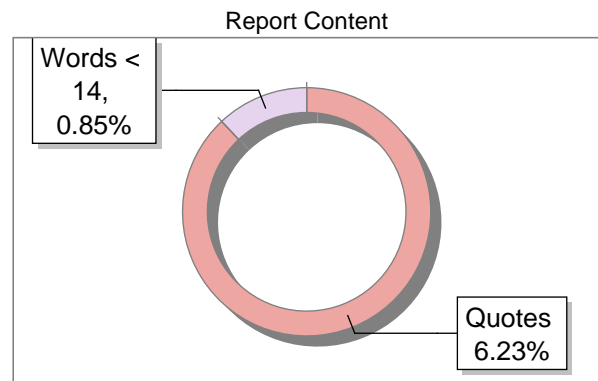
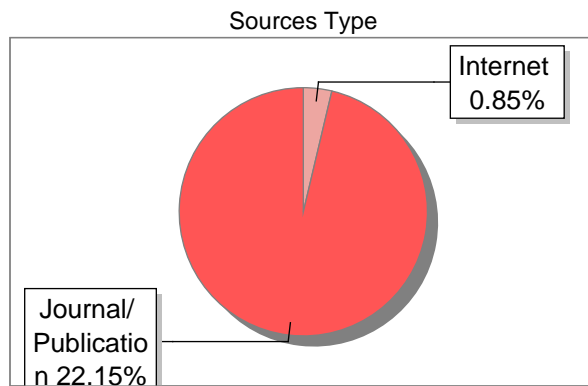
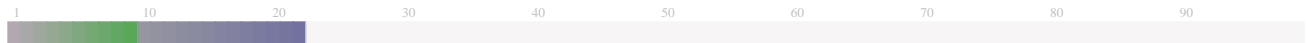


### Submission Information

Author Name	Marta Dwi Darma Putra, Ardi Pujiyanta, Imam Riadi
Title	Perancangan Alat Monitoring Karbon Monoksida (CO) dan Partikel Debu PM 2.5 dalam Ruang Berbasis ESP32 Devkit C V4 dan LCD OLED
Paper/Submission ID	2323293
Submitted by	perpustakaan.similarity@uad.ac.id
Submission Date	2024-09-18 13:39:33
Total Pages, Total Words	8, 2955
Document type	Article

### Result Information

Similarity **23 %**

### Exclude Information

Quotes	Excluded
References/Bibliography	Excluded
Source: Excluded < 14 Words	Not Excluded
Excluded Source	<b>89 %</b>
Excluded Phrases	Not Excluded

### Database Selection

Language	Non-English
Student Papers	Yes
Journals & publishers	Yes
Internet or Web	Yes
Institution Repository	Yes

A Unique QR Code use to View/Download/Share Pdf File





## DrillBit Similarity Report

23

SIMILARITY %

4

MATCHED SOURCES

B

GRADE

A-Satisfactory (0-10%)  
B-Upgrade (11-40%)  
C-Poor (41-60%)  
D-Unacceptable (61-100%)

LOCATION	MATCHED DOMAIN	%	SOURCE TYPE
3	docobook.com	1	Internet Data
4	docplayer.info	<1	Internet Data
5	ejournal.unp.ac.id	19	Publication
6	ejournal.unp.ac.id	3	Publication

### EXCLUDED SOURCES

1	ejournal.unp.ac.id	78	Publication
2	ejournal.unp.ac.id	11	Publication

## Perancangan Alat Monitoring Karbon Monoksida (CO) dan Partikel Debu PM 2.5 dalam Ruangan Berbasis ESP32 Devkit C V4 dan LCD OLED

Marta Dwi Darma Putra<sup>1\*</sup>, Ardi Pujiyanta<sup>2</sup>, Imam Riadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Informatika, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Sistem Informasi, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

\*Corresponding author, email: [2307057012@webmail.uad.ac.id](mailto:2307057012@webmail.uad.ac.id)

