



# JASEE

## Journal of Application and Science on Electrical Engineering

<https://jurnal.widyagama.ac.id/index.php/jasee/index>



### Sistem Informasi Peringatan Dini Polusi Udara Berbasis Telegram dengan Mikrokontrol ESP32-Cam

Matan Pakage<sup>1</sup>, Agus Rianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Surakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Universitas Surakarta, Indonesia

*Corresponding author, email: riantosolo73@gmail.com*

#### Abstract

This study aims to develop an early detection system for air pollution using the Internet of Things (IoT) approach. This system is based on an ESP32-CAM microcontroller equipped with an MQ135 air quality sensor and a camera module. When the air pollution level exceeds a predetermined threshold, the system automatically takes a photo and sends it via Telegram as a notification. In addition, air quality data, including pollution levels, are displayed in real-time on the ThingSpeak platform, which is then stored in the Thingier.io database for further analysis and monitoring. This system aims to provide an automated solution for real-time air pollution monitoring and alerting, which can contribute to environmental awareness and public health protection. The integration of IoT technology and cloud platforms enables efficient data collection, analysis, and notification to stakeholders.

**Keywords:** ESP32cam, Telegram, MQ135, Air Pollution, Early Detection, Notification..



p-ISSN : 2721-3625  
e-ISSN : 2721-320X

#### 1. PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan masalah lingkungan yang signifikan di banyak negara, terutama di kawasan urban yang padat penduduk. Polusi udara tidak hanya berdampak buruk pada kesehatan manusia, tetapi juga berpengaruh pada kualitas lingkungan secara keseluruhan. Menurut World Health Organization (WHO), sekitar 7 juta orang meninggal setiap tahun akibat polusi udara yang dapat menyebabkan berbagai penyakit pernapasan, jantung, dan bahkan kanker (World Health Organization, 2021)[2]. Oleh karena itu, deteksi dini terhadap polusi udara sangat penting untuk mencegah dampak negatif tersebut, baik bagi individu maupun masyarakat secara luas. Dengan perkembangan teknologi Internet of Things (IoT), pemantauan polusi udara kini dapat dilakukan secara lebih efisien dan otomatis. IoT memungkinkan perangkat fisik untuk saling berkomunikasi dan berbagi data melalui jaringan internet, sehingga memungkinkan pemantauan yang lebih real-time dan terintegrasi (Kumar et al., 2017)[1]. Dalam hal ini, penggunaan perangkat IoT yang terhubung ke platform cloud seperti Thingier.io dapat memungkinkan pengumpulan, analisis, dan penyimpanan data polusi udara secara terus-menerus dan dapat diakses kapan saja.

<https://doi.org/10.31328/jasee.v6i1.764>

Received: 26-07-2025

Revised: 14-07-2025

Accepted: , 18-07-2025 published by ©UWG Press tahun

Pemilihan Thinger.io sebagai platform cloud dalam sistem ini memiliki beberapa keunggulan yang mendukung pengembangan dan operasional sistem peringatan dini polusi udara: Kemudahan Integrasi. Thinger.io menyediakan API yang mudah diintegrasikan dengan perangkat mikrokontroler seperti ESP32-Cam, sehingga mempermudah proses pengiriman dan pengelolaan data sensor secara real-time tanpa perlu membuat backend dari nol. Dashboard Interaktif Platform ini menyediakan dashboard visual yang mendukung berbagai jenis widget untuk monitoring data. Hal ini memungkinkan pengembang dan pengguna melihat tren polusi udara secara langsung dalam bentuk grafik atau indikator lainnya [20]. Konektivitas MQTT & HTTP Thinger.io mendukung protokol IoT seperti MQTT dan HTTP, memudahkan komunikasi dua arah antara perangkat dan cloud, serta mendukung skalabilitas sistem di masa depan [19].

Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk deteksi dini polusi udara adalah dengan memanfaatkan mikrokontroler berbasis ESP32-CAM yang dilengkapi dengan sensor kualitas udara dan modul kamera. Mikrokontroler ini dapat digunakan untuk memantau kualitas udara secara otomatis dan mengambil gambar sebagai bukti visual jika polusi udara melebihi ambang batas tertentu. Gambar yang diambil kemudian dikirimkan melalui aplikasi Telegram, yang memungkinkan pemberitahuan langsung kepada pengguna atau pihak terkait. Selain itu, data kualitas udara yang diperoleh dapat disimpan dan ditampilkan secara real-time di platform Thinger.io, yang memungkinkan analisis data dan pemantauan kondisi polusi udara secara berkelanjutan.

