

Perancangan *Prototype* Penetralisir Gas Karbondioksida (CO₂) Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor MQ135

Ardi Gunawan¹, Nadyawati², Qomaria Ahmad³, M. Firman Ramadhan⁴, Muhammad Nizaar⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram, Indonesia.

Received: 21 March 2025

Revised: 26 April 2025

Accepted: 30 April 2025

Corresponding Author:

Qomaria Ahmad

qomariaahmad@gmail.com

© 2025 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29889>

Abstract: Peningkatan konsentrasi gas CO₂ akibat aktivitas manusia, seperti pembakaran dan asap rokok, berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara dan risiko kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji efektivitas *prototype* pendeteksi dan penetralisir gas CO₂ berbasis sensor MQ135 dan Arduino Uno yang dilengkapi dengan filter HEPA dan karbon aktif. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi sensor dengan Arduino Uno, serta pengujian efektivitas filter dalam menurunkan kadar CO₂ dari dua sampel, yaitu asap pembakaran kertas dan asap rokok. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk setiap sampel, dengan hasil menunjukkan bahwa *prototype* memiliki tingkat akurasi tinggi dibandingkan alat standar, yaitu rata-rata 98,83% untuk asap kertas dan 98,90% untuk asap rokok. Efektivitas filter HEPA dalam menyaring CO₂ dari asap pembakaran kertas mencapai 78,52%, sedangkan dari asap rokok mencapai 80,16%. Namun, efektivitas filter mengalami penurunan seiring penggunaan akibat kejenuhan material penyaring. Secara keseluruhan, *prototype* ini berhasil mendeteksi dan menurunkan kadar CO₂ dalam udara, meskipun efektivitas penyaringan menurun dengan penggunaan berulang.

Keywords: Arduino Uno; CO₂; Filter HEPA; Karbon aktif; Sensor MQ135

Pendahuluan

Teknologi yang semakin berkembang membantu manusia menghadirkan inovasi dalam mengaplikasikan perangkat atau alat bantu untuk menunjang kehidupan sehari-hari. Sehingga pemahaman dan kemampuan beradaptasi dengan teknologi menjadi hal yang penting bagi setiap individu (Doyan et al., 2022). Umumnya, aktivitas manusia selalu berkaitan dengan udara dilingkungan sekitarnya, termasuk potensi paparan terhadap polusi yang dihasilkan oleh berbagai sumber. Implementasi nyata dari kemajuan teknologi salah satu contohnya adalah merancang alat ukur pendeteksi gas CO₂.

Gas CO₂ secara fisik adalah udara yang tidak berbau, tidak berwarna dan menjadi salah satu parameter untuk mengetahui kualitas udara di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Sumber utama gas

CO₂ adalah emisi kendaraan bermotor, kegiatan industri, dan pembakaran sampah yang tidak terkontrol (Salamah et al., 2022). Tingginya konsentrasi gas CO₂ dapat mengurangi kadar oksigen di udara, sehingga beresiko menimbulkan hipoksia atau kekurangan oksigen. Kondisi ini dapat menyebabkan gejala seperti pusing, sesak napas, kebingungan, hingga berujung pada koma dan kematian apabila tidak segera ditangani (Hasugian et al., 2024).

Berdasarkan standar kualitas udara, rentang konsentrasi CO₂ dalam penelitian (Noviardi, Arif Budiman, 2024) dikategorikan dalam beberapa tingkatan sebagaimana ditampilkan pada tabel 1.

How to Cite:

Gunawan, A., Nadyawati, N., Ahmad, Q., Ramadhan, M. F., & Nizaar, M. (2025). Perancangan *Prototype* Penetralisir Gas Karbondioksida (CO₂) Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor MQ135. *Kappa Journal*, 9(1), 149-157. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29889>

Tabel 1. Rentang Indeks Standar CO₂

Rentang CO ₂ (ppm)	Kategori	Keterangan
0-600	Baik	Kualitas udara dalam keadaan baik dan sehat
601-1000	Sedang	Kualitas udara tidak berdampak pada kesehatan manusia, tapi mempengaruhi tumbuhan yang sensitif
1001-1500	Tidak sehat	Kualitas udara yang dapat mengganggu kesehatan, seperti rasa tidak nyaman dan pengap
>1500	Berbahaya	Kualitas udara buruk berisiko menyebabkan pusing, mual dan gangguan kesehatan lain yang serius

Peningkatan konsentrasi gas CO₂ akibat dari berbagai aktivitas manusia salah satunya pembakaran. Pembakaran sekam padi dapat menghasilkan gas CO₂, yang menjadi penyumbang untuk pembentukan gas (Agit Kriswantriyono, Agus Setiyaji, Elis Fauziyah, Sarah Dhea Pratiwi, 2022). Pembakaran terbuka sampah rumah tangga juga memberi dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan dalam jangka panjang maupun pendek (Wahyudi et al., 2019). Selain pembakaran, asap rokok juga merupakan sumber pencemaran udara yang mengandung gas CO₂, dimana dapat menyebabkan pneumonia (Bahri et al., 2021).