### Abstrak

Polusi udara tidak hanya terjadi di alam terbuka, tetapi juga terjadi di dalam sebuah ruangan. Polusi udara adalah kondisi di mana menurunnya kualitas udara karena tercemar yang diakibatkan oleh polutan seperti beberapa jenis gas, asap kendaraan, asap industri, dan limbah udara dari rumah tangga. Hal ini dapat menjadi lebih berbahaya dibandingkan dengan di alam terbuka. Padahal, masyarakat menghabiskan waktunya sekitar 90 persen di dalam ruangan paparan debu dan asap di dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan penyakit paru, meliputi penyakit kardiovaskular, asma, bronkitis, kematian dini, dan kanker paru-paru. Perancangan alat monitoring kualitas udara dan partikel debu dalam ruangan pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 Devkit C V4, sensor debu Sharp GP2Y1010AU0F, sensor MQ 135, dilengkapi serta monitoring kualitas udara secara *real time* dengan menggunakan LCD OLED. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat untuk memonitoring kualitas udara di dalam ruangan. Hasil yang diperoleh pada hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap kinerja alat dapat mengambil kesimpulan bahwa sistem monitoring Karbon Monoksida (CO) dan partikel PM 2.5 dapat berjalan dengan baik. Alat telah dapat menampilkan pembacaan Karbon Monoksida (CO) dan partikel PM 2.5. Saat pengujian alat dibandingkan dengan alat Air Quality Detector memiliki hasil pembacaan Karbon Monoksida (CO) dengan rata-rata eror 0.6% dan partikel PM 2.5 dengan rata-rata eror 2.6%. Pada hasil monitoring pengujian keseluruhan selama 13 jam didapat hasil monitoring kadar Karbon Monoksida (CO) dengan rata-rata sebesar 2.7 PPM dan partikel PM 2.5 dengan rata-rata sebesar 22.5 ug/m<sup>3</sup>.

Keyword: monitoring debu, monitoring karbon monoksida, esp32, sensor debu, PM2.5

### Abstract

*Air pollution not only occurs outdoors, but also occurs indoors. Air pollution is a condition where air quality decreases due to pollution caused by pollutants such as several types of gas, vehicle fumes, industrial fumes and waste air from households. This can be more dangerous than in the open. In fact, people spend around 90 percent of their time indoors, exposure to dust and smoke for a long period of time will cause lung disease, including cardiovascular disease, asthma, bronchitis, premature death and lung cancer. The design of a tool for monitoring indoor air quality and dust particles in this research uses an ESP32 Devkit C V4 microcontroller, Sharp GP2Y1010AU0F dust sensor, MQ 135 sensor, equipped with real time air quality monitoring using an OLED LCD. It is hoped that this research will be useful for the public in monitoring indoor air quality. The results obtained from the test results that have been carried out on the performance of the equipment can conclude that the monitoring system for Carbon Monoxide (CO) and PM 2.5 particles can work well. The tool can display readings of Carbon Monoxide (CO) and PM 2.5 particles. When testing the tool compared with the Air Quality Detector tool, the results showed Carbon Monoxide (CO) readings with an average error of 0.6% and PM 2.5 particles with an average error of 2.6%. In the results of monitoring the overall test for 13 hours, monitoring results obtained for Carbon Monoxide (CO) levels with an average of 2.7 PPM and PM 2.5 particles with an average of 22.5 ug/m<sup>3</sup>.*

**Keywords:** dust monitoring, carbon monoxide monitoring, esp32, dust sensor, PM2.5

## PENDAHULUAN

Udara sangat penting pada kehidupan makhluk hidup. Udara terdiri dari beberapa campuran gas seperti Oksigen (O<sub>2</sub>), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan Ozon (O<sub>3</sub>) [1]. Polusi udara tidak hanya terjadi di alam terbuka, tetapi juga terjadi di dalam sebuah ruangan [2]. Polusi udara adalah kondisi di mana menurunnya kualitas udara karena tercemar yang disebabkan oleh polutan seperti gas, asap kendaraan, asap industri atau polutan lainnya [3]. Hal ini dapat menjadi lebih berbahaya dibandingkan dengan di alam terbuka, padahal masyarakat menghabiskan waktunya sekitar 90 persen di dalam ruangan [4].