Sistem ini tidak hanya memberikan solusi dalam pemantauan polusi udara secara otomatis, tetapi juga memberikan kemudahan dalam hal pemberitahuan melalui Telegram yang dapat diakses kapan saja oleh pihak terkait, seperti instansi pemerintah atau organisasi lingkungan hidup. Melalui penerapan sistem IoT ini, diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dan memberikan tindakan yang cepat untuk mengurangi dampak dari polusi udara.

## 2. STUDI PUSTAKA

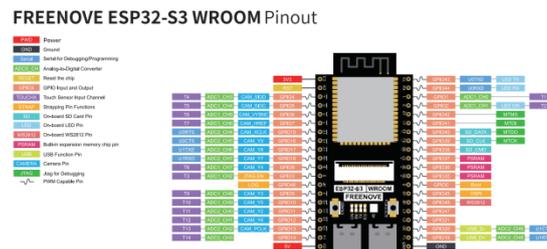
### 2.1 Dasar Teori

#### 2.1.1. ESP32-CAM

Mikrokontroler ESP32-CAM merupakan perangkat serbaguna yang mengintegrasikan modul kamera dengan kemampuan Wi-Fi, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi, terutama dalam pengawasan dan pemantauan jarak jauh. Modul ini dilengkapi kamera OV2640 2M-pixel, memungkinkan streaming video real-time dan pengambilan gambar, yang dapat disimpan pada kartu micro-SD atau ditransmisikan melalui internet. Bagian berikut menguraikan fitur dan aplikasi utamanya. Fitur Utama Komponen Terintegrasi: Menggabungkan chip ESP32-S dengan kamera dan pembaca kartu micro-SD [11]. Koneksi Wi-Fi: Memfasilitasi akses dan kontrol jarak jauh, memungkinkan pengguna untuk melakukan streaming video atau mengambil gambar dari mana saja [12].

Mikrokontroler ESP32-CAM adalah perangkat serbaguna yang mengintegrasikan modul kamera dengan kemampuan Wi-Fi, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi, terutama dalam pengawasan dan pemantauan jarak jauh. Modul ini dilengkapi kamera OV2640 2M-pixel, memungkinkan streaming video real-time dan pengambilan gambar, yang dapat disimpan pada kartu micro-SD atau ditransmisikan melalui internet. Bagian berikut menguraikan fitur dan aplikasi utamanya. Komponen Terintegrasi: Menggabungkan chip ESP32-S dengan kamera dan pembaca kartu micro-SD [11]. Koneksi Wi-Fi: Memfasilitasi akses dan kontrol jarak jauh, memungkinkan

pengguna untuk melakukan streaming video atau mengambil gambar dari mana saja (Gagan et al., 2024)[12]. Gamabr mikrokontrol ESP32-CAM dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Mikrokontrol ESP32-CAM

### 2.1.2. Sensor Asap MQ-135

Sensor MQ-135 adalah modul sensor gas yang dirancang untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya dan polutan di udara, seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ), oksida nitrogen ( $\text{NO}_x$ ), alkohol, benzena, asap, dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Sensor ini banyak digunakan dalam aplikasi monitoring kualitas udara, baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan, karena sensitivitasnya terhadap berbagai gas yang umum dalam polusi udara. Sensor ini menggunakan prinsip konduktivitas gas. Di dalamnya terdapat lapisan bahan sensitif ( $\text{SnO}_2$  – timah dioksida) yang resistansinya berubah ketika bersentuhan dengan gas tertentu. Saat konsentrasi gas polutan meningkat, resistansi sensor akan berubah, dan perubahan ini dikonversi menjadi tegangan output analog. Tegangan ini kemudian dibaca oleh mikrokontroler ESP32-CAM. Output analog dari MQ-135 dapat dibaca oleh ADC (Analog to Digital Converter) pada mikrokontroler. Nilai output biasanya dibandingkan dengan ambang batas tertentu, misalnya  $\geq 200$  ppm untuk memicu peringatan dalam sistem deteksi dini polusi udara. Berikut gambar modul sensor MQ-135



Gambar 2. Modul Sensor MQ-135

### 2.1.3. Telegram

Integrasi Telegram dengan mikrokontroler ESP32-CAM telah muncul sebagai solusi praktis untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh di berbagai aplikasi, terutama dalam sistem keamanan. Pendekatan ini memungkinkan pengguna untuk mengelola perangkat dan menerima pemberitahuan real-time melalui antarmuka yang ramah pengguna. Bagian berikut menguraikan aspek-aspek kunci penggunaan Telegram dengan ESP32-CAM.

