

# Design of Carbon Monoxide Gas Filtration System on Boiler Smoke Emissions with Real-Time Gas Level Testing

## Desain Sistem Filtrasi Gas Karbon Monoksida Pada Emisi Asap Boiler Dengan Pengujian Kadar Gas Secara Real-Time

Achmad Zauhar Putra Prayoga<sup>1)</sup>, Dwi Hadidjaja Rasyid Saputra\*<sup>2)</sup>, Syamsudduha Syahririni<sup>3)</sup>, Agus Hayatal Falah<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [dwiHadidjaja1@umsida.ac.id](mailto:dwiHadidjaja1@umsida.ac.id)

**Abstract.** Boiler smoke emissions contain carbon monoxide (CO) gas which can pollute the environment and endanger human health. This study aims to design an Internet of Things (IoT)-based CO gas filtration system to monitor gas levels in real time. The system uses an ESP32 microcontroller, two MQ-7 sensors to detect CO levels before and after filtration, a relay and exhaust fan for air circulation control, as well as an I2C LCD and Blynk application for monitoring media. The system works by detecting CO gas levels in boiler smoke. When the gas level increases, the exhaust fan automatically turns on to assist the filtration process. CO gas levels and filtration efficiency data are displayed in real time through the LCD and Blynk application. The test results show that the system is capable of monitoring and controlling CO gas emissions properly and reducing gas levels after the filtration process.

**Keywords -** ESP32, MQ-7, carbon monoxide, boiler, IoT, Blynk.

**Abstrak.** Emisi asap boiler mengandung gas karbon monoksida (CO) yang dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem filtrasi gas CO berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau kadar gas secara real-time. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32, dua sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar CO sebelum dan sesudah filtrasi, relay dan exhaust fan sebagai pengontrol sirkulasi udara, serta LCD I2C dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring. Sistem bekerja dengan mendeteksi kadar gas CO pada asap boiler. Ketika kadar gas meningkat, exhaust fan akan aktif secara otomatis untuk membantu proses filtrasi. Data kadar CO dan efisiensi filtrasi ditampilkan secara real-time melalui LCD dan aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu melakukan monitoring dan pengendalian emisi gas CO dengan baik serta dapat menurunkan kadar gas setelah proses filtrasi.

**Kata Kunci -** ESP32, MQ-7, karbon monoksida, boiler, IoT, Blynk.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri yang menggunakan boiler sebagai sumber energi panas terus meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan produksi. Boiler banyak dimanfaatkan pada industri manufaktur, pengolahan makanan, tekstil, dan berbagai sektor lainnya karena mampu menghasilkan energi panas secara efisien. Namun, proses pembakaran pada boiler menghasilkan emisi gas buang yang mengandung zat pencemar, salah satunya adalah karbon monoksida (CO)[1]. Gas karbon monoksida merupakan gas beracun yang tidak berwarna dan tidak berbau sehingga keberadaannya sulit dideteksi secara langsung oleh manusia. Apabila terhirup dalam jumlah tertentu, gas CO dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti sesak napas, pusing, hingga keracunan.

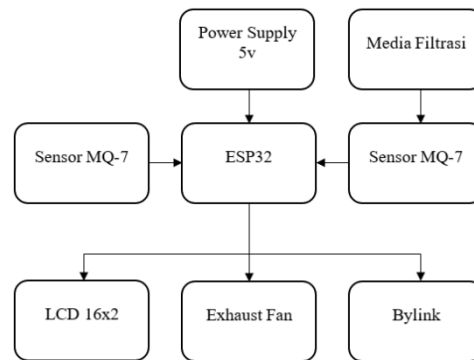
Selain berdampak pada kesehatan, emisi gas buang dari boiler juga dapat menurunkan kualitas udara di lingkungan sekitar. Pada beberapa industri kecil maupun menengah, sistem pemantauan emisi masih dilakukan secara manual sehingga pengawasan terhadap kadar gas buang belum berjalan secara optimal[2]. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan kadar polusi sering kali tidak terdeteksi secara cepat. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan kadar gas secara otomatis dan real-time sehingga kondisi emisi dapat diketahui setiap saat[3].

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk merancang sistem monitoring emisi yang lebih efektif dan mudah diterapkan[4]. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan adalah ESP32 karena telah dilengkapi fitur WiFi sehingga memungkinkan pengiriman data secara real-time melalui jaringan internet. Pada penelitian ini digunakan sensor MQ-7 sebagai pendeteksi gas karbon monoksida. Sensor tersebut dipasang pada dua titik, yaitu sebelum dan sesudah proses filtrasi, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui perubahan kadar gas CO setelah melewati media filter[5].

