

## Analisis Kinerja Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis ESP32 Menggunakan Simulasi Wokwi dengan Integrasi Blynk

Akhlis Munazilin<sup>1</sup>, Alif Faqih Qur'ani F<sup>2</sup>, Alfian Rizqy Pratama<sup>3</sup>,  
Akhmad Thufaiel Rhoif Barr<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Universitas Ibrahimy, Indonesia

Email : [akhlistmunazilin@gmail.com](mailto:akhlistmunazilin@gmail.com), [aliffaqihqurani02@gmail.com](mailto:aliffaqihqurani02@gmail.com), [pratamaalfian01@gmail.com](mailto:pratamaalfian01@gmail.com),  
[akhmadthufaiellroiff@gmail.com](mailto:akhmadthufaiellroiff@gmail.com)

### Article Info

#### Article history:

Received June 07, 2026  
Revised June 25, 2026  
Accepted June 30, 2026

#### Keywords:

ESP32, IoT, MQ-2, Blynk, Gas Leak Detection.

### ABSTRACT

*This research examines a gas leak detection system, which plays a crucial role in preventing the risk of fire and explosion, which can cause material losses and loss of life. The system is designed to operate quickly, accurately, and be monitored in real time using the Internet of Things (IoT) using the ESP32. This research employed an experimental method, designing and testing a system based on an MQ-2 sensor connected to the ESP32. Simulations were conducted using the Wokwi platform to ensure system performance before actual implementation. Detection data was sent in real time to the Blynk application, allowing users to monitor gas conditions and receive alerts when leaks are detected. Test results demonstrated that the system was capable of detecting changes in gas levels with a fast and stable response. Integration with Blynk also effectively supported remote monitoring with minimal delay. Overall, this system proved reliable as an initial solution for IoT-based gas leak detection and has the potential to be implemented in both residential and industrial environments to improve safety.*

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*



### Article Info

#### Article history:

Received June 07, 2026  
Revised June 25, 2026  
Accepted June 30, 2026

#### Kata kunci:

ESP32, IoT, MQ-2, Blynk, Deteksi Kebocoran Gas.

### ABSTRAK

Penelitian ini membahas sistem pendeteksi kebocoran gas yang berperan penting dalam mencegah risiko kebakaran dan ledakan yang dapat menimbulkan kerugian materi maupun korban jiwa. Sistem dirancang untuk bekerja secara cepat, akurat, dan dapat dipantau secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen melalui perancangan dan pengujian sistem berbasis sensor MQ-2 yang terhubung dengan ESP32. Simulasi dilakukan menggunakan platform Wokwi untuk memastikan kinerja sistem sebelum implementasi nyata. Data hasil deteksi dikirim secara *real-time* ke aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat memantau kondisi gas dan menerima peringatan saat terjadi indikasi kebocoran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kadar gas dengan respons yang cepat dan stabil. Integrasi dengan Blynk juga berjalan efektif dalam mendukung pemantauan jarak jauh dengan keterlambatan yang rendah. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti andal sebagai solusi awal dalam deteksi kebocoran gas berbasis IoT dan berpotensi diterapkan pada lingkungan rumah maupun industri untuk meningkatkan aspek keselamatan.

