

Sistem Monitoring Sensor Udara Berbasis Arduino dengan Menggunakan Telegram

Visal Mohammad Rizki^{1*}, Agus Herwanto², Budi Tjahjono³, Bambang Irawan⁴

^{1,2,3,4} Teknik Informatika, Universitas Esa Unggul, Jakarta Barat, Indonesia
e-mail : ¹ visalqr@student.esaunggul.ac.id, ² agus.herwanto@esaunggul.ac.id,
³ budi.tjahjono@esaunggul.ac.id, ⁴ bambangirawan@esaunggul.ac.id
*Corresponding

Submitted Date : September 11, 2025
Revised Date : September 17, 2025

Reviewed Date : September 15, 2025
Accepted Date : September 30, 2025

Abstract

This study aims to design and implement an Arduino Uno and NodeMCU ESP8266-based air quality monitoring system integrated with Telegram as an Internet of Things (IoT)-based automatic notification medium. This system uses MQ-7, MQ-135, and MG811 sensors to detect CO, CO₂, and other air pollutants. The research method is descriptive quantitative with testing at two locations with different activity levels, namely (1) Lebak Bulus Terminal (heavy traffic) and (2) Jl. H. Midar Pondok Pinang (low activity). The results show that CO levels reached 120 PPM at Lebak Bulus Terminal in the afternoon, which is categorized as “unhealthy” based on the Air Pollutant Standard Index (ISPU). The system was able to detect differences between clean and polluted air with 97% accuracy, a response time of 2.3 seconds, and a 98% notification success rate via Telegram. These results indicate that the system operates in real-time, efficiently, and is easily accessible, while also increasing public awareness of air quality and mitigating health risks due to pollution.

Keywords: Air Pollution; Arduino; IoT; Telegram; Monitoring.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kualitas udara berbasis Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 yang terintegrasi dengan Telegram sebagai media notifikasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan sensor MQ-7, MQ-135, dan MG811 untuk mendeteksi gas CO, CO₂, serta polutan udara lainnya. Metode penelitian bersifat deskriptif kuantitatif dengan pengujian di dua lokasi yang berbeda tingkat aktivitasnya, yaitu (1) Terminal Lebak Bulus (padat kendaraan) dan (2) Jl. H. Midar Pondok Pinang (rendah aktivitas). Hasil menunjukkan bahwa kadar CO mencapai 120 PPM di Terminal Lebak Bulus pada sore hari, yang dikategorikan “tidak baik” berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Sistem mampu mendeteksi perbedaan udara bersih dan tercemar dengan akurasi 97%, waktu respon 2,3 detik, serta keberhasilan notifikasi 98% melalui Telegram. Hasil ini menunjukkan sistem bekerja secara *real-time*, efisien, dan mudah diakses, sekaligus meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kualitas udara dan mitigasi risiko kesehatan akibat polusi.

Keywords : Polusi Udara; Arduino; IoT; Telegram; Monitoring.

1. Pendahuluan

Kualitas udara yang buruk berpengaruh secara langsung terhadap kesehatan manusia dan keberlanjutan lingkungan hidup (Pratama & Nurpulela, 2024). Di kawasan perkotaan, peningkatan jumlah kendaraan bermotor, urbanisasi, dan juga industrialisasi ini penyebab

utama peningkatan gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), serta partikel yang berbahaya lainnya (Nugroho et al., 2023). Menurut penelitian dari (Taufiq et al., 2024), kadar CO di area padat transportasi dapat mencapai dua kali lipat dari area perumahan.

Teknologi Internet of Things (IoT) ini memberikan solusi dengan menghadirkan sistem pemantauan lingkungan yang bersifat otomatis, efisien, dan *real-time* (Rochmania et al., 2021). Beberapa penelitian terdahulu seperti (Erik et al., 2024) dan (Humairoh & Putra, 2022), telah memanfaatkan Arduino dan sensor seri MQ untuk pemantauan udara, tetapi sistem mereka masih menampilkan pada hasil secara lokal tanpa notifikasi otomatis ke pengguna.