### 2.1.3.1 Kemampuan Remote Control

- a. Eksekusi Perintah: Pengguna dapat mengirim perintah melalui Telegram untuk mengontrol ESP32-CAM, seperti mengambil gambar atau mengaktifkan lampu kilat LED, mencapai tingkat keberhasilan 84,67% dalam eksekusi perintah.
- b. Pemberitahuan Waktu Nyata: Sistem dapat mengirim peringatan untuk gerakan yang terdeteksi atau keadaan darurat, seperti kebakaran, langsung ke aplikasi Telegram pengguna, memastikan respons tepat waktu (Cahyono et al., 2022)[15].

### 2.1.3.2 Aplikasi dalam Sistem Keamanan

Keamanan Rumah: ESP32-CAM dapat diintegrasikan dengan PIR dan sensor kebakaran untuk memantau lingkungan rumah, mengirim gambar dan peringatan kepada pengguna ketika anomali terdeteksi (Cahyono et al., 2022)[15] (Atikah et al., 2022)[16].

### 2.1.3.3 Manfaat Ekonomi dan Praktis

- a. Memanfaatkan Telegram menghilangkan kebutuhan akan server web yang mahal, membuat sistem lebih mudah diakses oleh pengguna.
- b. Kemudahan Penggunaan: Antarmuka Telegram akrab bagi banyak pengguna, mengurangi kurva belajar yang terkait dengan teknologi baru (Maulana et al., 2022)[18].

Sementara integrasi Telegram dengan ESP32-CAM menawarkan keuntungan yang signifikan dalam hal fungsionalitas dan biaya, penting untuk mempertimbangkan potensi kerentanan keamanan yang terkait dengan perangkat IoT. Memastikan langkah-langkah keamanan yang kuat sangat penting untuk melindungi data pengguna dan menjaga integritas sistem.

## 2.1.4 Thingier.io

### a. Platform IoT-as-a-Service

Thingier.io menyediakan *infrastructure-as-a-service* untuk perangkat IoT, di mana pengguna tidak perlu membangun server backend sendiri. Semua konektivitas, manajemen data, dan visualisasi bisa dilakukan langsung dari dashboard web.

### c. Real-Time Device Management

Thingier.io memungkinkan komunikasi dua arah antara perangkat dan server secara real-time melalui protokol MQTT dan HTTP REST API. Hal ini berguna untuk pemantauan dan kontrol langsung perangkat.

### d. Protokol dan Teknologi yang Digunakan

MQTT: Protokol ringan untuk komunikasi perangkat. REST API: Akses data dan kontrol perangkat dari aplikasi pihak ketiga. WebSocket: Untuk koneksi real-time di dashboard. C++ dan Arduino IDE: Digunakan untuk pemrograman perangkat berbasis ESP32, ESP8266.

## 3. METODE

### Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dengan metode literature dan eksperimentasi bertujuan untuk merancang system informasi deteksi dini polusi udara menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM yang terhubung dengan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kualitas udara secara otomatis. Sistem ini juga akan mengirimkan notifikasi foto melalui Telegram dan menyimpan data kualitas udara pada platform Thingier.io. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

#### A.1. Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan studi literatur untuk memahami teori dasar mengenai: Polusi udara dan dampaknya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Sensor MQ-135, yang merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara, terutama konsentrasi gas seperti karbon

dioksida (CO<sub>2</sub>), amonia (NH<sub>3</sub>), alkohol, dan zat lainnya. Mikrokontroler ESP32-CAM, yang memiliki kemampuan konektivitas Wi-Fi dan kamera, memungkinkan pengambilan gambar dan pengiriman data secara real-time. Platform Thinger.io yang digunakan untuk menyimpan dan memvisualisasikan data yang diperoleh dari sensor.

Telegram API, untuk mengirimkan notifikasi foto dan data secara otomatis kepada pengguna.