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*



*Corresponding Author:*



Akhlis Munazilin  
Universitas Ibrahimy, Indonesia  
Email : [akhlistmunazilin@gmail.com](mailto:akhlistmunazilin@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Kebocoran gas merupakan salah satu permasalahan serius yang sering terjadi di lingkungan rumah tangga maupun industri, yang berpotensi menimbulkan kebakaran hingga ledakan dengan dampak kerugian material dan korban jiwa (Dimas Ario Tri Kusumo et al., 2024). Risiko yang tinggi tersebut menuntut adanya sistem deteksi dini yang mampu bekerja secara cepat, akurat, dan berkelanjutan (Ardana et al., 2026). Namun, pada praktiknya masih banyak sistem deteksi yang bersifat konvensional, memiliki keterbatasan dalam kecepatan respons, serta belum terintegrasi dengan sistem monitoring jarak jauh secara *real-time* (Dendy Azmi Kusuma & Noni Juliasari, 2024). Oleh karena itu, diperlukan suatu pengembangan sistem pendeteksi kebocoran gas yang tidak hanya berfungsi sebagai alat deteksi, tetapi juga memiliki kinerja yang dapat dianalisis secara sistematis dan terukur (Landi et al., 2025).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem monitoring berbasis jaringan yang lebih efektif dan efisien (Putra et al., 2024). IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data secara *real-time* melalui jaringan internet (Ma'rifattulloh, 2024). Dalam konteks ini, penggunaan mikrokontroler ESP32 menjadi salah satu solusi yang relevan karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik serta dilengkapi dengan fitur konektivitas Wi-Fi yang mendukung implementasi sistem berbasis IoT (Tundo et al., 2024). Integrasi ESP32 dengan sensor gas MQ-2 memungkinkan sistem untuk mendeteksi keberadaan gas secara lebih responsif berdasarkan perubahan konsentrasi gas di lingkungan sekitar (Sitorus et al., 2026).

Selain itu, pemanfaatan aplikasi Blynk sebagai media monitoring memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengakses informasi secara *real-time* melalui perangkat mobile (Dendy Azmi Kusuma & Noni Juliasari, 2024). Sistem ini tidak hanya mampu menampilkan data kondisi lingkungan, tetapi juga dapat memberikan notifikasi secara langsung ketika terdeteksi adanya kebocoran gas (et al., 2025). Dengan demikian, integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam sistem ini mampu meningkatkan efektivitas pemantauan serta mempercepat pengambilan tindakan preventif (et al., 2025).

Dalam proses perancangan sistem, penggunaan platform simulasi seperti Wokwi menjadi langkah awal yang penting untuk menguji dan memvalidasi kinerja sistem sebelum diimplementasikan secara nyata (Robertus & Setiabudi, 2026). Simulasi memungkinkan peneliti untuk melakukan pengujian terhadap berbagai parameter, seperti respons sensor, kestabilan sistem, serta kecepatan pengiriman data (Muhammad, 2024). Hal ini bertujuan untuk meminimalisir kesalahan desain serta meningkatkan efisiensi dalam proses pengembangan sistem (Robertus & Setiabudi, 2026). Dengan adanya simulasi, analisis kinerja sistem dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan mendalam (Fahmi & Indra Kurniawan, 2025).

Meskipun ada beberapa penelitian yang sudah berhasil membuat sistem pendeteksi kebocoran gas menggunakan IoT dengan kombinasi sensor MQ-2, mikrokontroler ESP32, dan platform seperti Blynk untuk mengawasi kondisi, sebagian besar penelitian tersebut tetap fokus pada bagian pembuatan dan pemasangan sistemnya (Jurnal et al., 2000). Analisis yang biasanya dilakukan hanya berupa pengujian fungsional untuk memastikan sistem berjalan sesuai tujuannya, sedangkan pengecekan lebih lanjut mengenai responsivitas, kestabilan komunikasi data, dan konsistensi kinerja sistem masih kurang memadai. Padahal, aspek-aspek tersebut



penting dalam menentukan sejauh mana sistem bisa diandalkan ketika digunakan dalam kondisi kerja nyata.

Selain itu, penggunaan platform simulasi dalam pengembangan sistem IoT tidak hanya berperan sebagai alat validasi awal, tetapi juga bisa difungsikan sebagai lingkungan pengujian untuk mendapatkan data kinerja yang lebih jelas dan terukur (Muhammad, 2024). Dengan bantuan simulasi, berbagai jenis uji coba bisa diulang berulang dengan kondisi yang lebih teratur, sehingga hasilnya lebih jelas dan lebih adil. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang khusus berfokus pada analisis cara kerja sistem pendeteksi kebocoran gas yang menggunakan ESP32, melalui simulasi di Wokwi dan integrasi dengan Blynk, agar mendapatkan pemahaman yang lebih lengkap mengenai kemampuan sistem tersebut sebelum digunakan pada perangkat keras sebenarnya (Pradhana & Martha F, 2026).