Teknologi telah menghasilkan berbagai sensor yang mampu mengukur kualitas udara dengan akurat dan efisien termasuk sensor MQ135. Sensor MQ135 sering digunakan dalam penelitian berbasis gas yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi berbagai macam gas termasuk CO₂. Sensor ini sangat peka terhadap gas yang berbahaya, jarak deteksi yang luas, respon cepat, stabil dan masa aktif lama dengan biaya yang lebih rendah. Sensor MQ135 bekerja dengan menghasilkan sinyal analog dan memerlukan sumber daya DC sebesar 5V (Bangkit Sanjaya Uumbu, 2023). Salah satu perangkat yang sering digunakan untuk mengolah data dari sensor MQ135 adalah arduino uno. Arduino uno merupakan nama papan mikrokontroler dengan komponen utamanya yaitu sebuah chip mikrokontroler jenis AVR yang mempunyai software dengan bahasa pemrograman bawaannya. Kelebihan Arduino uno bisa diprogram menggunakan komputer sehingga penggunaannya lebih optimal dalam membuat rangkaian elektronik yang diinginkan (Nugroho & Djaksana, 2022).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh US Enviromental Protect Agency (EPA), tingkat polusi udara di dalam ruangan diperkirakan memiliki resiko yang lebih tinggi dua hingga lima kali dibandingkan polusi udara di luar ruangan (F & Feriyanto, 2022).

Semakin tinggi kualitas udara buruk, menyebabkan semakin berkurang udara bersih yang dihirup. Maka diperlukan penyaring udara sebagai solusi untuk menghilangkan partikel dan polutan yang berbahaya. HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) merupakan filter udara berbentuk lipatan yang dirancang untuk menangkap dan menyaring hingga 99,97% partikel berukuran 0,3 mikron termasuk debu, serbuk sari, jamur dan bakteri (Suryantoro & Kusriyanto, 2023). Efektivitas filter HEPA akan semakin tinggi dengan dilengkapi dengan karbon aktif. Karbon aktif mempunyai struktur pori dan permukaan yang luas menunjukkan bahwa memiliki efektivitas tinggi dalam penyerapan CO₂. Proses penyerapan oleh karbon aktif melalui beberapa proses fisika dan kimia (Khotimah, 2023).

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penggunaan sensor MQ135 yaitu telah dirancang aplikasi untuk mendeteksi polusi udara dengan menggunakan sensor MQ135 (Gessal et al., 2019). Rancang bangun *prototype* monitoring kadar gas CO, CO₂, dan CH₄ berbasis mikrokontroler di ruangan laboratorium kimia (Rahayu et al., 2020). Perancangan alat ukur uji emisi kendaraan gas CO, CO₂ dan HC berbasis IoT (Purba & Siregar, 2023). Adapun penelitian lain dirancang sistem monitoring polusi udara berbasis sensor MQ135 untuk deteksi gas CO₂ dan CO (Taufiq et al., 2024).

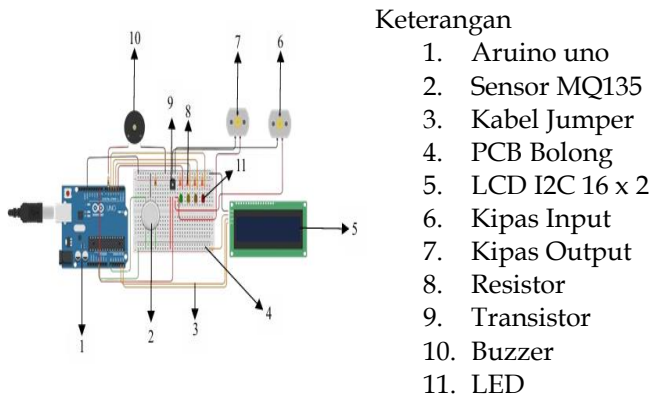
Fokus penelitian sebelumnya yaitu pada deteksi CO₂, baik yang nilainya ditampilkan pada LCD maupun dikirim pada aplikasi untuk pemantauan jarak jauh, tanpa mekanisme otomatis untuk menetralkan CO₂. Pada penelitian ini *prototype* tidak hanya dirancang untuk mendeteksi CO₂ dan ditampilkan nilainya pada LCD tetapi juga mengintegrasikan filter HEPA dengan karbon aktif yang bekerja secara mandiri yang berfungsi untuk menyaring udara yang terdeteksi mengandung CO₂ dan menurunkan kadar konsentrasinya. Adapun tujuan penelitian ini untuk merancang *prototype* pendeteksi gas CO₂ menggunakan sensor MQ135 berbasis arduino uno serta menganalisis cara kerja dan nilai akhir konsentrasi gas CO₂ setelah melewati filter HEPA.

Metode

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Laptop, Software Arduino IDE versi 2.3.4, aplikasi web Tinkercad, Arduino Uno R3, Sensor MQ-135, Buzzer, LCD I2C 16x2, PCB Bolong, Motor DC, Baling Kipas Mini, LED, Transistor, Resistor 220 ohm, Kabel Jumper, USB, Kaca Akrilik, Timah, Gergaji dan Filter HEPA karbon aktif AP 05 – AP 06, Kertas, Rokok, Korek dan alat pendeteksi CO₂ komersil:

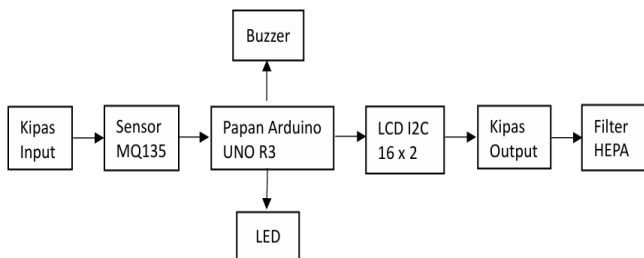
Carbon dioxide detector model H8. Proses perancangan *prototype* meliputi tiga tahapan sebagai berikut:

Tahap pertama yaitu perancangan skema rangkaian alat ukur deteksi gas CO₂. Desain rangkaian ini dibuat dan disimulasikan melalui aplikasi tinkercad seperti pada gambar 1



Gambar 1. Skema rangkaian alat ukur gas CO₂

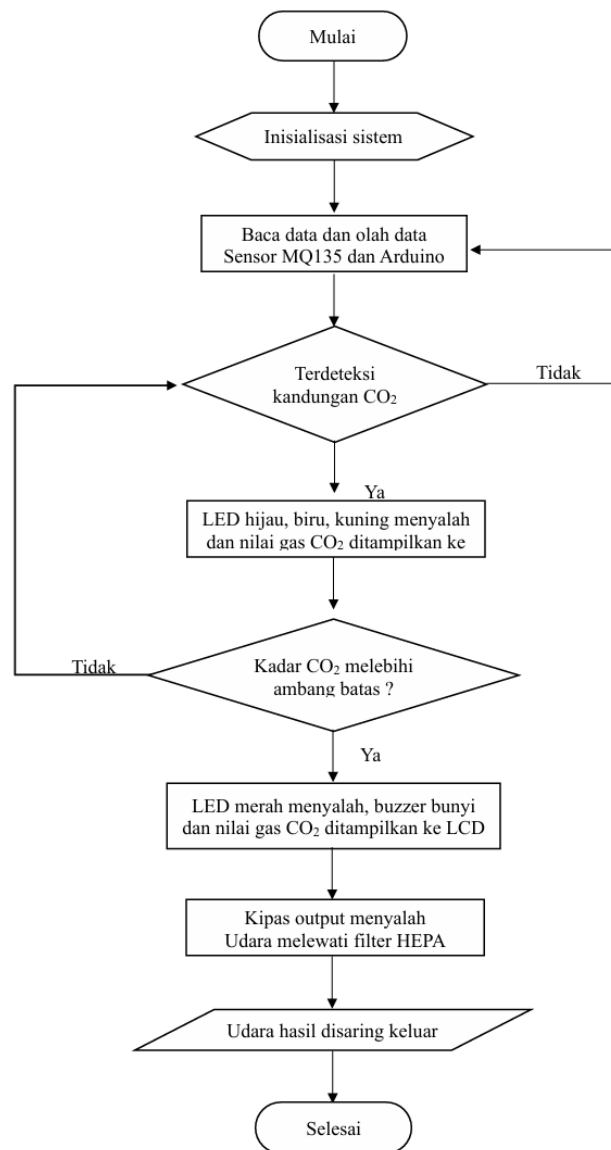
Tahap kedua dilakukan perancangan diagram blok *prototype* penetralisir kualitas CO₂ dalam ruangan menggunakan sensor MQ135 berbasis arduino uno yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok rancangan *prototype*

Sistem ini dibuat menggunakan Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler. Sistem akan bekerja ketika diberi tegangan sebesar 5-10V untuk mengaktifkan semua komponen. Setelah daya masuk, kipas input akan aktif untuk menarik udara dan mengalirkan ke sensor MQ135 untuk mendeteksi kadar gas CO₂. Data dari sensor dikirim ke arduino, yang akan mengkonversi sinyal analog. Selanjutnya LED dan buzzer akan berfungsi sebagai indikator peringatan kualitas udara. Data hasil pengolahan akan ditampilkan pada layar LCD 16 x 2. Selain itu, arduino juga mengontrol kipas output untuk mendorong udara menuju filter HEPA sehingga gas CO₂ dapat tersaring sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan.

Tahap ketiga yaitu perancang sistem untuk program pengukuran. Adapun diagram alir (flowchart) perancangan untuk *prototype* ini seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir perancangan program pengukuran

Ketika memasuki langkah awal, yaitu tahap mulai, proses pertama yang terjadi adalah inisialisasi sistem. Proses ini mencakup penginisialisasian sensor MQ135, pengaktifan LCD, serta pengaturan pin input dan output untuk kipas, buzzer, dan LED. Selanjutnya, kipas input akan menarik udara dari luar agar sensor MQ135 dapat mendeteksi gas CO₂ dan mengirimkan data tersebut ke arduino untuk diolah. Jika udara tidak terdeteksi mengandung gas CO₂, sistem akan melakukan pembacaan ulang. Namun, jika gas CO₂ terdeteksi, LED sebagai indikator akan menyala sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan: hijau menandakan bahwa kadar aman, biru menunjukkan bahwa kadar CO₂ mulai meningkat tetapi masih dalam batas aman, kuning menandakan bahwa kadar mendekati batas atas namun belum berbahaya, dan

merah menunjukkan bahwa kadar telah melewati ambang batas aman dan berbahaya. Apabila kadar CO₂ melebihi ambang batas aman, LED berwarna merah akan menyala dan buzzer berbunyi sebagai tanda peringatan. Nilai konsentrasi gas CO₂ akan tetap ditampilkan di LCD. Selanjutnya, kipas output yang menyala akan mendorong udara agar disaring oleh filter HEPA dengan karbon aktif. Setelah proses penyaringan selesai, udara bersih akan keluar dan proses ini selesai.