## II. METODE

Perancangan sistem dilakukan dengan mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak menjadi satu kesatuan sistem monitoring dan filtrasi gas CO. Perangkat keras utama yang digunakan yaitu mikrokontroler ESP32, dua sensor MQ-7, relay, exhaust fan, LCD I2C, dan media filtrasi gas[6]. Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi kadar gas karbon monoksida sebelum dan sesudah proses filtrasi.

ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem sekaligus pengirim data ke aplikasi Blynk melalui jaringan WiFi[7]. Relay digunakan sebagai saklar otomatis untuk mengontrol exhaust fan berdasarkan hasil pembacaan sensor gas. LCD I2C digunakan untuk menampilkan nilai kadar gas dan efisiensi filtrasi secara lokal.



**Gambar 1.** Diagram Blok Sistem Alat Keseluruhan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja alat dalam mendeteksi dan mengurangi kadar gas karbon monoksida. Pengujian dilakukan dengan memberikan paparan asap pada sistem filtrasi, kemudian membandingkan nilai kadar gas sebelum dan sesudah melewati media filter. Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi:

1. Nilai kadar gas CO sebelum filtrasi.
2. Nilai kadar gas CO sesudah filtrasi.
3. Tampilan data pada LCD dan aplikasi Blynk.
4. Efisiensi sistem filtrasi gas.

Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan monitoring dan pengendalian emisi gas karbon monoksida secara real-time. Prosedur dilakukan dengan mencatat waktu awal asap dimasukkan, lalu dilakukan pembacaan dan pencatatan kadar CO pada saat sebelum dan sesudah proses filtrasi[8]. Alur tahapan penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Flowchart Prosedur Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam mendeteksi dan menurunkan kadar gas karbon monoksida (CO) pada emisi asap boiler. Data hasil pembacaan kedua sensor kemudian diproses oleh ESP32 untuk menghitung efisiensi filtrasi menggunakan persamaan :

$$Efisiensi(\%) = \frac{(CO_{in}) - (CO_{out})}{(CO_{in})} \times 100\%$$

Nilai efisiensi diperoleh dengan membandingkan selisih kadar gas sebelum proses filtrasi ( $CO_{in}$ ) dan sesudah proses filtrasi ( $CO_{out}$ ) terhadap kadar gas awal sebelum filtrasi, kemudian dikalikan 100% sehingga menghasilkan nilai dalam bentuk persentase[9]. Semakin besar nilai efisiensi yang diperoleh, maka semakin baik kemampuan media filtrasi dalam menurunkan kadar gas karbon monoksida.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Pengujian sensor dilakukan dengan memberikan paparan asap pada sistem filtrasi. Sensor MQ-7 pertama ditempatkan sebelum media filtrasi untuk membaca kadar gas CO awal, sedangkan sensor MQ-7 kedua ditempatkan setelah media filtrasi untuk membaca kadar gas setelah proses penyaringan[10].

Berdasarkan hasil pengujian, sensor MQ-7 mampu mendeteksi perubahan kadar gas karbon monoksida dengan baik. Ketika sumber asap diberikan, nilai pembacaan sensor pertama mengalami peningkatan secara signifikan. Setelah asap melewati media filtrasi, nilai pembacaan sensor kedua menunjukkan penurunan dibandingkan sensor pertama. Hal tersebut menunjukkan bahwa media filtrasi mampu mengurangi kadar gas CO pada asap boiler.



```

co_filter_done_banget | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
File Edit Sketch Tools Help
co_filter_done_banget $
co_filter_done_banget $
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL640LWR1YV"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "CO FILTER SYSTEM"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "u5EQTI3zd6kmRHWkxHce0_5DXgzA_8"
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <math.h>

// ===== WIFI =====
char ssid[] = "147";
char pass[] = "1sampil7";

// ===== PIN =====
#define MQ7_1 34
#define MQ7_2 35
#define RELAY 26

// ===== LCD =====
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
BlynkTimer timer;

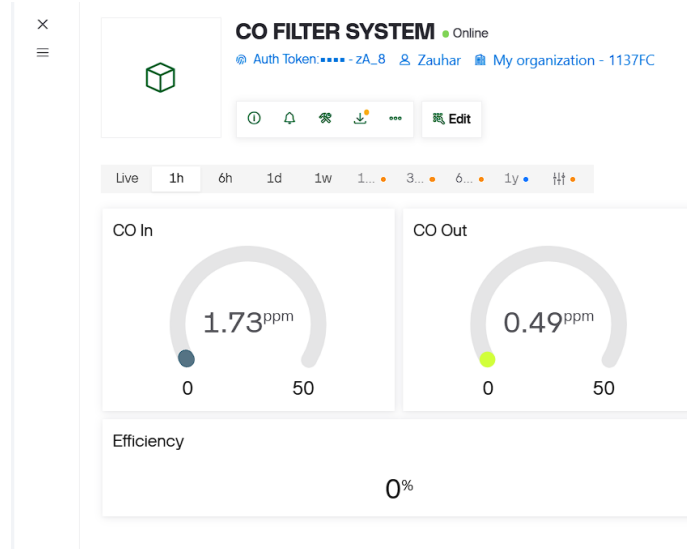
// ===== VARIABEL =====
float co_in = 0;
float co_out = 0;
float efficiency = 0;

float Ro = 10.0; // akan dikalibrasi