Dari beberapa literatur yang ada, belum banyak sistem pemantauan udara berbasis IoT yang dilengkapi integrasi Telegram untuk notifikasi langsung kepada pengguna secara *real-time* (Guna et al., 2018). Hal ini menjadi peluang penelitian untuk meningkatkan kecepatan penyampaian informasi kualitas udara kepada masyarakat. Selain itu, tujuan dari penelitian ini yaitu (a) merancang sistem monitoring udara berbasis Arduino & NodeMCU ESP8266. (b) Mengintegrasikan sistem pada Telegram sebagai media notifikasi otomatis. (c) Menguji performa sistem terhadap waktu respon, akurasi deteksi, dan keandalan koneksi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini yang menggunakan metode deskriptif kuantitatif pendekatan eksperimental (Akbar et al., 2022). Dalam tahapan ini, meliputi pada perancangan perangkat keras, integrasi perangkat lunak, pengujian lapangan, dan analisis hasil.

a. Perancangan Sistem

Sistem menggunakan Arduino Uno ini sebagai pengendali utama dan juga NodeMCU ESP8266 untuk konektivitas WiFi. Sensor MQ-7, MQ-135, dan MG811 berfungsi mendeteksi gas CO, CO₂, dan polutan umum. Data sensor dikirim ke server yang berbasis PHP-MySQL (Framework CodeIgniter), kemudian diteruskan ke Telegram Bot API (Al Furuqi et al., 2022). Adapun diagram alur data dapat dilihat pada gambar 1.

Sensor MQ-series → Arduino Uno → NodeMCU ESP8266 → Server → Telegram Bot → Pengguna

Gambar 1. Diagram Alur Data

b. Lokasi dan Waktu Pengujian

Penelitian dilakukan di dua lokasi dengan karakteristik berbeda yakni:

- (1) Terminal Lebak Bulus (Jakarta Selatan)
 - Lokasi padat aktivitas kendaraan, emisi tinggi.
 - Tujuan: menguji sistem pada kondisi polusi berat.
- (2) Jl. H. Midar Pondok Pinang
 - Area perumahan dengan vegetasi yang cukup dan lalu lintas rendah.
 - Tujuan: menguji sistem pada kondisi udara relatif bersih.

Pengambilan data dilakukan selama tiga hari berturut-turut pada pukul : 06.00, 12.00, dan 17.00.

c. Parameter Pengujian

- (1) Akurasi Sensor (%) : Perbandingan hasil pembacaan sensor dengan alat kalibrasi;
- (2) Waktu Respon (detik) : Waktu antara deteksi polusi dan pesan Telegram diterima; dan
- (3) Keberhasilan Notifikasi (%) : Persentase pesan yang berhasil yang dikirimkan (Megantoro et al., 2024).

d. Analisa Data

Nilai konsentrasi gas diubah ke satuan PPM (Part per Million) dan diklasifikasikan berdasarkan kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU):

- 0–50 = Baik
- 51–100 = Sedang
- 100 = Tidak Sehat

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb}(Xx - Xb) + Ib$$

Adapun formula ISPU, menurut Yuning et al., (2020) sebagai berikut:

Dengan keterangan, sebagai berikut:

- I = ISPU terhitung
- Ia = ISPU batas atas
- Ib = ISPU batas bawah
- Xa = Konsentrasi ambien batas atas (µg/m³)
- Xb = Konsentrasi ambien batas bawah (µg/m³)
- Xx = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran (µg/m³)

3. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil Pengukuran Kualitas Udara

Tabel 1 dan tabel 2 menunjukkan hasil pengujian di dua lokasi berbeda, yaitu di Terminal

Lebak Bulus dan di jalan H. Midar Pondok Pinang Jakarta selatan

Tabel 1. Hasil Pengujian di Terminal Lebak Bulus

No. Pengujian	Waktu Pengujian	Lokasi pengujian	Kadar CO (Hasil ukur Sensor)	Keterangan
Ke-1	06.00	Terminal Lb.Bulus	56,7 PPM	Sedang
Ke-2	06.10	Terminal Lb.Bulus	56,7 PPM	Sedang
Ke-3	07.15	Terminal Lb.Bulus	58 PPM	Sedang
Ke-4	08.20	Terminal Lb.Bulus	70,5 PPM	Sedang
Ke-5	11.40	Terminal Lb.Bulus	57 PPM	Sedang
Ke-6	16.10	Terminal Lb.Bulus	56,2 PPM	Sedang
Ke-7	17.00	Terminal Lb.Bulus	120 PPM	Tidak baik
Ke-8	18.00	Terminal Lb.Bulus	101 PPM	Tidak baik

hasil pengujian pada tabel 2 yang berlokasi di Jl. H. Midar Pondok Pinang adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian di Jl. H. Midar Pondok Pinang