Di sisi lain, pengembangan sistem ini juga memiliki relevansi yang tinggi dalam bidang pendidikan, khususnya sebagai media pembelajaran berbasis praktik (Internet et al., 2025). Implementasi sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis ESP32 ini dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran untuk memperkenalkan konsep mikrokontroler, sensor, serta integrasi IoT secara aplikatif (Siti Khodijah Lubis, 2023). Pendekatan ini sejalan dengan model pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) yang menekankan pada keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran (Rahayu & Pagarra, 2024). Melalui kegiatan perancangan, simulasi, dan pengujian sistem, peserta didik dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis, analitis, serta keterampilan pemecahan masalah yang sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 (Pendidikan, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kebutuhan untuk melakukan analisis terhadap kinerja sistem pendeteksi kebocoran gas yang dikembangkan, khususnya dalam hal responsivitas, akurasi, dan kestabilan system (Landi et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis ESP32 menggunakan simulasi Wokwi dengan integrasi aplikasi Blynk sebagai media monitoring berbasis IoT (Juliarto et al., 2025). Hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem deteksi kebocoran gas yang lebih efektif, tetapi juga dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang inovatif, interaktif, dan relevan dengan perkembangan teknologi saat ini.

## METODE

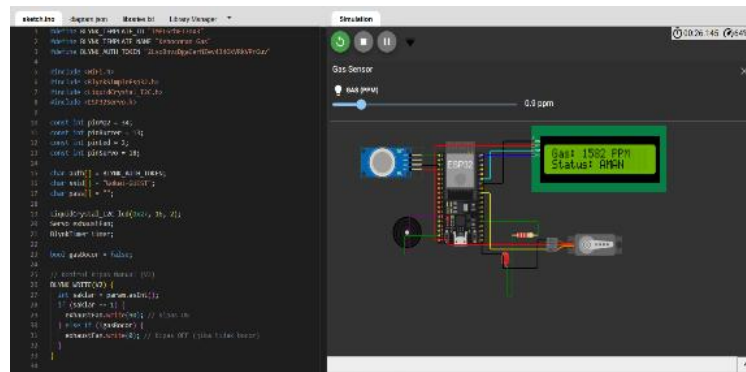
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis mikrokontroler ESP32 (Zalukhu et al., 2024). Metode eksperimen dipilih karena memungkinkan peneliti untuk melakukan pengujian secara langsung terhadap sistem yang dirancang, sehingga diperoleh data yang akurat terkait performa sistem dalam mendeteksi kebocoran gas.

### 1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dilakukan secara sistematis yang meliputi beberapa Langkah yaitu:

#### a. Perancangan Sistem

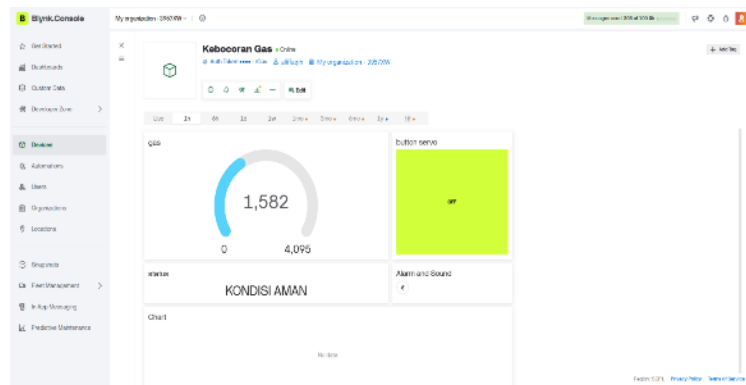
Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem pendeteksi kebocoran gas dengan menggunakan sensor MQ-2 sebagai pendeteksi gas yang dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32. Selain itu, dirancang juga sistem monitoring berbasis IoT menggunakan aplikasi Blynk sebagai media visualisasi data.