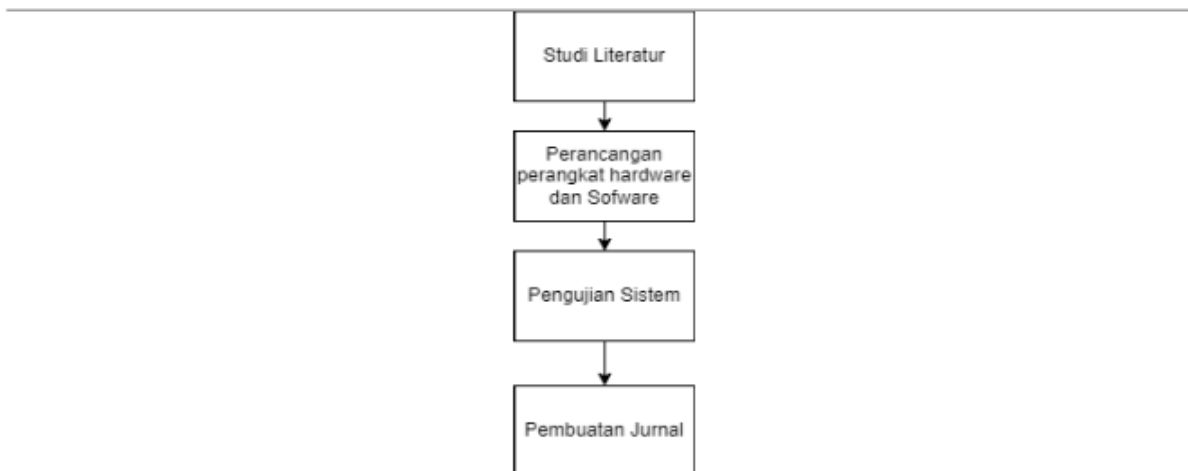
Faktor yang dapat mempengaruhi kualitas udara di dalam suatu ruangan adalah karena ketidaklancaran sirkulasi udara dan adanya zat polutan seperti debu dan Karbon Monoksida (CO), sehingga udara terjebak didalam ruangan [5]. Karbon Monoksida (CO) adalah gas yang tidak memiliki warna, bau ataupun rasa dan tidak dapat dilihat mata [6]. Karbon Monoksida (CO) dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna oleh bahan yang berbasis karbon seperti kayu, batu bara, dan zat organik lainnya [7]. Debu adalah salah satu partikel yang melayang di udara yang memiliki ukuran sebesar 1 micron – 500 micron [8]. Salah satu partikel yang berbahaya pada udara adalah polutan partikel PM 2.5. Partikel PM 2.5 adalah partikel sangat kecil berukuran hanya 2,5 mikron merupakan partikel halus yang dapat terhirup yang mengandung sulfat, nitrat, senyawa organik, senyawa amonium, logam dan asam [9]. Ambang batas paparan partikel PM 2.5 di Indonesia adalah 65 u/m<sup>3</sup> [10]. Paparan debu dan asap di dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan penyakit paru, meliputi penyakit kardiovaskular, asma, bronkitis, kematian dini dan kanker paru-paru [11].

Beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yaitu penelitian tentang Sistem Monitoring Partikulat (PM 10) dan Karbon Monoksida (CO) Berbasis Arduino Uno. Alat ini menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor gas MQ 7 sebagai pendeteksi gas Karbon Monoksida (CO), sensor Sharp GP2Y1010AU0F untuk mendeteksi partikel debu PM 10 dan juga dilengkapi modul panel LED yang berfungsi untuk menampilkan nilai pembacaan sensor beserta kondisi dari Karbon Monoksida (CO) dan partikel PM 10. Hasil dari alat ini yaitu sistem ini dapat menampilkan angka dan kondisi dari Karbon Monoksida (CO) dan partikel PM 10 ke modul panel LED dengan akurat untuk ditampilkan ke masyarakat pengguna jalan raya [12]. Penelitian tentang Rancangan Bangun *Prototype* Monitoring Kualitas Udara dalam Ruang. Alat ini menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler dan NodeMCU ESP8266 yang berfungsi mengirimkan data pembacaan sensor ke *platform* ThingsBoard. Alat juga dilengkapi dengan sensor gas MQ 4, sensor gas MQ 135, sensor gas MQ 7 sebagai pendeteksi gas dan juga dilengkapi LCD dengan I2C Bus yang berfungsi untuk menampilkan nilai pembacaan sensor. Alat ini terkoneksi dengan *platform* ThingsBoard untuk memonitoring kualitas udara di dalam ruangan. Pada penelitian ini gas yang diteliti adalah metana (CH<sub>4</sub>) dengan hasil pengukuran rata-rata 2.79 PPM, alkohol dengan hasil pengukuran rata-rata 1.06 PPM, CO<sub>2</sub> dengan hasil pengukuran rata-rata 2.32 PPM, NH<sub>4</sub> dengan hasil pengukuran rata-rata 3.63 PPM, asap dengan hasil pengukuran rata-rata 0.7 PPM dan CO dengan hasil pengukuran rata-rata 1.1 PPM [13].