No. Pengujian	Waktu Pengujian	Lokasi pengujian	Kadar (Hasil ukur Sensor)	Keterangan
Ke-1	06.00	Pondok Pinang	50,2 PPM	Baik
Ke-2	06.10	Pondok Pinang	51,7 PPM	Sedang
Ke-3	07.15	Pondok Pinang	52 PPM	Sedang
Ke-4	08.20	Pondok Pinang	52,5 PPM	Sedang
Ke-5	11.40	Pondok Pinang	55 PPM	Sedang
Ke-6	16.10	Pondok Pinang	56,2 PPM	Sedang
Ke-7	17.00	Pondok Pinang	57,1 PPM	Sedang
Ke-8	18.00	Pondok Pinang	58 PPM	Sedang

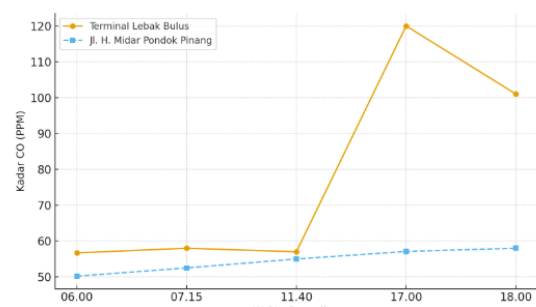
Hasil pengujian menunjukkan kadar CO di Terminal Lebak Bulus mencapai 120 PPM pada pukul 17.00, sedangkan di Jl. H. Midar Pondok Pinang hanya 58 PPM. Perbedaan signifikan ini menunjukkan pengaruh aktivitas kendaraan terhadap peningkatan polusi udara, sesuai dengan temuan (Novianto et al., 2024); (Taufik et al., 2022).

b. Analisis Sistem

Sistem mampu mengirimkan notifikasi Telegram dalam 2–3 detik setelah deteksi polusi, dengan tingkat keberhasilan 98% (Umbu, 2023). Akurasi sensor dibanding alat pembanding ini mencapai pada 97% (Rosa et al., 2020). Dibandingkan penelitian (Akbar et al., 2022), sistem ini memiliki keunggulan pada integrasi Telegram Bot API serta notifikasi otomatis, menjadikannya lebih aplikatif.

c. Visualisasi Perbandingan Dua Lokasi

Kadar CO di Terminal Lebak Bulus meningkat tajam pada sore hari, sedangkan di Pondok Pinang relatif stabil sepanjang hari. Hal ini sesuai dengan pola lalu lintas padat dan suhu lingkungan tinggi yang memperburuk dispersi gas polutan (Fikri et al., 2023). Berikut adalah grafik perbandingan kadar CO di Dua Lokasi (Lebak Bulus dan Pondok Pinang), yang dapat diuraikan sebagai berikut :



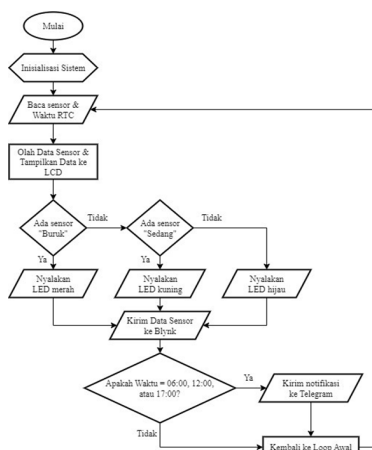
Gambar 2. Grafik perbandingan kadar CO dari Lebak Bulus dan Pondok Pinang

Tren peningkatan signifikan ditunjukkan pada grafik yang ada di gambar 1 adalah kadar CO pada jam sibuk, dengan kategori “tidak baik” (>100 PPM) hanya terjadi di Lebak Bulus. Terlihat bahwa kadar CO di Terminal Lebak Bulus meningkat tajam pada sore hari (sekitar pukul 17.00–18.00), mencapai 120 PPM, sedangkan di Pondok Pinang tetap stabil di bawah 60 PPM. Grafik ini memperkuat temuan bahwa aktivitas kendaraan berperan signifikan dalam peningkatan polusi udara di kawasan padat lalu lintas (Umbu, 2023).