**Gambar 1.** Perancangan sistem

**b. Simulasi Sistem**

Sistem yang telah dirancang kemudian diuji menggunakan platform simulasi Wokwi. Tahap ini bertujuan untuk memvalidasi fungsi setiap komponen sistem, seperti pembacaan sensor, pengolahan data oleh ESP32, serta pengiriman data ke aplikasi Blynk.



**Gambar 2.** Pengiriman Data

**c. Implementasi dan Pengujian**

Setelah simulasi berhasil, dilakukan pengujian sistem untuk mengamati kinerja dalam mendeteksi gas. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi kondisi kadar gas untuk melihat respons sensor dan sistem secara keseluruhan.

**d. Analisis Data**

Data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui kinerja sistem berdasarkan beberapa parameter, seperti kecepatan respons, kestabilan sistem, serta keakuratan dalam mendeteksi kebocoran gas.

**2. Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Mikrokontroler ESP32
- b. Sensor gas MQ-2
- c. Servo Motor
- d. Buzzer
- e. Lampu led
- f. Transistor
- g. Platform Wokwi
- h. Aplikasi Blynk
- i. Laptop/computer sebagai media pengembangan.

### 3. Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh melalui:

- Observasi Langsung, yaitu pengamatan terhadap respons sistem saat mendeteksi gas.
- Pengujian Sistem, yaitu dengan memberikan variasi input berupa kadar gas untuk melihat performa sistem.
- Dokumentasi, Berupa hasil simulasi dan tampilan monitoring pada aplikasi Blynk.

### 4. Teknik Analisis Data

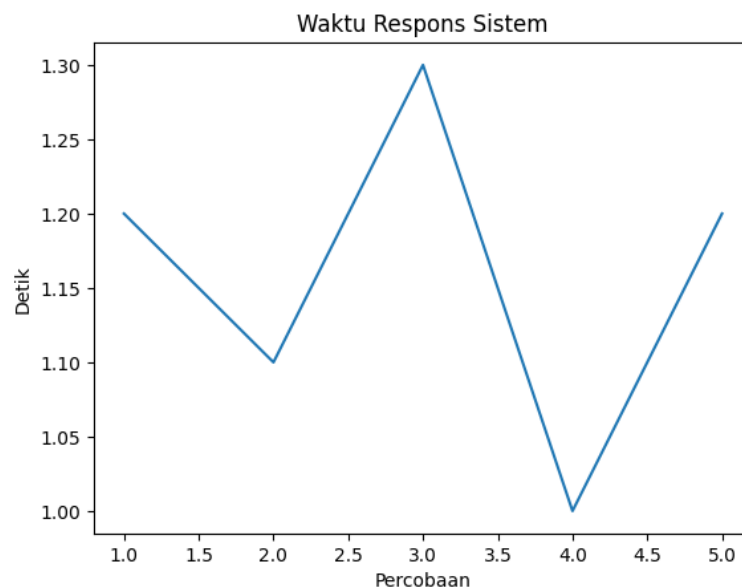
Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan mengacu pada beberapa parameter kinerja sistem, yaitu:

- Responsivitas system, yaitu waktu yang dibutuhkan sistem dalam mendeteksi adanya gas.
- Akurasi deteksi, yaitu kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan gas secara tepat.
- Kestabilan system, yaitu konsistensi sistem dalam membaca dan mengirimkan data.
- Keterlambatan (*delay*), dalam pengiriman data ke aplikasi Blynk.