Perancangan alat monitoring kualitas udara dan partikel debu PM 2.5 dalam ruangan pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 Devkit C V4, sensor debu Sharp GP2Y1010AU0F [14], sensor MQ 135 [15], serta monitoring kualitas udara secara *real time* dengan menggunakan LCD OLED. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat untuk memonitoring kualitas udara di dalam ruangan.

## METODE

Metode penelitian ini dijelaskan dalam bentuk kerangka penelitian yaitu terdiri dari beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 1. Bentuk diagram keseluruhan pada tahapan penelitian ini akan menghasilkan suatu sistem yang dapat bekerja dengan baik.



**Gambar 1. Alur Penelitian**

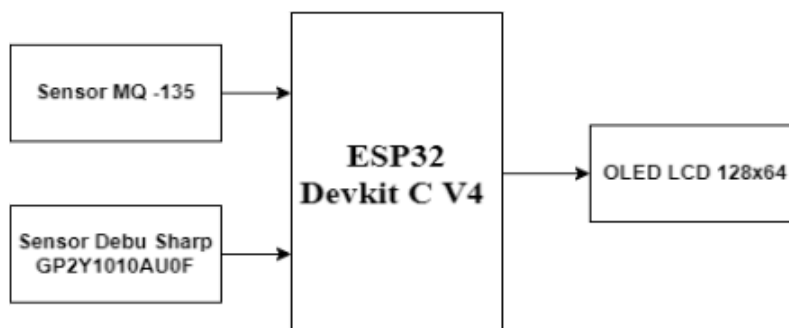
Gambar 1 menunjukkan kerangka penelitian yaitu terdiri dari studi literatur, perancangan perangkat *hardware* dan *software*, pengujian sistem dan yang terakhir adalah pembuatan jurnal.

### Studi Jurnal atau Literatur

Studi Jurnal atau literatur adalah tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan suatu masalah. Studi literatur dilakukan dengan cara mencari referensi terkait dengan dari berbagai sumber penelitian sebelumnya melalui buku, *e-book*, jurnal terakreditasi, maupun internet.

### Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada penelitian perancangan alat monitoring Karbon Monoksida (CO) dan partikel debu PM 2.5 dalam ruangan berbasis ESP32 Devkit C V4 dan LCD OLED dapat dilihat pada Gambar 2.



