimbulkan berbagai penyakit yang sangat serius [1].

Hingga saat ini, masih terdapat banyak perokok aktif dan pasif yang tidak menyadari risiko merokok di dalam ruangan tertutup lebih berbahaya daripada merokok di luar ruangan. Hal ini dikarenakan partikel beracun dapat menempel pada objek di ruangan. Objek-objek tersebut akan menahan partikel beracun yang disebarkan oleh asap rokok, menjadi agen penyebar partikel berbahaya. Peneliti telah menciptakan inovasi dengan merancang alat pendeteksi asap rokok, sistem ini mampu mendeteksi asap rokok menggunakan sensor MQ-135 dan memberikan peringatan dini kepada perokok aktif agar tidak melanjutkan kebiasaan merokok di ruangan yang tertutup. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan kipas yang berfungsi untuk mengurangi CO₂ yang dihasilkan oleh asap rokok. Ketika kadar CO₂ rokok mencapai antara 750 sampai 1200 ppm maka perokok akan di berikan pemberitahuan untuk menyalakan kipas pada aplikasi Blynk, namun jika kadar asap rokok mencapai lebih dari 1200 ppm dan perokok tidak menyalakan exhaust fan maka akan menyala secara otomatis.

Hasil yang diperoleh dari pembuatan pemantau dan pengendali asap rokok ini yakni perokok aktif maupun pasif yang berada dalam ruangan tertutup ini bisa mengetahui bahwa didalam ruang terdapat asap rokok dengan nilai kadar tertentu agar perokok aktif menghentikan kegiatan merokok dan membantu meminimalisasi asap rokok yang terdapat pada ruangan tersebut menggunakan kipas yang akan menghembuskan asap rokok ke luar ruangan sehingga mengurangi partikel beracun tidak menempel pada benda yang berada pada ruangan tertutup tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami metode mendeteksi karbon dioksida yang dihasilkan oleh asap rokok di ruangan tertutup dengan menggunakan sensor MQ-135 yang berfungsi untuk mengenali variasi dalam kualitas udara. Di samping itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem peringatan dini untuk perokok melalui aplikasi Blynk yang terhubung dengan ponsel, sehingga pemakai dapat menerima notifikasi secara langsung saat

terjadi penurunan kualitas udara. Penelitian ini juga berfokus pada pengembangan sistem pengendalian asap rokok menggunakan *exhaust fan* yang bisa diaktifkan secara otomatis berdasarkan informasi dari sensor, maupun dioperasikan secara manual melalui perintah dari aplikasi *Blynk*.

Batasan dalam penelitian ini berfokus pada penggunaan bahasa pemrograman C/C++ dan Arduino IDE untuk mengembangkan sistem. Sensor yang digunakan hanya sensor MQ-135 untuk mendeteksi CO² dari asap rokok, tanpa memperhitungkan polutan lain. Sistem memberikan peringatan dini melalui aplikasi *Blynk* yang hanya dapat diakses di ponsel Android. Mikrokontroler yang digunakan adalah *NodeMCU ESP8266*, dan alat untuk mengendalikan asap rokok adalah *exhaust fan 5V*. Uji coba sistem dilakukan di ruangan berukuran 16 m², sehingga efektivitas di ruangan lain tidak diteliti.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan suatu sistem yang memungkinkan perokok di dalam ruangan tertutup untuk mengetahui tingkat CO² yang dihasilkan oleh asap rokok lewat *smartphone*, serta memberikan sinyal peringatan lebih awal agar mereka dapat menghidupkan *exhaust fan* sebelum asap mencapai tingkat yang bisa membahayakan. Sistem ini juga dirancang untuk membantu mengurangi konsentrasi asap rokok di dalam ruangan melalui pengaturan *exhaust fan* yang dapat beroperasi secara otomatis ketika kadar asap meningkat, serta secara manual melalui aplikasi *Blynk* yang dapat diakses dengan *smartphone* Android.