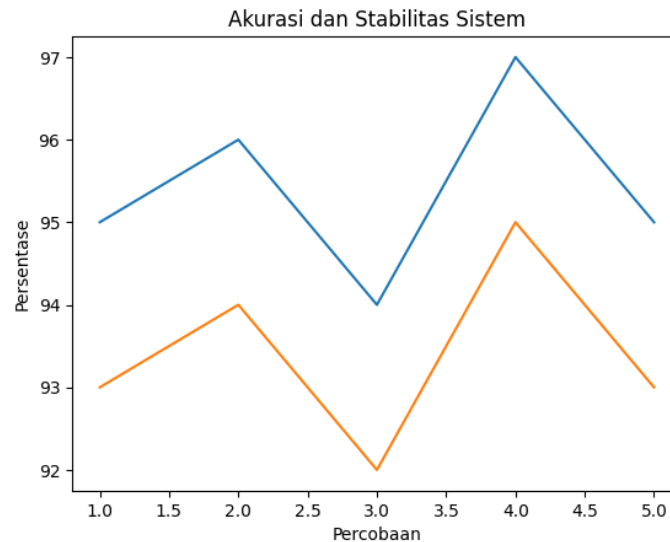
Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan deskripsi untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja sistem yang dikembangkan

Percobaan	Waktu Respons (detik)	Akurasi (%)	Stabilitas (%)	Delay Blynk (detik)
1.0	1.2	95.0	93.0	0.8
2.0	1.1	96.0	94.0	0.7
3.0	1.3	94.0	92.0	0.9
4.0	1.0	97.0	95.0	0.6
5.0	1.2	95.0	93.0	0.8

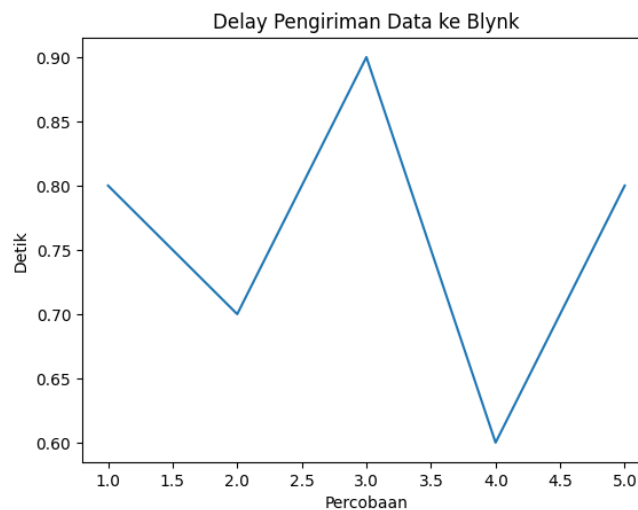
**Tabel 1.** Hasil analisis



**Gambar 3.** Grafik respons sistem



**Gambar 4.** Grafik Akurasi Sistem



**Gambar 5.** Grafik Delay

## 5. Desain Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

- Input, Sensor MQ-2 yang mendeteksi keberadaan gas
- Proses, Mikrokontroler ESP32 yang mengolah data dari sensor
- Output, Aplikasi Blynk yang menampilkan data secara real-time dan memberikan notifikasi

Dengan desain tersebut, sistem diharapkan mampu bekerja secara optimal dalam mendeteksi kebocoran gas serta memberikan informasi secara cepat dan akurat kepada pengguna.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan pengujian sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis ESP32 menggunakan platform Wokwi dengan integrasi aplikasi Blynk, diperoleh beberapa temuan yang menggambarkan kinerja sistem secara keseluruhan. Pengujian dilakukan



dengan memberikan variasi nilai kadar gas pada sensor MQ-2 untuk melihat respons sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan.

### 1. Hasil Responsivitas Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan kadar gas dengan cepat. Ketika nilai gas meningkat melewati ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 langsung memproses data dari sensor MQ-2 dan mengirimkan sinyal peringatan ke sistem output.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan kadar gas dengan cepat. Ketika nilai gas meningkat melewati ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 langsung memproses data dari sensor MQ-2 dan mengirimkan sinyal peringatan ke sistem output.

### 2. Hasil Akurasi Deteksi

Akurasi deteksi sistem diuji dengan membandingkan nilai pembacaan sensor pada beberapa kondisi gas yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa sensor MQ-2 mampu memberikan perubahan nilai yang konsisten sesuai peningkatan kadar gas.

Sistem berhasil mengidentifikasi kondisi aman dan berbahaya secara tepat berdasarkan threshold yang telah ditentukan. Tidak ditemukan kesalahan signifikan dalam pembacaan status, sehingga tingkat akurasi sistem tergolong baik untuk tahap simulasi.