Perancangan *prototype* ini membandingkan hasil uji coba *prototype* perancangan dengan alat ukur standar pabrikan yaitu alat pendeteksi gas CO₂ model H8. Data hasil pembacaan *prototype* pendeteksi gas CO₂ hasil rancangan dengan alat ukur standar akan dianalisis menggunakan persamaan 1

$$Galat = \frac{\text{error}}{N_s} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana N_s merupakan nilai dari alat referensi, N_a merupakan nilai dari alat rancangan, dan Error merupakan hasil pengurangan dari nilai alat referensi (N_s) dengan nilai dari alat rancangan (N_a). Untuk menentukan nilai akurasi pembacaan *prototype* menggunakan persamaan 2

$$\text{Akurasi (\%)} = 100 - \% \text{ Galat} \quad (2)$$

Dimana % Galat adalah selisih antara nilai yang diperoleh pada *prototype* hasil perancangan dengan nilai yang seharusnya (Kurniawan et al., 2023).

Untuk mengetahui efektivitas filter HEPA terhadap penurunan CO₂ dapat dihitung melalui persamaan 3

$$\text{Penurunan CO}_2 = \frac{\text{CO}_2 \text{ masuk} - \text{CO}_2 \text{ keluar}}{\text{CO}_2 \text{ masuk}} \times 100\% \quad (3)$$

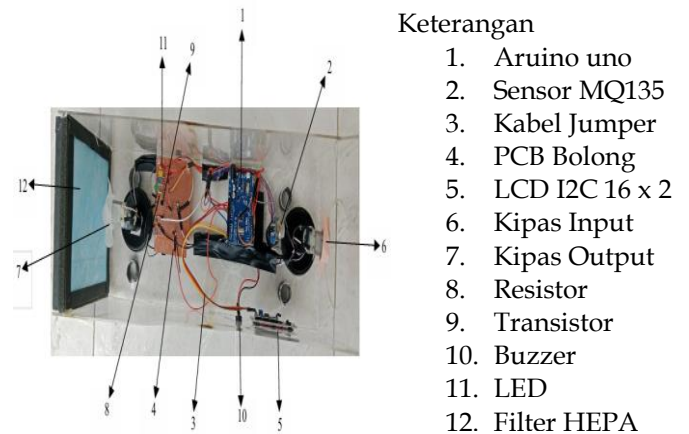
Dimana CO₂ masuk merupakan udara sebelum melewati filter HEPA dan CO₂ keluar merupakan udara setelah melewati filter HEPA (Indah Pangesti et al., 2022)

Hasil dan pembahasan

Hasil perancangan dari penelitian ini yaitu sebuah *prototype* pendeteksi sekaligus penetralisir gas CO₂ menggunakan sensor MQ135 berbasis arduino uno. Ada dua bagian hasil rancangan yaitu hardware dan software dalam alat ini.

1. Hardware

Rancangan hardware pada *prototype* tersusun dari sejumlah komponen utama yaitu sensor MQ135, Arduino Uno, Liquid Crystal Display I2C 16x2, Buzzer, LED, Adaptor, Kipas dan Filter HEPA. Adapun rancangan rangkaian secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian *prototype* keseluruhan

Prototype ini bekerja dimulai dengan penggunaan adaptor yang menyediakan daya yang diperlukan untuk setiap komponen dalam rangkaian. Adaptor akan memberikan tegangan 5V yang digunakan untuk sensor MQ135, Arduino Uno, LCD, Kipas, LED, dan Buzzer. Setelah rangkaian menerima daya, masing masing komponen akan melakukan tugasnya. Pertama, kipas input dihubungkan ke arduino pada pin digital 9 akan menarik udara luar dan sensor MQ135 menerima sinyal dari arduino uno kemudian sensor akan mengirimkan sinyal respon.

Sinyal respon yang berupa data dari sensor MQ135 yang berfungsi mengukur kualitas udara, dihubungkan ke arduino melalui pin A0, yang merupakan pin analog untuk input sinyal. Ketika sensor mendeteksi gas CO₂ arduino sebagai mikrokontroler akan menjalankan perintah atau fungsi yang telah diprogram untuk memproses data. Pada arduino Pin digital 2, -3, 4, -5 dihubungkan ke LED berfungsi sebagai lampu indikator dan pin digital -6 ke buzzer berfungsi sebagai alarm peringatan. Jika LED merah nyala, maka buzzer akan berbunyi. Pin analog A4 dan A5 dihubungkan ke pin SDA dan SCL di LCD. Data yang telah diproses oleh arduino akan dikirim ke LCD untuk ditampilkan. Selanjutnya udara yang melewati sensor akan didorong oleh kipas output yang dihubungkan ke arduino pada pin digital 9. Dengan cara ini sistem akan memberi informasi kualitas udara secara aktif.

2. Rancangan Software

Rancangan software pada *prototype* ini menggunakan program Arduino IDE versi yang merupakan software aplikasi bawaan arduino yang bisa mengatur micro single board dengan perlakuan yang dibuat untuk mengoptimalkan pengguna. Bahasa pemrogramannya menggunakan bahasa C++ (Nizam et al., 2022). Program ini ditanam pada mikrokontroler arduino uno yang terhubung melalui USB type B, memproses data dari sensor

MQ135 dan menampilkan pada LCD 16 x 2, program ini terbagi menjadi empat bagian meliputi:

- a. Program Deklarasi Variabel
Bagian ini umumnya digunakan untuk mendefenisikan variabel-variabel dan titik koneksi mikrokontroler arduino uno yang akan digunakan. Proses ini penting untuk memastikan pin pin yang dirancang dalam perangkat keras sesuai program yang dibuat. Selain itu, pendefenisian variabel dilakukan agar yang dihasilkan setiap variabel dapat memenuhi kebutuhan program secara optimal.
- b. Program Inisiasi Pin Data Setup Awal
Merupakan bagian yang menjalankan penginisialisasian fungsi untuk setiap pin yang sebelumnya telah didefenisikan. Disamping itu, proses ini digunakan untuk melakukan pengaturan awal program yang hanya dilakukan satu kali tanpa proses berulang.
- c. Program Periksa Perintah Dan Kontrol
Merupakan bagian yang berfungsi untuk mengendalikan sensor MQ135 dan komponen lain sesuai perintah yang diberikan program
- d. Program Pengolahan Hasil Pengukuran Sensor
Merupakan bagian bertugas menerima data pembacaan dari sensor MQ135. Data yang diterima kemudian diproses menjadi nilai gas CO2 dalam satuan ppm kemudian hasilnya ditampilkan pada layar LCD berukuran 16x2 (Bano et al., 2024)

Selanjutnya yaitu kalibrasi *prototype* penetralisir gas CO2 menguji untuk memastikan akurasinya. Dalam proses ini, hasil pengukuran alat rancangan akan dibandingkan dengan alat pendeteksi CO2 komersil dalam kondisi udara ruangan normal dengan cara ditempatkan berdekatan. Tujuannya untuk menguji dan menyesuaikan alat rancangan agar sesuai dengan standar yang ditetapkan. Hasil kalibrasi *prototype* dengan alat standar ditampilkan pada gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan nilai hasil pengukuran menggunakan *prototype* dan alat standar pada udara ruangan normal.

Selanjutnya dilakukan pengujian *prototype* penetralisir gas CO2 menggunakan dua sampel berbeda yaitu asap pembakaran kertas dan asap rokok. Pengujian *prototype* dilakukan sebanyak sepuluh kali pengambilan data untuk membuktikan efektivitas filter HEPA dalam menurunkan kadar gas CO2 dalam kedua sampel tersebut. Setelah dilakukan pengujian, data diolah dan ditampilkan pada tabel 2 dan tabel 3 untuk hasil pengujian asap pembakaran kertas dan asap pembakaran rokok berturut turut.

Tabel 2. Data pengujian konsentrasi gas CO2 pada sampel asap pembakaran kertas

Pengukuran ke	Alat Standar (PPM)	<i>Prototype</i> (PPM)	Error (%)	Akurasi (%)
1	2089	2106	0.81	99.19
2	1422	1450	1.97	98.03
3	1597	1609	0.75	99.25
4	2025	2036	1.68	98.32
5	1384	1375	0.65	98.35
6	1748	1772	1.37	98.63
7	1998	1991	0.35	99.65
8	2321	2346	1.08	98.92
9	2151	2189	1.77	98.23
10	2427	2459	1.32	98.68
Rata rata			1.17	98.83

Tabel 3. Data pengujian konsentrasi gas pada CO2 sampel asap pembakaran rokok

Pengukuran ke	Alat Standar (PPM)	<i>Prototype</i> (PPM)	Error (%)	Akurasi (%)
1	2467	2491	0.97	99.03
2	2674	2699	0.93	99.07
3	2540	2569	1.14	98.86
4	2893	2941	1.66	98.34
5	3267	3299	0.98	98.02
6	3119	3155	1.15	98.85
7	3299	3329	0.91	99.09
8	2879	2920	1.42	98.58
9	2854	2880	0.91	99.09
10	2959	2987	0.95	99.05
Rata rata			1.10	98.90

Hasil pengujian pada tabel 2 menunjukkan konsentrasi CO2 yang terdeteksi pada alat standar berkisar antara 1384 ppm hingga 2427 ppm yang merupakan nilai pengukuran terendah dan tertinggi berturut turut. Pada pengukuran kedua dan kelima hasilnya menunjukkan konsentrasi CO2 berada pada kategori udara tidak sehat yaitu 1422 ppm dan 1384 ppm, sedangkan hasil pengukuran yang lain menunjukkan konsentrasi CO2 pada kategori udara berbahaya dengan rentang nilai 1597 ppm hingga 2427 ppm. Sementara hasil pengujian dengan *prototype* menunjukkan nilai yang sedikit berbeda dengan alat ukur standar yaitu diantara kisaran 1375 ppm hingga

2459 ppm, merupakan nilai pengukuran terendah dan tertinggi berturut turut. Hasil pengukuran kedua dan kelima pada *prototype* menunjukkan konsentrasi CO₂ di kategori udara tidak sehat, sementara hasil pengukuran lainnya menunjukkan kategori udara berbahaya dengan rentang nilai 1609 ppm hingga 2459 ppm. Nilai error yang dihasilkan berkisar antara 0.35% hingga 1.97%, dengan rata-rata error sebesar 1.17%. Akurasi *prototype* dibandingkan alat standar berkisar antara 98.23% hingga 99.65%, dengan rata-rata akurasi sebesar 98.83%.