II. KAJIAN TEORI

A. Asap Rokok

Asap rokok memiliki ribuan kandungan bahan kimia yang beracun bagi manusia yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit seperti kanker (kasinojen), paru obstruktif, asma, bronkitis kronis, infeksi saluran pernafasan akut (ISPA)[2]. Racun yang terdapat pada rokok tidak hanya bisa menyebabkan penyakit pada orang perokok saja namun bisa menyebabkan orang yang disekitar juga terkena imbasnya yang sering disebut perokok pasif. Sebagian besar yang terdampak ialah bayi dan ibu hamil. Beberapa kandungan yang terdapat pada asap rokok yaitu karbon dioksida, karbon monoksida, tar, nikotin, hidrogen sianida, arsenik dan masih banyak lainnya.

TABEL 1.

(BATAS KONSENTRASI CO₂ DIRUANGAN TERTUTUP [3], [4], [5])

Lembaga	Batas CO ² (ppm)	Keterangan
ASHRAE	<1000	Batas nyaman dan ventilasi cukup
NIOSH	5000 (maksimal 8 jam)	Batas paparan selama kerja
OSHA (USA)	5000 (maksimal 8 jam)	Batas paparan diruangan kerja

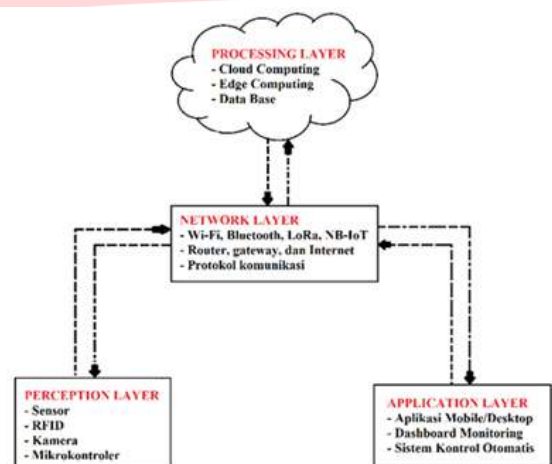
OSHA (STEL)	30000 (maksimal 15 menit)	Batas paparan jangka pendek
-------------	---------------------------	-----------------------------

Karbon dioksida salah satu yang dihasilkan oleh asap rokok, dalam standar internasional karbon dioksida atau sering dikenal dengan nama lain CO² memiliki batas untuk kesehatan manusia dan kenyamanan dalam udara dalam ruangan, beberapa standar internasional yang dapat dilihat pada Tabel I.

B. Ruangan Tertutup

Ruangan Tertutup adalah ruangan yang dengan laju pertukaran udara yang kecil antara udara luar dengan udara yang berada pada dalam ruangan. Ruangan tertutup memiliki beberapa karakteristik salah satunya dinding dan atap tertutup dengan rapat dan tidak memiliki ventilasi udara yang cukup untuk sirkulasi udara dari luar kedalam ataupun sebaliknya. Bahkan benda dalam ruangan tidak dapat keluar dan masuk dengan bebas.

C. Internet of Things



GAMBAR 1.

(KONSEP INTERNET OF THINGS (IOT))

Internet of Things bekerja dengan perintah pemrograman yang menghubungkan setiap perangkat secara otomatis tanpa ada campur tangan manusia. Jaringan internet merupakan faktor vital yang menjadikan penghubung antara sistem dan perangkat terhubung. *Internet of Things* umumnya terdiri dari 4 lapisan utama yaitu lapisan persepsi (*perception layer*), lapisan jaringan/telekomunikasi (*network layer*), lapisan pengolahan (*processing layer*), lapisan aplikasi (*application layer*) [6].

D. Blynk

Blynk merupakan sebuah platform antarmuka yang dirancang untuk mengontrol mikrokontroler seperti Arduino, Raspberry Pi dan Esp8266. Penggunaan aplikasi *Blynk* mudah, bisa digunakan di Android atau iOS. Tidak terikat dengan komponen atau chip dan perlu menggunakan wifi [7]. *Blynk* menggunakan data internet ataupun jaringan intranet untuk berkomunikasi jarak jauh yang bertujuan untuk mengontrol dan *monitoring hardware*. *Blynk* juga memiliki kemampuan untuk menyimpan data dan menampilkan visual.