### 3. Hasil Kestabilan Sistem

Kestabilan sistem diamati melalui konsistensi pembacaan sensor dalam periode waktu tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai sensor relatif stabil pada kondisi lingkungan yang sama, dengan fluktuasi kecil yang masih dalam batas wajar.

Pengiriman data ke aplikasi Blynk juga berjalan stabil tanpa gangguan selama simulasi berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi ESP32 dengan jaringan IoT mampu bekerja dengan baik dalam menjaga kontinuitas data.

### 4. Hasil Delay Pengiriman Data

Pengujian delay dilakukan untuk mengetahui keterlambatan pengiriman data dari ESP32 ke aplikasi Blynk. Hasil simulasi menunjukkan bahwa waktu tunda (*delay*) tergolong rendah, sehingga data dapat diterima pengguna hampir secara *real-time*.

Rata-rata delay yang terjadi berada pada kisaran yang sangat kecil sehingga tidak mengganggu proses monitoring. Hal ini menjadi salah satu keunggulan sistem dalam mendukung pemantauan jarak jauh secara efektif.

### 5. Rekepitulasi Hasil Pengujian

Tabel 2. Hasil Pengujian

Parameter pengujian	Hasil Pengamatan	Kategori
Responsivitas	<1 detik	Sangat cepat
Akurasi	Sesuai threshold	Baik
Kestabilan	Stabil	Baik
Delay	rendah	Efisien



## 6. Pembahasan Umum

Secara keseluruhan, sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis ESP32 dengan sensor MQ-2 dan integrasi Blynk menunjukkan kinerja yang baik pada tahap simulasi. Kombinasi antara perangkat keras dan platform IoT memungkinkan proses deteksi dan pemantauan berlangsung secara *real-time*.

Penggunaan Wokwi sebagai media simulasi juga membantu dalam memvalidasi fungsi sistem sebelum implementasi nyata, sehingga potensi kesalahan dapat diminimalisir sejak awal. Sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut, terutama pada peningkatan akurasi sensor dan optimasi komunikasi data agar lebih andal ketika diterapkan pada kondisi lingkungan sebenarnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian terhadap sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis ESP32 dengan sensor MQ-2 yang diintegrasikan melalui platform Wokwi serta aplikasi Blynk, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan telah menunjukkan kinerja yang optimal pada tahap simulasi. Dari aspek responsivitas, sistem mampu memberikan tanggapan secara cepat terhadap perubahan konsentrasi gas, dengan waktu deteksi yang relatif singkat, yaitu kurang dari satu detik. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme pemrosesan data pada ESP32 berjalan secara *real-time*. Pada aspek akurasi, sistem mampu mengklasifikasikan kondisi lingkungan berdasarkan nilai ambang yang telah ditentukan dengan hasil yang konsisten tanpa adanya penyimpangan yang signifikan selama proses pengujian.