```

Gambar 3. Kode Program Arduino

Setelah seluruh komponen dirangkai dan diprogram, sistem berhasil bekerja sesuai dengan perancangan. Sensor MQ-7 pertama mampu mendeteksi peningkatan kadar gas karbon monoksida pada asap sebelum melewati media filtrasi. Data hasil pembacaan kemudian diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada LCD serta aplikasi Blynk secara real-time.

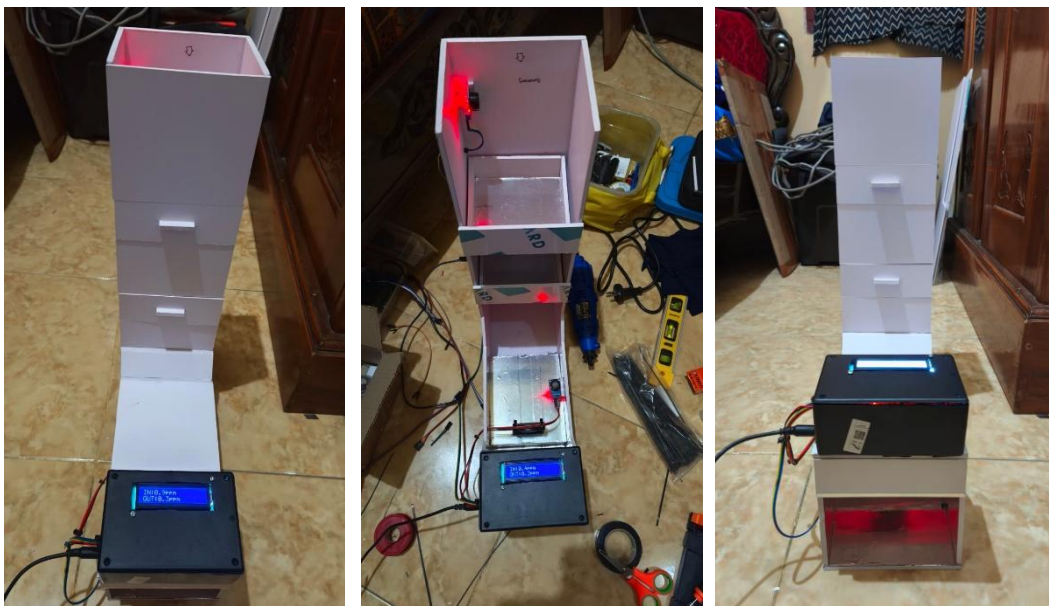


**Gambar 4.** Tampilan Pada Blynk

Ketika kadar gas terdeteksi, relay secara otomatis mengaktifkan exhaust fan untuk membantu proses sirkulasi udara dan filtrasi asap. Setelah asap melewati media filtrasi, sensor MQ-7 kedua membaca kadar gas hasil penyaringan dan menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan sensor pertama. Hal tersebut menunjukkan bahwa media filtrasi yang digunakan mampu mengurangi kadar gas karbon monoksida pada asap boiler[11].

### B. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Hasil perakitan perangkat keras menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem telah berhasil diintegrasikan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Sistem terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, dua sensor MQ-7 sebagai pendeteksi kadar gas karbon monoksida, relay sebagai pengontrol exhaust fan, LCD I2C sebagai media tampilan, serta modul WiFi pada ESP32 untuk komunikasi data dengan aplikasi Blynk.