Hasil pengujian pada tabel 3, menunjukkan nilai konsentrasi CO₂ yang terdeteksi oleh alat standar berada dalam rentang 2467 ppm hingga 3299 ppm, sedangkan alat *prototype* menunjukkan rentang 2491 ppm hingga 3329 ppm. Hasil semua pengukuran pada pengujian baik dengan alat standar dan *prototype*, menunjukan nilai konsentrasi CO₂ dalam kadar tinggi dengan kategori udara berbahaya pada rentang nilai >1500 ppm. Nilai error dalam pengujian ini berkisar antara 0.91% hingga 1.66%, dengan rata-rata error 1.10%. Akurasi *prototype* dibandingkan alat standar berkisar antara 98.02% hingga 99.09%, dengan rata-rata akurasi 98.90. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dari penelitian sebelumnya yang juga menggunakan sensor MQ135 untuk mendeteksi gas CO₂. Hasilnya menunjukkan bahwa pengukuran MQ135 untuk gas CO₂ mampu memberikan hasil yang akurat dalam pengukuran dengan rentang nilai yang diperoleh berkisar antara 400 ppm hingga 580 ppm (Muttaqin et al., 2024). Penelitian ini juga diperkuat dengan penelitian lain yang serupa, menunjukkan sensor MQ135 mampu mendeteksi gas CO₂ dengan kisaran nilai 454 ppm hingga 484 ppm yang menunjukkan area yang diuji dinyatakan bersih (Refalista et al., 2023). Selanjutnya dilakukan pengukuran alat perancangan untuk mengetahui efektivitas filter HEPA terhadap sampel asap pembakaran kertas dan asap pembakaran rokok ditampilkan dalam tabel 4 dan 5 sebagai berikut

Tabel 4. Pengujian efektivitas filter HEPA terhadap gas CO₂ dengan sampel asap pembakaran kertas

Pengujian ke	Alat Standar (PPM)	Prototype: Konsentrasi sebelum melewati filter (PPM)	Konsentrasi setelah melewati filter (PPM)	Efektivitas Filter (%)
1	2089	2106	417	80.20
2	1422	1450	390	73.10
3	1597	1609	324	79.86
4	2025	2036	410	79.86
5	1384	1375	378	72.51
6	1748	1772	357	79.85
7	1998	1991	400	79.91
8	2321	2346	471	79.92
9	2151	2189	439	79.95

10	2427	2459	492	79.99
Rata rata				78.52

Pada pengujian menggunakan sampel asap pembakaran kertas, konsentrasi awal gas CO₂ yang terdeteksi oleh *prototype* berkisar antara 1375 ppm hingga 2459 ppm. Setelah melalui filter HEPA, konsentrasi gas CO₂ mengalami penurunan yang signifikan, dengan efektivitas filter bervariasi antara 72,51% hingga 80,20%. Rata-rata efektivitas filter dalam menyaring gas CO₂ dari asap pembakaran kertas adalah 78,52%. Meskipun rata-rata efektivitas filter tidak terlalu tinggi, pada pengujian dengan asap pembakaran kertas menunjukkan filter HEPA karbon aktif mampu menurunkan kadar gas CO₂ menjadi lebih rendah, dibuktikan dengan rentang nilai udara setelah melewati filter berada pada kategori udara normal yaitu 324 ppm hingga 492 ppm.

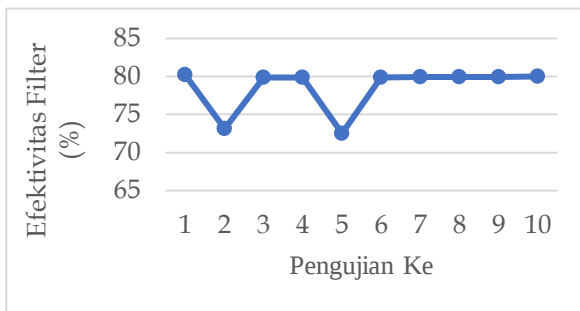
Tabel 5. Pengujian efektivitas filter HEPA terhadap gas CO₂ dengan sampel asap pembakaran rokok

Pengujian ke	Alat Standar (PPM)	Prototype : Konsentrasi sebelum melewati filter (PPM)	Konsentrasi setelah melewati filter (PPM)	Efektivitas Filter (%)
1	2467	2491	321	87.11
2	2674	2699	485	82.03
3	2540	2569	460	82.09
4	2893	2941	638	78.31
5	3267	3299	725	78.02
6	3119	3155	710	77.50
7	3299	3329	752	77.41
8	2879	2920	636	78.33
9	2854	2880	624	78.41
10	2959	2987	645	78.41
Rata rata				80.16

Pengujian menggunakan sampel asap pembakaran rokok menunjukkan konsentrasi gas CO₂ sebelum melewati filter HEPA berkisar antara 2491 ppm hingga 3329 ppm. Setelah melalui filter, konsentrasi gas CO₂ menurun dengan efektivitas filter berkisar antara 77,41% hingga 87,11%. Rata-rata efektivitas filter dalam menyaring gas CO₂ dari asap pembakaran rokok adalah 80,16%. Nilai rata-rata ini lebih tinggi dibandingkan nilai efektivitas filter HEPA dalam pengujian menggunakan asap pembakaran kertas. Meskipun nilai konsentrasi asap pembakaran rokok turun menjadi lebih rendah, pada pengukuran ke empat hingga pengukuran ke sepuluh rentang nilai udara setelah melewati filter HEPA karbon aktif masih dalam kategori udara sedang, berkisar antara 624 ppm hingga 752 ppm menunjukkan belum mencapai udara baik.