E. NodeMCU ESP8266



GAMBAR 2.

(NODEMCU ESP8266 [8])

NodeMCU ESP8266 merupakan sebuah modul WiFi berbasis IoT yang bersifat *open source*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* ESP8266, memiliki 17 Pin GPIO yang dapat di integrasikan dengan komponen elektronika lainnya. Modul ini bekerja dengan tegangan 3.3V – 5V, dengan konsumsi arus 10uA~170mA. Kecepatan prosesor berkisar antara 80~160 Mhz dengan RAM sebesar 32KB+80KB dan memori flash hingga 16 MB[8]. *NodeMCU* ESP8266 untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabal data USB yang sama persis digunakan kabel data dan kabel *charging smartphone* Android.

TABEL 2.

(SPESIFIKASI NODEMCU ESP8266 [9])

No.	Spesifikasi	<i>NodeMCU</i> ESP8266
1	Mikrokontroler	ESP8266
2	Tegangan Input	3.3V ~ 5V
3	GPIO	17 Pin
4	<i>Flash Memory</i>	16 MB
5	RAM	32Kb+80Kb
6	Konsumsi Daya	10μA~170Ma
7	Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 GHz
8	USB <i>port</i>	Micro USB
9	WiFi	IEEE 802.11b/g/n
10	Kanal PWM	10 Kanal
11	USB <i>Chip</i>	CH340G
12	<i>Clock Speed</i>	40/26/24 MHz

F. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan sebuah sensor kimia yang sensitif terhadap NO_x, Alkohol, bezol, Senyawa NH₃, Asap, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂) dan gas yang berbahaya lainnya. Sensor MQ 135 menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Penyesuaian sensitifitas pada sensor ditentukan oleh resistansi yang berbeda-beda untuk konsentrasi berbagai gas berbahaya [10].



GAMBAR 3.

SENSOR MQ-135 [9]

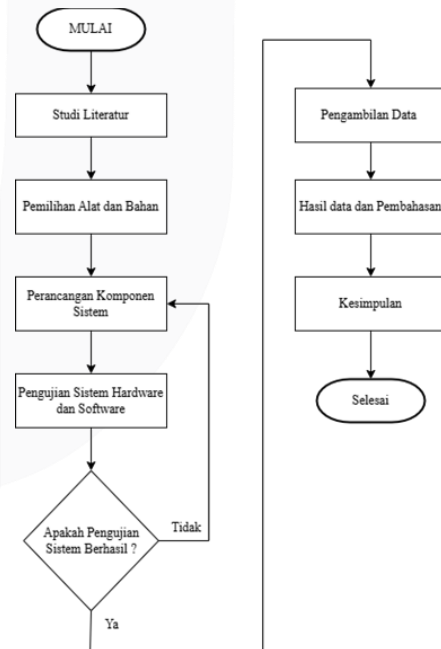
TABEL 3.

SPESIFIKASI MQ-135 [11]

No.	Fitur	Keterangan
1	Gas Target	CO ²
2	Rentang Deteksi	10-1000 ppm
3	Suhu dan Kelembaban	20°C dan 55%
4	V _H	5V
5	V _S	2.0V~ 4.0V

III. METODE

A. Alur Penelitian



GAMBAR 4.