### A.2. Perancangan Hardware dan Software

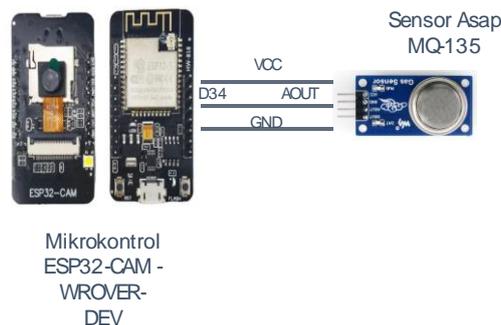
#### Bahan Dan Alat

Dalam perancangan alat untuk system informasi deteksi dini polusi udara berbasis IoT dengan notifikasi camera di telegram bahan yang digunakan yaitu:

1. ESP32-CAM: Mikrokontroler dengan kemampuan Wi-Fi dan kamera.
2. Sensor MQ-135: Sensor kualitas udara untuk mendeteksi polusi udara.
3. Kabel Jumper dan Breadboard: Untuk menyambungkan komponen.
4. Catu Daya 5V: Untuk memberikan daya pada ESP32-CAM dan sensor MQ-135
5. Kamera ESP32-CAM: Kamera untuk mengambil foto.
6. Wi-Fi Router: Untuk menghubungkan ESP32-CAM ke internet.
7. Platform Telegram: Untuk mengirim foto ke pengguna
8. Platform Thinger.io: untuk visualisasi data sensor

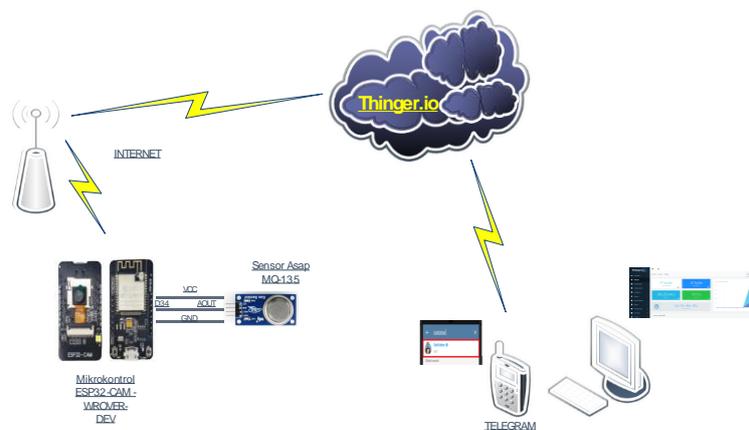
#### Perancangan Hardware

Dalam penelitian ini mikrokontrol yang di gunakan yaitu ESP32-Cam merupakan mikrokontrol ESP32 CAM yang sudah di lengkapi dengan kamera. Untuk sensor yang digunakan disini menggunakan sensor asap MQ135 yang berfungsi untuk mendeteksi adanya asap CO<sub>2</sub>. Pada gambar 3. Menunjukkan gambar rangkaian mikrokontrol ESP32CAM dengan Sensor modul MQ135.



Gambar 3. Gambar rangkaian mikrokontrol ESP32Cam dengan sensor MQ135

Rancangan alat Sistem dapat di gambarkan pada gambar berikut:



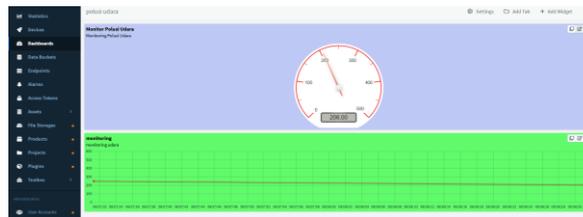
Gambar 4. Blok diagram system informasi deteksi dini polusi udara berbasis IoT



Pada platform thinger.io dalam penelitian ini di gunakan untuk menampilkan visualisasi hasil data sensor yang di dihasilkan oleh sensor MQ135 untuk data polusi udara yang mana data nya disimpan di platform thinger.io. pada gambar berikut menunjukan bahwa koneksi diplatform thinger.io dengan perangkat.



Gambar 5. Platform Thingier.io terhubung dengan Perangkat IoT



Gambar 6. Gambar visualisasi data sensor

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah prototipe sistem peringatan dini polusi udara berbasis IoT yang terdiri dari sensor MQ-135, mikrokontroler ESP32-CAM, platform Thingier.io, dan aplikasi Telegram. Sistem ini mampu mendeteksi kualitas udara secara otomatis dan mengirimkan notifikasi berupa gambar jika ambang batas polusi tercapai.