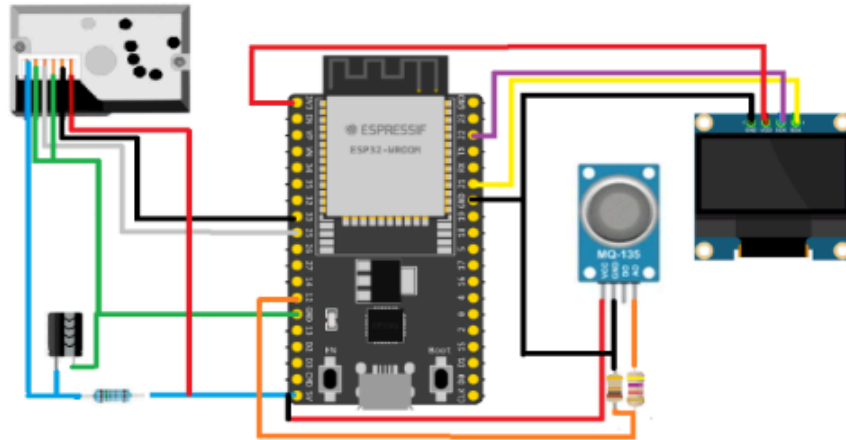
**Gambar 2. Rancangan Sistem**

Gambar 2 menunjukkan rancangan sistem pada perangkat keras yang terdiri dari ESP 32 Devkit C V4 sebagai kendali utama yang dilengkapi dengan Sensor MQ 135 sebagai sensor kadar Karbon Monoksida (CO) serta dilengkapi dengan sensor debu Sharp GP2Y1010AI0F sebagai sensor pendeteksi kadar partikel PM 2.5 diudara, dan dilengkapi dengan LCD OLED 128x 64 sebagai tampilan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor , fungsi komponen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi Komponen

No	Komponen	Fungsi
1	ESP32 Devkit C V4	Sistem kendali utama
2	Sensor MQ-135	Sensor pendeteksi asap
3	Sensor Debu Sharp GP2Y1010AU0F	Sensor pendeteksi debu
4	OLED LCD 128x64	Monitoring kualitas udara

Adapun skema elektronik dari perangkat ini dapat dilihat pada Gambar 3.

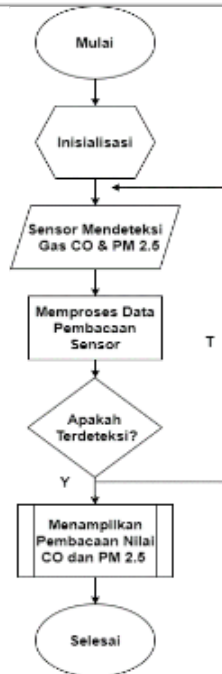


Gambar 3. Skema Elektronik

Gambar 3 menunjukkan skema elektronik pada rangkaian elektronik yang dibuat. Board ESP 32 tersambung dengan LCD OLED dengan pin 21 pada ESP 32 terhubung dengan SDA melalui kabel warna kuning, untuk pin 22 pada ESP 32 terhubung dengan SCK melalui kabel warna ungu, untuk pin GND 22 pada ESP 32 terhubung dengan GND melalui kabel warna hitam, dan terakhir untuk 3v3 22 pada ESP 32 terhubung dengan VCC menggunakan kabel warna merah. ESP 32 juga terhubung dengan sensor MQ 135 dengan pin 12 pada 22 pada ESP 32 terhubung dengan A0 dengan diberi resistor 4.7 Kohm dengan kabel warna oranye dan terhubung ke GND dengan resistor 10 Kohm dengan kabel warna hitam dan untuk pin 5v5 22 pada ESP 32 terhubung ke VCC. ESP 32 juga terhubung dengan sensor sharp GP2Y1010AU0F, pin 5v5 pada 22 pada ESP 32 terhubung dengan pin V-LED dengan diberi resistor 10Kohm dengan warna kabel biru, pin GND pada mikrokontroler terhubung dengan pin GND-LED dengan warna kabel hijau, pin 25 pada 22 pada ESP 32 terhubung dengan pin LED dengan warna kabel putih, pin GND pada 22 pada ESP 32 terhubung dengan pin GND-LED dengan kabel warna hijau, serta pin 33 pada 22 pada ESP 32 terhubung dengan pin V0 dengan diberi resistor 10Kohm dengan warna kabel biru, dan pin 5v5 pada 22 pada ESP 32 terhubung dengan pin VCC dengan warna kabel merah. Untuk daya pada mikrokontroler itu sendiri menggunakan kabel USB.

#### Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini berupa penelitian perancangan alat monitoring Karbon Monoksida (CO) dan partikel debu PM 2.5 dalam ruangan berbasis ESP32 Devkit C V4 dan LCD OLED dengan menggunakan *software* Arduino IDE. Adapun flowchart pada sistem kerja alat ini dapat dilihat pada Gambar 4.