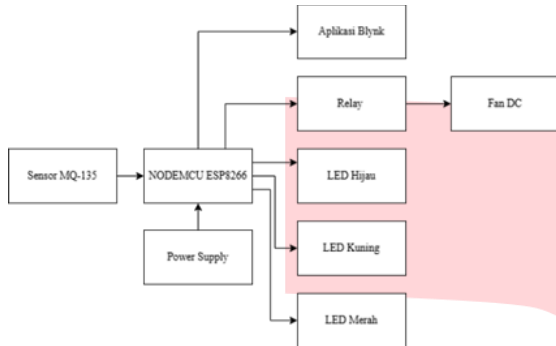
FLOWCHART ALUR PENELITIAN

Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 4, dimulai dengan studi literatur untuk memahami penelitian sejenis. Setelah itu, alat dan bahan seperti *NodeMCU* ESP8266, sensor MQ-135, dan LED indikator dipilih. Sistem dirancang dan dikalibrasi menggunakan alat pembanding sesuai *datasheet* untuk memperoleh nilai akurat. Selanjutnya, pengujian fungsional dilakukan pada hardware dan software,

termasuk konektivitas dengan aplikasi *Blynk*. Data kadar CO_2 yang diperoleh dari sensor dikumpulkan, ditampilkan di aplikasi, dan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem. Penelitian diakhiri dengan kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan efektivitas sistem dalam mendeteksi serta merespons asap rokok di ruangan tertutup.

B. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini *NodeMCU* ESP8266 menerima data analog dari sensor MQ-135 dan mengubahnya menjadi data ppm. Berdasarkan nilai ini, *NodeMCU* mengatur LED dan *relay*, serta mengirim data ke aplikasi *Blynk*.



GAMBAR 5.
(BLOK DIAGRAM SISTEM)

Tiga ambang batas indikator yang digunakan:

1. Hijau (<750 ppm): Aman.
2. Kuning (750–1200 ppm): Bahaya sedang, kipas disarankan dinyalakan.
3. Merah (>1200 ppm): Bahaya tinggi, kipas otomatis menyala.



GAMBAR 6.

FLOWCHART SISTEM

C. Antarmuka *Blynk*

Dashboard *Blynk* menggunakan widget *Gauge* untuk menampilkan kadar CO_2 , widget *Button* untuk kontrol manual

exhaust fan, dan notifikasi push. Konfigurasi pin virtual: V1 (*Gauge*), V0 (*Button*).

D. Proses Kalibrasi Sensor

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data dari MQ-135 dengan alat ukur CO_2 komersial pada kondisi udara bersih. Nilai R_s dan R_o dihitung menggunakan rumus standar berdasarkan *datasheet* MQ-135, dengan pengujian pada rentang 400–1000 ppm.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan di ruangan tertutup yang berukuran 16m² dengan 2 skenario yaitu dalam kondisi udara bersih dan tercemar asap rokok, serta dilakukan perbandingan antara sensor MQ-135 dan alat pembanding komersil. Sebelum melakukan pengujian dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen penting dalam sistem memastikan semua terhubung dan bekerja dengan baik dan sensor MQ-135 dilakukan kalibrasi sehingga mendekati pembacaan dengan alat pembanding.

A. Hasil Pengujian Kondisi Udara Bersih di Ruang Tertutup

Pada Tabel 4. dapat dilihat menampilkan hasil pengamatan terhadap data hasil monitoring menggunakan *Blynk* untuk melihat konsentrasi CO_2 pada ruangan tertutup dengan kondisi tidak tercemar asap rokok. Pengambilan data dilakukan secara berkala dari pukul 03:47 hingga pukul 04:08. Konsentrasi CO_2 pada ruangan tertutup yang terbaca oleh sensor MQ-135 antara 395 ppm untuk nilai terkecil dan 429 ppm untuk nilai terbesar, sedangkan pembacaan dari alat pembanding rentang nilai konsentrasi CO_2 berkisar antara 401 hingga 437. Dimana hasil pembacaan dari sensor MQ135 dan alat komersil terdapat selisih kecil, tetapi nilainya tetap sejalan, dimana ketika saat nilai dari sensor MQ-135 naik, nilai dari alat pembanding juga meningkat menandakan pembacaan dari sensor MQ-135 sudah sesuai setelah dilakukan kalibrasi sebelumnya.