Berdasarkan penjelasan di atas, pada hasil dan pembahasan, maka dapat dijelaskan bahwa penelitian ini memperkenalkan kepada integrasi langsung sistem IoT dengan Telegram Bot API tanpa perlu server tambahan seperti : *Firebase*. Pendekatan ini membuat sistem lebih ringan, hemat biaya, dan mudah direplikasi, berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh (Nugroho et al., 2023) dan (Erik et al., 2024) yang hanya menampilkan data di LCD atau web.

d. Flowcart Sistem

Flowchart berikut menggambarkan alur kerja sistem monitoring kualitas udara berbasis Arduino yang terintegrasi dengan telegram sebagai media notifikasi otomatis, yang dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 3. Flowchart Sistem

Berdasarkan diagram tersebut, sistem bekerja melalui beberapa tahapan berikut :

1. Inisialisasi Sistem

Perangkat diaktifkan dengan daya dari baterai 9V melalui DC-DC Converter. Pada tahap ini dilakukan inisialisasi seluruh komponen utama, seperti : NodeMCU ESP8266, sensor

gas, LCD, LED indikator, RTC, dan koneksi jaringan.

2. Koneksi NodeMCU ESP8266

NodeMCU secara otomatis terhubung ke jaringan wifi. Setelah koneksi berhasil, sistem mengaktifkan seluruh sensor (MQ-7, MQ-135, MG811), modul RTC, dan layanan integrasi dengan Blynk Server serta Telegram.

3. Pembacaan Input Sensor

NodeMCU mengumpulkan data dari:

- MQ-7 (gas CO)
- MQ-135 (kualitas udara umum)
- MG811 (gas CO₂)

Sementara RTC (*Real Time Clock*) mencatat waktu pengambilan data untuk sinkronisasi notifikasi.

4. Pemrosesan dan Klasifikasi Data

Data sensor diolah untuk menentukan kategori kualitas udara menjadi baik, sedang; dan buruk, lalu ditampilkan secara langsung pada LCD.

5. Kontrol LED Indikator

LED hijau menyala untuk kondisi baik, kuning untuk sedang; dan merah untuk buruk.

6. Pengiriman Data ke Server dan Telegram

Data sensor dikirim otomatis ke server Blynk untuk divisualisasikan secara *real-time* dan dikirimkan ke pengguna melalui Telegram.

7. Sinkronisasi Waktu

NodeMCU ini memeriksa waktu dari RTC agar pengiriman pada notifikasi berlangsung sesuai jadwal.

8. Notifikasi Telegram Otomatis

Pada pukul : 06.00, 12.00, dan 17.00 sistem mengirimkan ringkasan kondisi udara berdasarkan data terbaru.

9. Pengulangan Proses (*Looping*)

Setelah semua proses selesai, sistem kembali membaca data sensor secara terus-menerus hingga daya diputus secara manual.

4. Kesimpulan

Sistem monitoring udara berbasis Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 dengan integrasi Telegram berhasil diimplementasikan, atau bisa diuraikan sebagai berikut (1) Sistem mampu mendeteksi gas CO dan CO₂ dengan akurasi 97%, (2) Waktu respon cepat (2–3 detik) dan pengiriman notifikasi berhasil (98%) dan (3) Hasil pengujian menunjukkan Terminal Lebak Bulus memiliki kadar CO tertinggi (120 PPM) dibanding Jl. H. Midar Pondok Pinang (58 PPM).

Sistem ini efektif memberikan informasi *real-time*, hemat biaya, dan dapat menjadi model peringatan dini polusi di kawasan urban. Saran dari penelitian ini adalah (1) Tambahkan sensor PM2.5 dan DHT22 untuk parameter suhu dan partikel, (2) Gunakan panel surya untuk sistem *outdoor* dan (3) Integrasikan dashboard berbasis AI untuk prediksi tren polusi masa depan.