Secara fungsional, sistem bekerja dalam tiga tahap utama:

1. Sensor: Sensor MQ-135 mendeteksi konsentrasi gas berbahaya seperti NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>.
2. Pengolahan dan Pengambilan Gambar: Jika konsentrasi gas melampaui ambang batas, ESP32-CAM mengambil gambar kondisi sekitar sebagai bukti visual.
3. Pengiriman dan Visualisasi:
  - a. Gambar dikirimkan secara real-time ke pengguna melalui bot Telegram.
  - b. Data sensor secara simultan dikirim dan ditampilkan melalui dashboard Thingier.io.

##### 4.1. Uji Coba Sistem

Pengujian dilakukan dalam beberapa skenario lingkungan dengan hasil sebagai berikut:

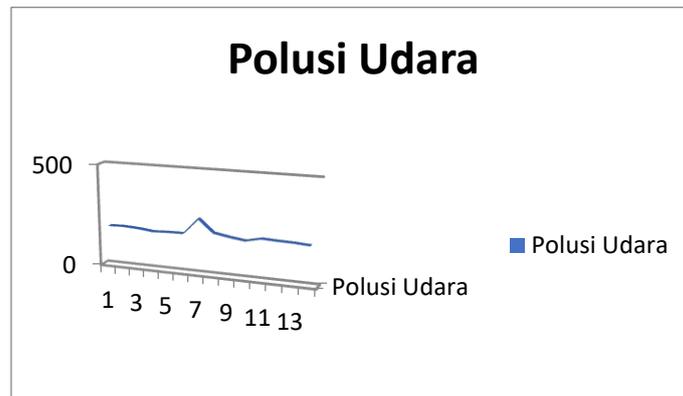
Tabel 1. Status Notifikasi Gambar di Telegram

No	Lokasi	Nilai MQ135 (ppm)	Status Kualitas Udara	Notifikasi Terkirim	Gambar Terkirim
1	Ruangan bersih	100–200	Baik	Tidak	Tidak
2	Dekat asap motor	300–500	Buruk	Ya	Ya

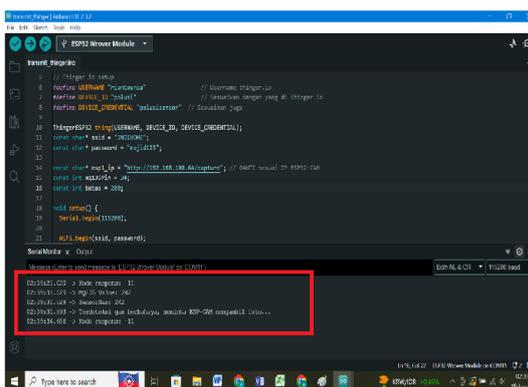
No	Lokasi	Nilai MQ135 (ppm)	Status Kualitas Udara	Notifikasi Terkirim	Gambar Terkirim
3	Dekat pembakaran	>500	Sangat Buruk	Ya	Ya

Tabel 2. Pengaruh Nilai asap terhadap status kirim notifikasi gambar

ID	Nilai Asap	Status Kirim Gambar
2025-06-17T20:44:03.306Z	195	Tidak
2025-06-17T20:45:02.238Z	187	Tidak
2025-06-17T20:46:02.399Z	191	Tidak
2025-06-17T20:47:02.244Z	192	Tidak
2025-06-17T20:48:02.247Z	271	Kirim
2025-06-17T20:49:02.253Z	208	Kirim
2025-06-17T20:50:02.255Z	195	Tidak



Gambar 7. Grafik hasil pantauan polusi udara dari sensor asap MQ-135

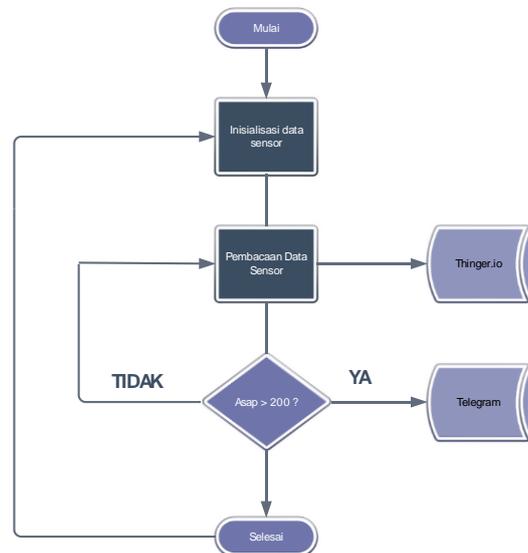


Gambar 8. Saat ambang batas  $\geq 200$  ppm sistem kirim gambar foto dari ESP32 Cam