Pengujian juga melakukan pengamatan terhadap sisi sistem indikator dan aktuatur seperti LED dan *exhaust fan*. Dari hasil pengamatan LED menunjukkan warna hijau yang mana menandakan indikator sesuai dengan nilai pembacaan sensor MQ-135 yang mengindikasikan bahwa kadar CO_2 pada ruangan tertutup masih tergolong ke batas kondisi aman yang ditetapkan rentang antara 400 ppm hingga 750 ppm, begitupun dengan *exhaust fan* yang tidak menyala sama sekali dalam pengujian ini. Selain itu aplikasi *Blynk* juga tidak mengirimkan notifikasi apapun dalam periode ini karena sistem telah dirancang dengan ambang batas yang ditentukan.

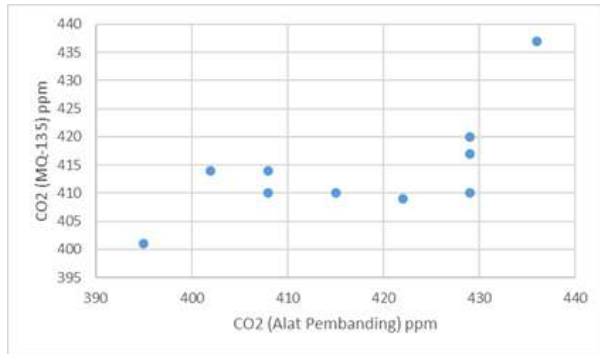
Dari hasil pengujian ini dengan data yang telah diamati dan dikumpulkan pada Tabel IV dapat dinyatakan bahwa sistem pemantau dan pengendalian berhasil, sesuai dengan harapan peneliti. Dimana sensor MQ135 dapat membaca konsentrasi CO_2 dan memiliki sedikit selisih dengan alat pembanding.

TABEL 4.

PENGUJIAN KONDISI UDARA BERSIH

No.	Waktu	CO2 (ppm) MQ-135	CO2 (ppm) Komersial	LED Aktif	Status Kipas (Relay)	Notifikasi Blynk
1	03:47	408	414	Hijau	Off	-
2	03:48	395	401	Hijau	Off	-

No.	Waktu	CO2 (ppm) MQ-135	CO2 (ppm) Komersial	LED Aktif	Status Kipas (Relay)	Notifikasi Blynk
3	03:49	402	414	Hijau	Off	-
4	03:50	415	410	Hijau	Off	-
5	03:56	436	437	Hijau	Off	-
6	04:00	429	410	Hijau	Off	-
7	04:02	429	420	Hijau	Off	-
8	04:05	429	417	Hijau	Off	-
9	04:06	408	410	Hijau	Off	-
10	04:08	422	409	Hijau	Off	-



GAMBAR 7

GRAFIK ANTARA PEMBACAAN SENSOR MQ-135 DAN ALAT PEMBANDING KONDISI UDARA BERSIH

Pada Gambar 7 menunjukkan grafik hubungan antara pembacaan kadar CO² oleh sensor MQ-135 dan alat pembanding. Dapat dilihat dari titik-titik data menunjukkan adanya pola hubungan, namun tidak membentuk garis lurus yang konsisten, hal ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara sensor MQ-135 dan alat pembanding tetapi tidak terlalu kuat dan presisi.

B. Hasil Pengujian Kondisi Udara Tercemar Asap Rokok di Ruangan Tertutup

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada ruangan tertutup yang terakumulasi asap rokok mendapatkan hasil data yang dapat dilihat pada Tabel 5, data menunjukkan bahwa sistem mendeteksi konsentrasi CO² meningkat drastis nilai dari sensor MQ-135 mencapai hingga 1587 sedangkan untuk alat pembanding mencapai hingga 1300 ppm, pembacaan sensor dari sensor MQ-135 dan alat pembanding sejalan meskipun nilai tidak selalu sama, kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor seperti perbedaan akurasi sensor, kalibrasi, sensitivitas sensor, dan berbagai faktor lainnya.