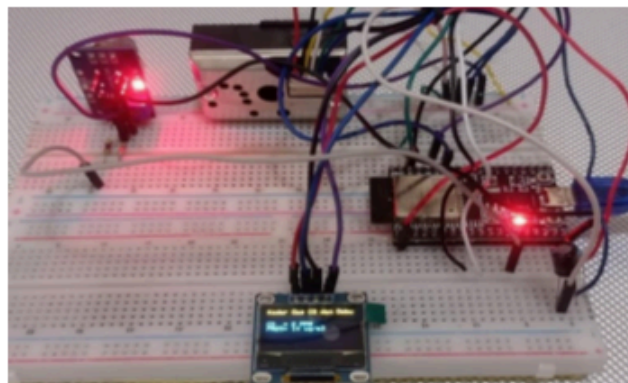


**Gambar 4. Diagram Alir**

Gambar 4 menunjukkan diagram alir yang merupakan gambaran secara umum cara kerja alat monitoring Karbon Monoksida (CO) dan partikel debu PM 2.5 di mana sensor GP2Y1010AU0F dan MQ 135 untuk memonitoring kualitas udara. Udara yang dideteksi oleh sensor debu akan diproses oleh ESP 32 sebagai mikrokontroler sehingga kadar Karbon Monoksida (CO) dan partikel PM 2.5 dapat ditampilkan pada LCD OLED.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

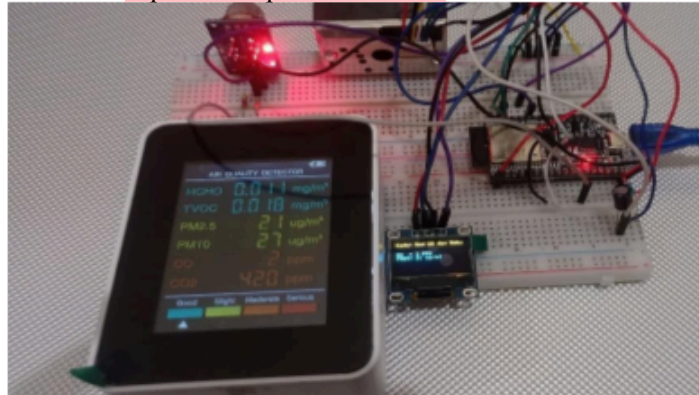
Sistem yang telah selesai dibuat ditunjukkan dalam Gambar 5. Selanjutnya dilakukan pengujian yang terdiri dari pengujian akurasi nilai pembacaan dan pengujian fungsionalitas sistem monitoring.



**Gambar 5. Perancangan Perangkat Keras**

### Pengujian akurasi

Pengujian akurasi dilakukan untuk mendapatkan nilai akurasi/eror antara hasil pembacaan alat yang dibuat dengan alat ukur lain. Alat ukur pembandingan yang digunakan adalah Air Quality Detector. Proses perbandingan pembacaan sensor dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Pembacaan Sensor

Gambar 6 menunjukkan proses pengujian akurasi pembacaan sensor Karbon Monoksida (CO) dan partikel PM 2.5 dengan alat Air Quality Detector. Pengujian ini dilakukan pada ruang tamu yang memiliki ventilasi udara pada saat sensor menunjukkan nilai Karbon Monoksida (CO) sebesar 3 PPM dan nilai partikel PM 2.5 sebesar 25 ug/m3 sedangkan alat Air Quality Detector menunjukkan nilai Karbon Monoksida (CO) sebesar 2 PPM dan nilai partikel PM 2.5 sebesar 21 ug/m3. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Akurasi

No	Nilai Sensor		Air Quality Deterctor		Selisih pengukuran	
	CO	PM 2.5	CO	PM 2.5	CO	PM 2.5
1.	2	21	1	25	1	4
2.	3	22	2	27	1	5
3.	2	22	2	21	0	1
4.	2	24	2	26	0	2
5.	2	25	1	24	1	1
Total selisih pengukuran					3	13
Rata - rata Selisih pengukuran					0.6 %	2.6 %

$$\text{Rata - Rata (error)} = \frac{\sum \text{Selisih Pengukuran}}{\sum \text{Percobaan}} * 100\%$$

$$\text{Rata - Rata (error) PM 2.5} = \frac{3}{5} * 100\% = 0.6 \%$$

$$\text{Rata - Rata (error) PM 2.5} = \frac{13}{5} * 100\% = 2.6 \%$$

Tabel 2 menjelaskan hasil pada pengujian akurasi pembacaan sensor ketika dibandingkan dengan alat Air Quality Detector didapat rata - rata eror pembacaan Karbon Monoksida (CO) sebesar 0.6% dan pembacaan sensor PM 2.5 sebesar 2.6%.