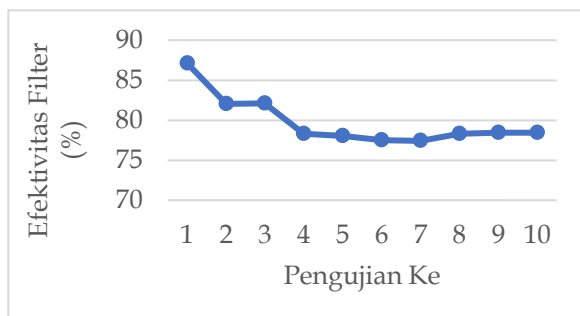
Data pengujian efektivitas filter HEPA dengan menggunakan sampel asap pembakaran kertas dan asap

pembakaran rokok ditampilkan dalam grafik pada gambar 6 dan 7 sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik pengujian efektivitas filter HEPA dengan sampel asap pembakaran kertas

Berdasarkan grafik pada gambar 6 menunjukkan efektivitas yang fluktuatif dalam menyaring asap pembakaran kertas, dengan efektivitas berkisar antara 72% hingga 80 %. Hal ini ditunjukkan oleh trendline pada pengujian kedua dan kelima mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti partikel asap kertas, ukuran butir karbon, dan faktor lingkungan. Merujuk pada penelitian (Wangsa et al., 2019) menunjukkan bahwa karbon aktif dengan ukuran butiran <250 mikron mampu menyerap 100% CO₂, sedangkan ukuran butiran >350 mikron menunjukkan efektivitas penyerapan yang lebih rendah. Hal ini menekankan pentingnya karakteristik fisik karbon aktif dalam proses adsorpsi CO₂.



Gambar 7. Grafik pengujian efektivitas filter HEPA dengan sampel asap pembakaran rokok

Grafik pada gambar 7 menunjukkan bahwa efektivitas filter HEPA dalam menyaring asap rokok menurun seiring dengan bertambahnya jumlah pengujian. Pada pengujian pertama, efektivitas filter mencapai sekitar 87%, namun secara bertahap menurun hingga mencapai sekitar 77% pada pengujian ke enam dan cenderung stabil pada nilai tersebut hingga pengujian kesepuluh. Penurunan efektivitas ini menunjukkan adanya kejenuhan pada filter akibat akumulasi partikel dari asap rokok, yang menyebabkan kapasitas penyaringannya menurun. Adapun penelitian menunjukkan bahwa filter HEPA dengan tambahan karbon aktif (charcoal) efektif dalam menyaring

senyawa organofosfat di kabin pesawat, namun tidak secara spesifik menyoroti efektivitasnya terhadap CO₂. Ini menunjukkan bahwa meskipun kombinasi filter HEPA dan karbon aktif efektif untuk polutan tertentu, efektivitasnya terhadap CO₂ mungkin kurang maksimal (Afian et al., 2020).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, telah berhasil dikembangkan sebuah prototipe pendeteksi dan penetralisir gas CO₂ berbasis sensor MQ135 dan Arduino Uno dengan integrasi filter HEPA yang mengandung karbon aktif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe ini memiliki akurasi tinggi dibandingkan alat standar, dengan rata-rata akurasi sebesar 98,83% untuk sampel asap pembakaran kertas dan 98,90% untuk sampel asap rokok. Selain itu, efektivitas filter HEPA dalam menyaring gas CO₂ dari asap pembakaran kertas mencapai 78,52%, sedangkan untuk asap rokok mencapai 80,16%. Meskipun demikian, ditemukan bahwa efektivitas filter HEPA cenderung menurun pada penggunaan berulang, yang mengindikasikan adanya kejenuhan material penyaring akibat akumulasi partikel polutan.