Hasil pengujian pukul 04:14 sampai pukul 04:15 menunjukkan bahwa ruangan tertutup masih tergolong aman karena kadar CO₂ masih tergolong aman karena masih dibawah <750 ppm, sehingga LED berwarna hijau masih menyala bahkan kipas juga masih dalam kondisi mati dan aplikasi Blynk pun tidak mengirimkan notifikasi apapun. Pada pukul 04:18 hingga 04:20 terjadi lonjakan drastis terhadap kadar CO² pada ruangan tertutup dikarenakan akumulasi dari asap rokok, sehingga indikator LED berwarna kuning menyala dan aplikasi mengirimkan notifikasi “CO² antara 750-1200 ppm. Segera menyalakan kipas!” menunjukkan bahwa kondisi dalam berbahaya.

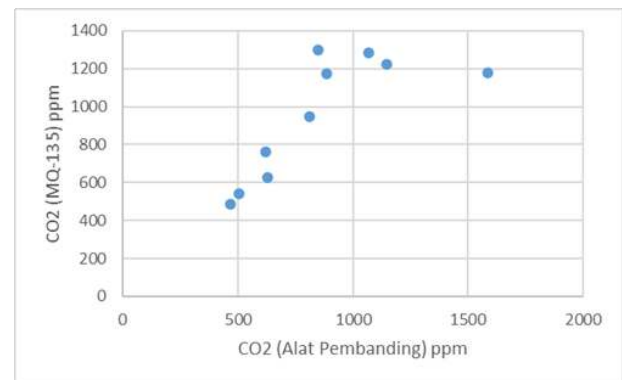
Pukul 04:20 merupakan puncak tertinggi dari konsentasi CO² pada ruangan mencapai hingga 1587 ppm untuk

pembacaan dari sensor MQ-135 sedangkan alat pembanding mencapai 1177 ppm dimana alat pembanding ini menunjukkan penurunan dari puncak tertinggi 1300 ppm pada pukul 04:19. Pada kondisi ini, LED dari kuning menjadi warna merah, kipas diaktifkan secara otomatis dan aplikasi *Blynk* mendapatkan notifikasi “Sangat Berbahaya”.

TABEL 5

PENGUJIAN KONDISI UDARA TERCEMAR ASAP ROKOK

No.	Waktu	CO2 (ppm) MQ-135	CO2 (ppm) Komersial	LED Aktif	Status Kipas (Relay)	Notifikasi Blynk
1	04:14	466	484	Hijau	Off	-
2	04:15	506	540	Hijau	Off	-
3	04:18	887	1172	Kuning	Off	Berbahaya
4	04:20	849	1300	Kuning	Off	Berbahaya
5	04:21	1587	1177	Merah	On	Sangat Berbahaya
6	04:21	1068	1286	Kuning	On	Berbahaya
7	04:23	812	948	Kuning	On	Berbahaya
8	04:27	619	763	Hijau	Off	-
9	04:28	629	629	Hijau	Off	-
10	04:31	1145	1126	Kuning	Off	Berbahaya



GAMBAR 8

GRAFIK ANTARA PEMBACAAN SENSOR MQ-135 DAN ALAT PEMBANDING KONDISI UDARA TERCEMAR

Dari Grafik 8 dapat disimpulkan bahwa sensor MQ-135 secara umum masih dapat digunakan untuk mendeteksi konsentrasi CO² pada rentang 10-1000 ppm, namun untuk konsentrasi diatas rentang itu mungkin membuat akurasi sensor menjadi *error*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pemantau dan pengendali asap rokok berbasis Internet of Things ini berhasil mendeteksi kadar CO₂ menggunakan sensor MQ-135, dengan pembacaan data ditampilkan secara real-time melalui aplikasi Blynk. Sensor menunjukkan akurasi baik pada udara bersih dengan error rata-rata 2,06%, namun pada udara tercemar asap rokok error meningkat hingga 16,06% karena karakteristik sensor yang mendeteksi multi-gas dan memiliki rentang pembacaan 10–1000 ppm. Sistem juga mampu memberikan peringatan dini melalui notifikasi Blynk sesuai ambang batas, seperti tidak ada notifikasi pada kondisi aman (<750 ppm), peringatan manual pada kondisi bahaya (750–1200 ppm), dan aktivasi otomatis exhaust fan saat CO₂ melebihi 1200 ppm. Selain itu, sistem terbukti mampu menurunkan kadar CO₂ kembali ke tingkat aman dalam