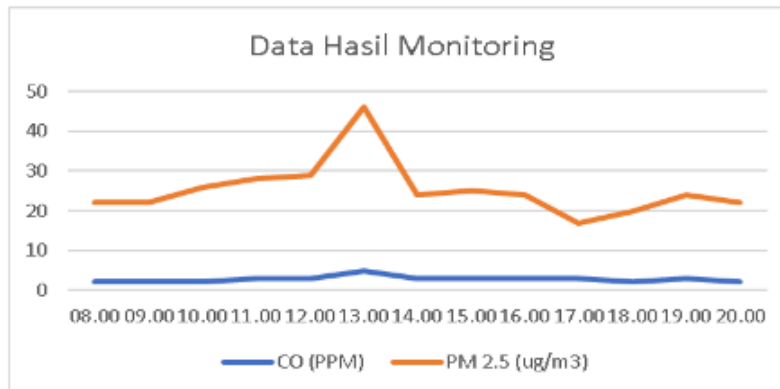
### Hasil Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan ini dilakukan dengan cara mengukur kualitas udara pada sebuah ruangan dengan ukuran 3x3 m<sup>2</sup> dengan ventilasi udara (memiliki jendela). Hasil pengujian keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Data Hasil Monitoring**

No	Waktu	Nilai Sensor	
		CO (PPM)	PM 2.5 (ug/m <sup>3</sup> )
1	08.00	2	20
2	09.00	2	20
3	10.00	2	24
4	11.00	3	25
5	12.00	3	26
6	13.00	5	41
7	14.00	3	21
8	15.00	3	22
9	16.00	3	21
10	17.00	3	14
11	18.00	2	18
12	19.00	3	21
13	20.00	2	20

Tabel 3 menunjukkan data hasil monitoring pengujian keseluruhan yang dilakukan selama 12 jam dan didapat hasil monitoring kadar Karbon Monoksida (CO) dengan rata-rata sebesar 2.7 PPM dan polutan PM 2.5 dengan rata-rata sebesar 22.5 ug/m<sup>3</sup>. Pembacaan monitoring sensor juga sesuai. Grafik hasil monitoring dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7. Grafik Data Hasil Monitoring**

Gambar 7 menunjukkan grafik data hasil monitoring. Pada grafik terdapat perubahan yang signifikan pada pembacaan partikel PM 2.5 itu disebabkan oleh partikel yang bergerak terbawa oleh angin maka dari itu pembacaan tersebut sering mengalami peningkatan dalam waktu tertentu