Referensi

- Akbar, M. R. A., Priatna, E., Sutisna, & Taufiqurohman, I. (2022). Monitoring Kualitas Udara Menggunakan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT di Ciamis. *Jurnal E-Joint*, 3(2), 73–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.35970/e-joint.v3i2.1687>
- Al Furuqi, S. H., Abu, H. M., & Haryono. (2022). IoT-based Lamp Control Using Telegram Bot. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 3(6), 1475–1482. <https://doi.org/https://doi.org/10.20884/1.jutif.2022.3.6.313>
- Erik, M., Nurdyanto, F., & Hidayat, R. (2024). AeroSenseMonitor: Integrasi Sensor DHT11 dan MQ-135. *Jurnal Komputer Dan Elektro Sains*, 2(2), 8–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.58291/komets.v2i2.171>
- Fikri, A., Darmawan, I. A., & Fatkhurohman, M. (2023). Monitoring Kadar Polusi Udara di Lingkungan Kampus Menggunakan IoT. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan (JIIP)*, 6(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.54371/jiip.v6i5.1716>
- Guna, P. I. A., Suyadnya, I. M. A., & Agung, I. G. (2018). Monitoring Penetasan Telur Penyu Berbasis NodeMCU dan Telegram. *Jurnal COSINE*, 2(2), 80–89. [https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=867094&val=13565&title=Sistem Monitoring Penetasan Telur Penyu Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Protokol MQTT dengan Notifikasi Berbasis Telegram Messenger](https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=867094&val=13565&title=Sistem%20Monitoring%20Penetasan%20Telur%20Penyu%20Menggunakan%20Mikrokontroler%20NodeMCU%20ESP8266%20dan%20Protokol%20MQTT%20dengan%20Notifikasi%20Berbasis%20Telegram%20Messenger)
- Humairoh, G. P., & Putra, R. D. E. (2022). Pengendalian Kualitas Udara Indoor dengan Sensor MQ-135 dan DHT-22. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2529–2536. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i1.3708>
- Megantoro, A., Saidah, S., & Sevierda, R. (2024). Sistem Deteksi dan Pemantauan Pencemaran Udara Berbasis IoT. *Journal of Informatics and Communication Technology*, 6(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.52661/jict.v6i2.357>
- Novianto, H., Azis, M. M., & Arini, H. M. (2024). Analisis perubahan sistem kualitas udara Kota Yogyakarta pada masa pandemi COVID-19. *Jurnal Rekayasa Proses*, 16(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jrekpros.71888>
- Nugroho, Y. C., Mahardiko, A. A., Dhelia, S. S., Nuraini, A., & Harsad, P. (2023). Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Arduino untuk Polusi Perkotaan. *Jurnal TIKomSIN*, 11(2), 45–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.30646/tikomsin.v11i2.795>
- Pratama, G. A., & Nurpulela, L. (2024). Pengaruh Suhu pada Sensor MQ-135 dalam Deteksi Gas CO₂. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(20). <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.14288550>
- Rochmania, A., Suchyo, I., & Yantidewi, M. (2021). Monitoring Kandungan CO₂ di Udara Berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan MQ-135. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 13(3), 249–259. <https://doi.org/https://doi.org/10.35580/jspf.v17i3.30634>
- Rosa, A. A., Simon, B. A., & Lieanto, K. S. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan MQ-7 dan MQ-135. *Jurnal Ultima*, 12(1), 23–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.31937/sk.v12i1.1611>
- Taufik, Assidieq, M., Rosdiana, Sumarlin, Adami, A., Irawandani, T. D., Ilham, & Wibowo, D. (2022). Prediksi Gas Karbon Monoksida (CO) dari Sumber Kendaraan Bermotor dengan Metode Gaussian Line Source Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Sumber Daya Dan Lingkungan*, 9(3). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.21776/ub.jsal.2022.009.03.2>
- Taufiq, A. J., Hayat, L., Muchtasjar, B., Iskhar, Romandolo, D. G., & Amarudin, R. B. (2024). Sistem Monitoring Polusi Udara Berbasis Sensor MQ-135. *Jurnal Techno*, 25(2), 131–138.



<https://doi.org/https://doi.org/10.30595/tecnhno.v25i2.24100>

- Umbu, A. B. S. (2023). Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 Untuk Menentukan Persamaan Hubungan Antara ppm dan R_s/R_o . *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 11(2), 49–59. <https://jtaf.fmipa.unila.ac.id/index.php/jtaf/article/view/314/311>
- Yuning, D., Li, C., Guo, R., Yin, X., Liu, W., Zhou, J., Bai, Y., Yu, Z., Yang, Y., Dang, Q., & Wang, H. (2020). PP-OCR: A Practical Ultra Lightweight OCR System. *Journal Computer Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2009.09941>