**Gambar 5.** Foto Alat

### C. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mendeteksi, memantau, dan mengurangi kadar gas karbon monoksida (CO) pada emisi asap boiler secara real-time. Pengujian dilakukan setelah seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak berhasil dirangkai dan diintegrasikan. Pengujian dilakukan dengan bahan bakar kayu limbah dan sekam sebagai sumber emisi[12].

**Tabel 1.** Efektivitas Filtrasi

No.	Waktu (T1)	Nilai Sensor MQ-7 (S1)	Nilai Sensor MQ-7 (S2)	Selisih (S1-S2)	Persentase efisiensi
1.	15.30	1.7	0.4	1.3	76,4%
2.	15.35	1.7	0.4	1.3	76,4%
3.	15.40	1.7	0.4	1.3	76,4%
4.	15.45	1.7	0.5	1.2	70,5%
5.	15.50	1.8	0.5	1.3	72,2%
6.	15.55	1.8	0.5	1.3	72,2%
7.	16.00	1.7	0.4	1.3	76,4%
8.	16.05	1.6	0.4	1.2	75%
9.	16.10	1.7	0.5	1.2	70,5%
10.	16.15	1.7	0.4	1.3	76,4%

Pengujian efisiensi dilakukan dengan membandingkan kadar gas karbon monoksida sebelum dan sesudah melewati media filtrasi. Nilai efisiensi dihitung menggunakan persamaan:

$$Efisiensi(\%) = \frac{(CO_{in}) - (CO_{out})}{(CO_{in})} \times 100\%$$

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar gas setelah melewati media filtrasi mengalami penurunan dibandingkan sebelum filtrasi. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa media filtrasi mampu menyerap sebagian kandungan gas karbon monoksida pada asap boiler[13].

### D. Evaluasi Kinerja

Pada proses pengujian, sensor MQ-7 menunjukkan respon yang cukup baik terhadap perubahan konsentrasi asap[14]. Ketika sumber asap diberikan, nilai pembacaan sensor mengalami peningkatan dan sistem secara otomatis mengaktifkan exhaust fan melalui relay. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kontrol otomatis telah berjalan sesuai dengan program yang dirancang. Penggunaan exhaust fan membantu mempercepat sirkulasi udara dan mendukung proses filtrasi gas di dalam sistem[15].

Dari hasil pembacaan kedua sensor diketahui bahwa kadar gas karbon monoksida setelah melewati media filtrasi mengalami penurunan dibandingkan sebelum proses filtrasi[16]. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa media filter yang digunakan mampu mengurangi kandungan gas CO pada asap boiler. Selain itu, sistem juga dapat menghitung nilai efisiensi filtrasi berdasarkan selisih kadar gas sebelum dan sesudah penyaringan.

Meskipun sistem telah bekerja dengan baik, masih terdapat beberapa kendala selama proses pengujian. Sensor MQ-7 memerlukan waktu pemanasan agar hasil pembacaan menjadi stabil. Selain itu, pembacaan sensor juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, kepadatan asap, serta kestabilan tegangan catu daya. Pada sisi komunikasi data, koneksi internet yang kurang stabil dapat mempengaruhi proses pengiriman data ke aplikasi Blynk[17].

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi monitoring dan filtrasi gas karbon monoksida secara real-time dengan baik. Sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut, seperti penambahan media filtrasi yang lebih efektif, penggunaan sensor dengan tingkat akurasi lebih tinggi, serta penambahan fitur penyimpanan data otomatis untuk analisis jangka panjang[18].

#### **IV. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil perancangan, perakitan, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem filtrasi gas karbon monoksida (CO) pada emisi asap boiler berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dirancang dan dioperasikan dengan baik. Sistem mampu melakukan monitoring kadar gas karbon monoksida secara real-time menggunakan dua sensor MQ-7 yang dipasang sebelum dan sesudah media filtrasi.

Mikrokontroler ESP32 berhasil mengolah data sensor, mengontrol exhaust fan melalui relay secara otomatis, serta menampilkan hasil monitoring pada LCD I2C dan aplikasi Blynk. Sistem juga mampu menghitung efisiensi filtrasi berdasarkan perbandingan kadar gas sebelum dan sesudah proses penyaringan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa media filtrasi yang digunakan mampu menurunkan kadar gas karbon monoksida pada emisi asap boiler. Dengan adanya sistem monitoring berbasis IoT, proses pemantauan emisi menjadi lebih mudah, praktis, dan dapat dilakukan secara jarak jauh melalui jaringan internet.