Gambar 9. Tangkapan Layar notifikasi di Telegram

Dalam pengujian system alat deteksi dini pada polusi udara untuk seting batas ambang polusi udara di setting  $\geq 200$  ppm (*Parts per million*), sehingga hasil dari percobaan bahwa pada saat nilai asap terbaca  $\geq 200$  ppm maka system akan mengirim gambar yang di terima di platform telegram. Alur flowchar program dapat di gambar kan sebagai berikut:



Gambar 10. Flow Chart program Peringatan Dini Polusi Udara dengan Sensor MQ-135 dan Pengiriman Notifikasi via Telegram Berbasis IoT

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dalam mendeteksi peningkatan kadar polutan dan memberikan peringatan dini dengan respons yang cepat dan tepat.

#### 4.2. Pembahasan

Sistem ini menunjukkan keandalan dalam mengintegrasikan berbagai teknologi:

- ESP32-CAM memberikan keunggulan dalam hal komputasi edge dengan kamera terintegrasi dan konektivitas Wi-Fi.
- Sensor MQ135 cukup sensitif dalam mendeteksi perubahan komposisi udara meskipun perlu dilakukan kalibrasi untuk meningkatkan akurasi.
- Telegram Bot API sangat efektif dalam pengiriman notifikasi instan, serta mempermudah user dalam berinteraksi tanpa aplikasi tambahan.
- Thinger.io mempermudah proses monitoring jarak jauh dan visualisasi data real-time tanpa perlu membuat backend sendiri.

Keunggulan sistem ini dibanding penelitian terdahulu (seperti Maulana et al., 2022; Cahyono et al., 2022) terletak pada kombinasi notifikasi visual dan data sensor yang dikirimkan secara otomatis, meningkatkan validitas informasi yang diterima pengguna. Kelemahannya terletak pada kemungkinan *false alarm* akibat sensitivitas sensor yang belum dituning sempurna, serta ketergantungan pada koneksi internet yang stabil. Sistem ini juga mengurangi ketergantungan pada server mahal dan menyediakan pendekatan ekonomis yang dapat diimplementasikan pada skala rumah tangga hingga skala instansi pemerhati lingkungan.