## PENUTUP

Pada hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap kinerja alat tersebut dapat mengambil kesimpulan bahwa Alat Monitoring Karbon Monoksida (CO) dan Partikulat PM 2.5 dalam Ruang Berbasis ESP32 Devkit C V4 dan LCD OLED telah berhasil dirancang. Alat telah dapat menampilkan pembacaan Karbon Monoksida (CO) dan partikel PM 2.5. Saat pengujian alat dibandingkan dengan alat Air Quality Detector memiliki hasil pembacaan Karbon Monoksida (CO) dengan rata – rata eror 0.6% dan partikel PM 2.5 dengan rata – rata eror 2.6%. Pada hasil monitoring pengujian keseluruhan selama 13 jam didapat hasil monitoring kadar Karbon Monoksida (CO) dengan rata – rata sebesar 2.7 PPM dan partikel PM 2.5 dengan rata – rata sebesar 22.5 ug/m3.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Yusuf, F. Fitri Anggari, Ocsirendi, and Z. Saputra, "Prototype Kontrol Dan Monitoring Sirkulasi Udara Pada Ruang Tertutup Berbasis Iot," *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 2023.
- [2] I. A. Qurrota, R. Umaroh Ekonomi Pembangunan, F. Ekonomi dan Bisnis, U. Ahmad Dahlan Ekonomi Pembangunan, and U. Veteran Yogyakarta, "Polusi Udara dalam Ruang dan Kondisi Kesehatan: Analisis Rumah Tangga Indonesia Indoor Air Pollution and Health Conditions: Analysis of Indonesian Households," *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, vol. 22, no. 1, 2022.
- [3] A. D. Ramadhani, N. Ningsih, A. Nurcahya, and N. Azizah, "Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruang menggunakan Thingspeak," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, vol. 10, no. 1, 2023, doi: 10.21107/triac.v10i1.17501.
- [4] L. M. Rachmawati, N. A. Hasmul, I. Chandra, and R. A. Salam, "Development of Smart Air Purifier for Reducing Indoor Particulate Matter," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1157/1/012030.
- [5] M. Fahreza and H. Candra, "Sistem Pemantau Kualitas Udara Dalam Ruang Menggunakan Raspberry Pi Dan Telegram," *TEKTRIKA - Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, dan Elektronika*, vol. 6, no. 1, 2022, doi: 10.25124/tektrika.v6i1.4115.
- [6] D. P. Dwi Prasetyo, I. L. Ibrahim Lamada, and W. N. A. Wilma Nurrul Adzillah, "Implementasi Monitoring Kualitas Udara menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-131 berbasis Internet Of Things," *Electrician*, vol. 15, no. 3, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n3.2184.
- [7] A. Anantama, A. Wantoro, I. Ahmad, A. S. Puspaningrum, L. P. Deviana, and M. B. Maharani, "Implementasi Metode Fuzzy Pada Sistem Sirkulasi Udara Berbasis Internet Of Things," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, vol. 3, no. 2, 2023, doi: 10.33365/jtikom.v3i2.2346.
- [8] H. Setiawan, A. Khodi Inzaghi, A. Faisalidnatha, and I. Agung Adhavian, "MONARBU: Sistem Monitoring Partikel Debu, Studi Kasus di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia," *AJIE*, 2022, doi: 10.20885/ajie.vol6.iss1.art3.
- [9] I. Salamah, R. Tapera, and I. Hadi, "Alat Penjernih Udara dengan Sensor Radar RCWL dan Monitoring PM2.5 Berbasis IoT," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, p. 349, 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i2.118060.
- [10] H. Suryantoro and M. Kusriyanto, "Sistem Monitoring Partikel (PM2.5) Air Purifier untuk Mengetahui Kualitas Udara Berbasis Sensor PMS5003 Dan Arduino," *Indonesian Journal of Laboratory*, no. 3, 2023, doi: 10.22146/ijl.v0i3.88043.
- [11] E. Cooper, Y. Wang, S. Stamp, E. Burman, and D. Mumovic, "Use of portable air purifiers in homes: Operating behaviour, effect on indoor PM2.5 and perceived indoor air quality," *Build Environ*, vol. 191, 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107621.
- [12] I. Sumadikarta and R. Kurniasih, "Sistem Monitoring Partikulat (PM10) Dan Karbon Monoksida (CO) Berbasis Arduino Uno," *PROSIDING*, vol. 3, 2023, doi: 10.59134/prosidng.v3i.362.
- [13] M. U. Zafira, K. Ghozali, and I. A. Sabilla, "Rancang Bangun Prototype Monitoring Kualitas Udara dalam Ruang," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 11, no. 2, 2022, doi: 10.12962/j23373539.v11i2.86341.
- [14] R. Purbakawaca et al., "Rancang Bangun Alat Ukur PM10 Rendah Biaya Menggunakan Sensor Debu Gp2y1010au0f," *JOURNAL ONLINE OF PHYSICS*, vol. 3, no. 1, 2018, doi: 10.22437/jop.v3i1.4390.
- [15] A. A. Rosa, B. A. Simon, and K. S. Lieanto, "Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135," *Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 1, 2020, doi: 10.31937/sk.v12i1.1611.