waktu sekitar 6 menit, baik dengan kipas yang dinyalakan secara manual maupun otomatis, sehingga menunjukkan efektivitasnya dalam mengurangi paparan asap rokok diruangan tertutup.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan menggunakan sensor yang lebih spesifik untuk mendeteksi CO₂ agar hasil pengukuran lebih akurat, terutama dalam mendeteksi kandungan asap rokok. Kalibrasi sensor juga perlu dilakukan secara berkala guna mempertahankan keakuratan pembacaan terhadap alat ukur pembanding. Selain itu, desain sistem sebaiknya dibuat lebih permanen dan rapi agar lebih kokoh untuk penggunaan jangka panjang. Pengembangan fitur notifikasi pada aplikasi Blynk juga dapat ditingkatkan, misalnya dengan menambahkan peringatan suara atau sistem peringatan tambahan. Terakhir, pengujian sebaiknya dilakukan di berbagai kondisi ruangan dengan ukuran dan ventilasi berbeda untuk menguji efektivitas sistem dalam lingkungan yang lebih bervariasi.

REFERENSI

- [1] F. SHOLIHIN, "Perancangan Alat Pengendali Asap Rokok Untuk Smoking Area Berbasis Mikrokontroler," Universitas Pembangunan Panca Budi, 2019. Accessed: Jan. 24, 2025. [Online]. Available: <https://repository.pancabudi.ac.id/website/files/58726/17818/penelitian/perancangan-alat-pengendali-asap-rokok-untuk-smoking-area-berbasis-mikrokontroler>
- [2] R. F. Talumewo, S. R. U. A. Sompie, D. J. Mamahit, and S. Narasiang, B, "Rancang Bangun Alat Pengkondisi Udara Pada Ruangan Menggunakan Sensor CO Dan Temperatur," vol. 1, pp. 1–6, doi: <https://doi.org/10.35793/jtek.v1i2.603>.
- [3] National Institute for Occupational Safety and Health, "NIOSH pocket guide to chemical hazards: Carbon dioxide," Centers for Disease Control and Prevention. Accessed: May 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0140.html>
- [4] U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), "Table Z-1-Limits for Air Contaminants," OSHA Regulations (Standards - 29 CFR). Accessed: May 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000TABLEZ1>
- [5] ASHRAE, "ASHRAE Position Document on Indoor Carbon Dioxide," 2019. [Online]. Available: www.ashrae.org
- [6] S. A. H. Siddaraju, "A Comprehensive Study Of Architecture, Protocols And Enabling Applications In Internet Of Things (Iot)," *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, vol. 8, no. 11, 2019, [Online]. Available: www.ijstr.org
- [7] I. Syukhron, R. Rahmadewi, and Ibrahim, "Penggunaan Aplikasi Blynk Untuk Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 1, Jan. 2021.
- [8] N. Ningsih, A. D. Ramadhani, A. Nurcahya, and N. Azizah, "Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan menggunakan Thingspeak," 2022. [Online]. Available: <https://journal.trunojoyo.ac.id/triac>
- [9] A. Boy Panroy Manullang *et al.*, "IMPLEMENTASI NODEMCU ESP8266 DALAM RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IOT," 2021. [Online]. Available: <http://ejournal.stmiklombok.ac.id/index.php/jireISSN.2620-6900>
- [10] A. A. Rosa, B. A. Simon, and K. S. Lieanto, "Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135," *ULTIMA Computing*, vol. XII, no. 1, 2020.
- [11] G. A. Pratama and L. Nurpulaela, "Pengaruh Suhu Pada Kinerja Sensor MQ-135 Dalam Mendeteksi Gas CO₂," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 2024, no. 20, pp. 350–358, 2024, doi: [10.5281/zenodo.14288550](https://doi.org/10.5281/zenodo.14288550).