## 5. SIMPULAN

1. Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem informasi peringatan dini polusi udara berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan sensor MQ-135, mikrokontroler ESP32-CAM, platform Thingier.io, dan aplikasi Telegram. Keberhasilan ini diukur dari hasil eksperimen yang sesuai dengan rancangan alat yang dibuat. Sistem yang dibangun mampu mendeteksi kualitas udara secara otomatis dan memberikan notifikasi berupa gambar kepada pengguna melalui Telegram saat tingkat polusi melebihi ambang batas yang telah ditentukan ( $\geq 200$  ppm). Selain itu, data sensor secara real-time ditampilkan dalam bentuk visualisasi pada dashboard Thingier.io, sehingga mempermudah proses pemantauan kondisi udara dari jarak jauh.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respons yang cepat dan akurat terhadap perubahan kualitas udara di lingkungan sekitar. Merujuk pada tabel 1 dan tabel 2 bahwa saat mendeteksi gas yg telah diseting  $\geq 200$  ppm maka akan merespon cepat mefoto dan mengirim notifikasi melalui telegram. Integrasi teknologi yang digunakan dalam sistem ini menawarkan solusi efisien, hemat biaya, serta mudah diakses oleh pengguna tanpa perlu infrastruktur server yang kompleks. Meskipun demikian, sistem masih memiliki tantangan terkait sensitivitas sensor yang memerlukan proses kalibrasi lebih lanjut untuk menghindari kesalahan deteksi, serta ketergantungan pada kestabilan koneksi internet.
3. Ke depan, pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada peningkatan akurasi pengukuran melalui kalibrasi adaptif, penambahan sensor multi-gas untuk deteksi yang lebih komprehensif, serta integrasi dengan sistem notifikasi multi-platform (seperti email atau SMS gateway) guna memperluas jangkauan distribusi peringatan kepada masyarakat atau instansi terkait.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kumar, P., Saini, M., & Bansal, S. (2017). Internet of Things (IoT) and its applications in environmental monitoring. *Journal of Environmental Science and Technology*, 10(2), 24-32.
- [2] World Health Organization (2021). Air pollution. Diakses dari [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- [3] Muhammad, A., & Ahmed, F. (2020). Design and implementation of an IoT-based air quality monitoring system. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(8), 530. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08362-6>
- [4] Arduino. (2021). ESP32-CAM Getting Started Guide. Diakses dari <https://www.arduino.cc>
- [5] Telegram Bot API. (2021). Telegram Bots: An Introduction. Diakses dari <https://core.telegram.org/bots>
- [6] Agus Rianto. (2020). Perancangan Alat Deteksi Dini dan Monitoring Polusi Udara Berbasis Internet of Things (IoT). Seminar Nasional Hasil Penelitian. Universitas PGRI Semarang. Semarang, 153–164.
- [7] Rianto, A., & Kristiyono, R. (2020). Aplikasi Sensor HC-SR04 Untuk Mengukur Jarak Ketinggian Air Dengan Mikrokontrol Wemos D1 R2 Berbasis IoT (Internet of Things). *Jurnal Teknika*, 6, 141–148. <https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte>
- [8] Rianto, A., 2024. Penerapan Pengenalan Wajah dengan Algoritma Viola-Jones Artificial Intelligence Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32-CAM. *Jurnal FORTECH*, 5(1), pp.48-57.
- [9] Rianto, Agus, and Jani Kusanti. "Identifikasi Kerusakan Dini Otomatis Komponen Elektronika Berbasis Arus Dengan Mikrokontrol Arduino Uno." *Jurnal FORTECH* 4.2 (2023): 106-112.

- [10] I. Gunawan and T. Akbar, "Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2020, doi: 10.29408/jit.v3i1.1789.
- [11] Püschel, H. (2023). *ESP32-CAM Camera*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8_11)
- [12] Gagan, M., Kaushik, K., Fernandes, K. F., & Madhu, S. (2024). *Intruder detection using surveillance CCTV camera interfaced ESP32 Cam module*. <https://doi.org/10.1201/9781003565024-44>
- [13] Li, J. (2023). *Remote Control an ESP32-CAM Robot Car*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8_14)
- [14] Sudaryanto, A., Sasongko, D. B., Kridoyono, A., Budiarti, R. P. N., Mahadewi, S. T., & Arvianto, F. A. (2022). ESPCam Control Using Telegram on ESP32 Microcontroller-Based Security Camera Systems. *Applied Technology and Computing Science Journal*. <https://doi.org/10.33086/atcsj.v5i2.3760>
- [15] Cahyono, F. Yusuf Aji, Suharto, N., & Mustafa, L. D. (2022). Design and Build a Home Security System based on an ESP32 Cam Microcontroller with Telegram Notification. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*. <https://doi.org/10.33795/jartel.v12i2.296>
- [16] Atikah, N., Hartati, T., Bahtiar, A., Kaslani, K., & Nurdiawan, O. (2022). Sistem Image Capturing Menggunakan ESP32-Cam Untuk Memonitoring Objek Melalui Telegram. *Kopertip*. <https://doi.org/10.32485/kopertip.v6i2.141>
- [17] Rahmawati, Y., Simanjuntak, I. U. V., & Simorangkir, R. B. (2022). Rancang Bangun Purwarupa Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar Zebra Cross Berbasis Mikrokontroler ESP-32 CAM. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i2.14499>
- [18] Maulana, D. R., Agung, I. G. A. P. R., & Nugraha, I. P. E. D. (2022). Sistem monitor budi daya sarang burung walet berbasis esp32-cam dilengkapi aplikasi telegram. *Jurnal Spektrum*. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2022.v09.i01.p17>
- [19] Pérez, D., et al. (2018). "Thinger.io: An Open Source Platform for Internet of Things." *2018 Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, pp. 1-6. doi:10.1109/GIoTTS.2018.8534550
- [20] Thinger.io Documentation (2024). Available at: <https://docs.thinger.io>