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang dapat dijadikan sebagai solusi awal dalam membantu proses monitoring dan pengendalian emisi gas karbon monoksida pada asap boiler secara otomatis dan real-time.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta bimbingan selama proses perancangan dan penyusunan penelitian ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penelitian berlangsung. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral maupun motivasi sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## REFERENSI

- [1] J. Jamaaluddin, D. Hadidjaja, and H. Arif, "Smoke detection system using MQ2 sensor and Arduino microcontroller: Effective and efficient solution for promoting healthy environments," *AIP Conf. Proc.*, vol. 3167, no. 1, 2024, doi: 10.1063/5.0219708.
- [2] S. Syahririni, A. Rahmansyah, and S. H. Pramono, "Distribution Model of Particulate Dust From Chimney of Sidoarjo Sugar Factory," vol. 9, no. 2, pp. 111–119, 2018, doi: 10.21776/ub.jp.al.2018.009.02.08.
- [3] M. E. Moberg *et al.*, "Global, regional, and national mortality due to unintentional carbon monoxide poisoning, 2000–2021: results from the Global Burden of Disease Study 2021," *Lancet Public Health*, vol. 8, no. 11, pp. e839–e849, 2023, doi: 10.1016/S2468-2667(23)00185-8.
- [4] J. Li, J. Wang, and M. D. Analysis--taking, "Design Measuring Instrument Dust Based Internet of Things," 2018, doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012218.
- [5] G. Savioli *et al.*, "Carbon Monoxide Poisoning: From Occupational Health to Emergency Medicine," *J. Clin. Med.*, vol. 13, no. 9, p. 2466, Apr. 2024, doi: 10.3390/jcm13092466.
- [6] S. Chakraborty and S. Aithal, "Communication Channels Review For ESP Module Using Arduino IDE And NodeMCU," no. January, 2024, doi: 10.5281/zenodo.10562843.
- [7] J. J. Correa-quiros, M. A. Toribio-barrueto, and C. Castro-vargas, "IoT System with ESP32 for Smart Drip Irrigation and Climate Monitoring in IoT System with ESP32 for Smart Drip Irrigation and Climate Monitoring in Greenhouses," no. June, 2025, doi: 10.28991/ESJ-2025-09-03-01.
- [8] J. Ahmed, S. Islam, A. Islam, and A. Al, "Analysis of mechanical properties of fly ash and boiler slag integrated geopolymer composites," vol. 5, no. February, pp. 1–16, 2025, doi: 10.54113/j.sust.2025.000073.
- [9] M. Rochim, R. Oktaviansyah, and I. Naskah, "Artikel Per hitungan Efisiensi Boiler TWA dengan Metode Secara Tidak Langsung," 2024.
- [10] H. Huang *et al.*, "Biomass briquette fuel, boiler types and pollutant emissions of industrial biomass boiler: A review," *Particuology*, vol. 77, pp. 79–90, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.partic.2022.08.016.
- [11] S. Sadi, S. Mulyati, and P. B. Setiawan, "Internet of Things Pada Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Web Server Internet of Things in Air Quality Monitoring System Using Web Server," vol. 1, no. 4, pp. 1085–1094, 2022.
- [12] A. E. Putra, T. Rismawan, J. Rekeyasa, and S. Komputer, "Klasifikasi Kualitas Udara Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara ( ISPU ) Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," vol. 11, no. 02, 2023.
- [13] B. Bakar, S. Batu, B. Di, and P. Semen, "Analisis Nilai Kalor Dan Kelayakan Ekonomis Kayu Sebagai Bahan Bakar (T.D. Cahyono)," pp. 105–116.
- [14] K. Chan, "Jurnal Sains Informatika Terapan ( JSIT )," pp. 568–573, 2025.
- [15] The Lancet Public Health, "Carbon monoxide poisoning: largely preventable," *Lancet Public Health*, vol. 8, no. 11, p. e827, 2023, doi: 10.1016/S2468-2667(23)00249-9.
- [16] A. A. Rosa, B. A. Simon, and K. S. Lieanto, "Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135," vol. XII, no. 1, 2020.
- [17] T. Chain and G. Stoker, "Tolis Ilmiah : Jurnal Penelitian," vol. 7, no. 2, pp. 184–191.
- [18] A. Arifin, "Implementation of particulate measuring and SO 2 gas based on Android Implementation of particulate measuring and SO 2 gas based on Android," pp. 3–8, doi: 10.1088/1757-899X/1098/4/042062.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*