Daftar Pustaka

- Afian, F., Budhijuwono, A., Agustina, A., & Anditirina, D. (2020). Efektifitas Hepa Filter Dengan Charcoal Dalam Penyaringan Organofosfat Di Kabin Pesawat. *Jurnal Kedokteran*, Vol.06, 17-31. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36679/kedokteran.v6i1.260>
- Agit Kriswantriyono, Agus Setiyaji, Elis Fauziyah, Sarah Dhea Pratiwi, T. B. S. (2022). Integrasi Dan Dampak Program Pertanian Terpadu Sistem Inovasi Sosial Kelompok Setaria (Tante Siska). *Jurnal CARE : Jurnal Resolusi Konflik, CSR, Dan Pemberdayaan*, 7(1), 37-48.
- Bahri, B., Raharjo, M., & Suhartono, S. (2021). Dampak Polusi Udara Dalam Ruangan Pada Kejadian Kasus Pneumonia: Sebuah Review. *Link*, 17(2), 99-104. <https://doi.org/10.31983/link.v17i2.6833>
- Bangkit Sanjaya Uumbu, A. (2023). Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 untuk Menentukan Persamaan Hubungan antara ppm dan Rs/Ro. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 11(02), 49-60. <https://doi.org/10.23960/2fjtaf.v11i2.6656>
- Bano, T. B., Widagda, I. G. A., Trisnawati, N. L. P., Wibawa, I. M. S., Putra, I. K., & Sandi, I. N. (2024). Perancangan Alat Ukur Intensitas Cahaya menggunakan Sensor BH1750 Berbasis Mikrokontroler ATmega328P. *Kappa Journal*, 8(1), 95-101.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.29408/kpj.v8i1.24917>
- Doyan, A., Khairunnisa, D. S., Zuhdi, M., & Indonesia, B. (2022). Pengembangan Media Alat Ukur Percepatan Gravitasi Berbasis Arduino Nano untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Kappa Journal*, 6(2), 240-257. <https://doi.org/https://doi.org/10.29408/kpj.v6i2.6797>
- F, F. D. P. E., & Feriyanto, D. (2022). Analisis pengaruh filter karbon aktif alami pada air purifier Daikin MC30VVM-H terhadap kualitas udara. *Journal of New Energies and Manufacturing*, 1(1), 74-85. <https://doi.org/https://doi.org/10.22441/jonem.v1i1.14580>
- Gessal, C. I. Y., Lumenta, A. S. M., & Sugiarso, B. A. (2019). Kolaborasi Aplikasi Android Dengan Sensor Mq-135 Melahirkan Detektor Polutan Udara. *Jurnal Teknik Informatika*, 14(1), 109-120.
- Hasugian, I. S., Kurniawan, E., & Purwitasari, D. (2024). Rancang Bangun Sistem Keselamatan terhadap Gas CO₂ dalam Ruang Penyimpanan Tabung Gas CO₂ Menggunakan Raspberry Pi Pico W. *Ocean Engineering: Jurnal Ilmu Teknik Dan Teknologi Maritim*, Vol.3, No.(3), Hal 81-108. <https://doi.org/https://doi.org/10.58192/ocean.v3i3.2523>
- Indah Pangesti, M., Dwityaningsih, R., Satriawan, D., Studi, P. D., Pengendalian Pencemaran Lingkungan, T., & Negeri Cilacap, P. (2022). Efektivitas Karbon Aktif Dari Sekam Padi Dengan Aktivator H₃PO₄ Sebagai Media Filter Penjerapan CO₂ Dari Biogas Effectiveness of Activated Carbon from Rice Husk with H₃PO₄ Activators as CO₂ Adsorption Filter Media Contained in Biogas. *Seminar Nasional Inovasi Dan Pengembangan Teknologi Terapan (SENOVTEK) Cilacap*, 100-107.
- Khotimah, N. (2023). Karbon aktif berbahan dasar limbah biomassa pada aplikasi penyerapan CO₂ (carbon capture): review. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-9*, 9(1), 70-77.
- Kurniawan, D., Sulistiyanti, S. R., & Murdika, U. (2023). Sistem Pemantau Gas Karbon Monoksida (Co) Dan Karbon Dioksida (Co₂) Menggunakan Sensor Mq7 Dan Mq-135 Terintegrasi Telegram. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(2), 200-206. <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i2.2963>
- Muttaqin, R., Prayitno, W. S. W., Setyaningsih, N. E., & Nurbaiti, U. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(2), 102-115. <https://doi.org/10.14710/jplp.6.2.102-115>
- Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767-772. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>
- Noviardi, Arif Budiman, M. F. (2024). Perancangan *Prototype* Pemantauan Polusi Udara dalam Ruangan Berbasis IoT. *Technologica*, 3(2), 96-110. <https://doi.org/https://doi.org/10.55043/technologica.v3i2.181>
- Nugroho, B. A., & Djaksana, Y. M. (2022). Implementasi Mikrokontroler Arduino Uno dan Multi Sensor Pada Tempat Sampah. *Jurnal Scientia Sacra: Jurnal Sains*, 2(4), 70-77.
- Purba, A. M., & Siregar, E. P. (2023). Rancang Bangun Alat Ukur Uji Emisi Kendaraan Gas Karbon Monoksida (CO), Karbondioksida (CO₂), dan Hidrokarbon (HC) Berbasis IoT. *Teknik Elektro*, 3, 0-5. <https://doi.org/https://doi.org/10.51510/trekritel.v1i1.418>
- Rahayu, S., Wiharso, T. A., & Rizkan, M. (2020). *Jurnal Vol.11 No. 1 Januari 2020. Prototyping Modul Praktikum Pembangkitan Energi Listrik Menggunakan Daur Ulang Motor Induksi Satu Fasa*, 11(1), 22-29.
- Refalista, A., Irawati, R., Irawan, I., & Wisjhnuadji, T. W. (2023). Penggunaan Sensor MQ-2,4,7,135 dan ESP32 Untuk Air Pollution Monitoring Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ticom: Technology of Information and Communication*, 12(1), 31-36. <https://doi.org/10.70309/ticom.v12i1.104>
- Salamah, U., Hidayah, Q., & Kusuma, D. Y. (2022). CO₂ detection system in mixed gas using MQ-135 sensor. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 2(2), 72-77. <https://doi.org/10.33369/nmj.v2i2.18730>
- Suryantoro, H., & Kusriyanto, M. (2023). Sistem Monitoring Partikel (PM_{2.5}) Air Purifier untuk Mengetahui Kualitas Udara Berbasis Sensor PMS5003 Dan Arduino. *Indonesian Journal of Laboratory*, 4887(3), 88. <https://doi.org/10.22146/ijl.v0i3.8804>
- Taufiq, A. J., Hayat, L., Muchtasjar, B., Romandolo, D. G., Amarudin, R. B., Purwokerto, U. M., Purwokerto, U. M., Purwokerto, U. M., & Makalah, I. (2024). Sistem monitoring polusi udara berbasis sensor mq-135 untuk deteksi gas CO₂ dan CO: studi kasus di. *Techno*, 25(2), 131-138. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.30595/techno.v25i2.24100>
- Wahyudi, J., Perencanaan, B., Daerah, P., Pati, K., Raya, J., Km, P.-K., & Tengah, P. 59163 J. (2019). Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Dari Pembakaran Terbuka Sampah Rumah Tangga Menggunakan Model Ipcc Greenhouse Gases Emissions From Municipal Solid Waste Burning Using Ipcc Model. *Jurnal Litbang*, XV(1), 65-76.

<https://doi.org/https://doi.org/10.33658/jl.v15i1.132>

Wangsa, H., Ketut, D. N., Negara, P., & Nindhia, T. (2019). Penyerapan CO₂ Dengan Karbon Aktif Bambu Swat Dengan Variasi Ukuran Butiran. 8(1), 440–444.