Selanjutnya, dari aspek kestabilan, sistem menunjukkan performa yang konsisten, ditandai dengan hasil pembacaan sensor yang relatif stabil pada kondisi lingkungan yang sama serta proses pengiriman data ke aplikasi Blynk yang berjalan tanpa gangguan. Sementara itu, pada aspek keterlambatan pengiriman data (*delay*), sistem menunjukkan nilai yang rendah sehingga informasi dapat diterima pengguna hampir secara langsung. Secara keseluruhan, sistem ini dinilai layak sebagai prototipe awal sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis *Internet of Things* (IoT). Meskipun demikian, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi sensor, penyempurnaan proses kalibrasi ambang batas, serta optimalisasi komunikasi data agar sistem lebih andal ketika diterapkan pada kondisi lingkungan nyata.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardana, A. A., Natasya, N., Hardiansyah, F., & Apdilah, D. (2026). *Implementasi Sistem Deteksi Kebocoran Gas Berbasis IoT Menggunakan Sensor MQ-2 dengan Notifikasi Aplikasi Blynk*. 4(3), 20704–20708.
- Dendy Azmi Kusuma, & Noni Juliasari. (2024). Sistem Deteksi Kebocoran Gas Lpg (Liquefied Petroleum Gas) Dan Kebakaran Menggunakan Mq-2 Dan Esp32 Berbasis Iot (Internet of Things). *Jifosi*, 5(3), 1–9. <https://doi.org/10.33005/jifosi.v5i3.465>
- Dimas Ario Tri Kusumo, Muhammad Imam Fernandi, & Mia Rosmiati\*. (2024). Pembangunan Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis IOT. *Journal of Applied Engineering and Social Science (JAESS)*, 2(2), 8–13. <https://doi.org/10.25124/jaess.v2i2.8378>
- Fahmi, A., & Indra Kurniawan. (2025). Studi Kinerja Transmisi Data Menggunakan ESP32 dan Raspberry Pi Pico Berbasis Simulasi Wokwi. *Journal Zetroem*, 7(1), 80–87. <https://doi.org/10.36526/ztr.v7i1.5102>
- Internet, B., Menggunakan, I., Sholeha, D., Rezeki, N. S., Sinaga, J., & Tarigan, K. (2025). *Impression : Jurnal Teknologi dan Informasi Penerapan Media Pembelajaran Sistem Monitoring Energi Listrik*. 4(3).



- Juliarto, M., Dani, A., & Aditama, F. (2025). *Perancangan IOT Pendeteksi Kebocoran Gas pada Rumah Pintar Sederhana Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Berbasis Arduino dengan Platform BLYNK*. 10(2), 8–15.
- Jurnal, J., Teknik, I., Komputer, E., Mulwinda, A., Sunarko, B., Defi, R., Putri, M., Suryanto, A., & Puspitasari, D. (2000). *Pengujian Kinerja Sistem Pendeteksi Kebocoran Kompor Gas LPG Berbasis Internet of Things pada Kondisi Lingkungan yang Berbeda*. 1–10.
- Landi, E., Parri, L., Baldo, D., Parrino, S., Vatansever, T., Fort, A., Mugnaini, M., & Vignoli, V. (2025). Reliability and Performance Evaluation of IoT-Based Gas Leakage Detection Systems for Residential Environments. *Electronics (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/electronics14193798>
- Ma'rifattulloh, A. J. R. (2024). Implementasi Sistem Pengawasan dan Pengendalian Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things (IoT) di Hortikultura. *Jurnal Ilmiah Sain Dan Teknologi*, 2(8), 196–202.
- Maesyarah, A., & Marcos, H. (2025). Perancangan Prototipe Deteksi Kebocoran Gas dengan Sensor MQ2 dan NodeMCU ESP8266. *Infotekmesin*, 16(2), 465–470. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v16i2.2595>
- Muhammad, R. (2024). Innovation in Iot-Based Room Security and Monitoring: Simulation Using Wokwi and Blynk. *JOCSIT .: Journal of Collaborative Science and Informatics Technology*, 1(1), 77–82. <https://journal.artachair.com/index.php/JOCSIT/article/view/13>
- Pendidikan, J. (2024). *Cendikia Cendikia*. 2(3), 454–474.
- Pradhana, C., & Martha F, I. (2026). Simulation of IR-Based Remote Control on a Multisensor Mikrocontroller System for Environmental Monitoring Using Wokwi. *ICoBITS*, 1, 491–496. <https://doi.org/10.32664/icobits.v1.122>
- Putra, F. P. E., Mahmud, M. A., & Maqom, I. S. (2024). Pengembangan Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis Internet of Things (IoT) di Kampus. *Digital Transformation Technology*, 3(2), 996–1001. <https://doi.org/10.47709/digitech.v3i2.3457>
- Rahayu, N., & Pagarra, H. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Untuk Meningkatkan Keaktifan Peserta didik Dalam Pembelajaran. *Pinisi Journal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 4(2), 502. <https://doi.org/10.70713/pjp.v4i2.57656%0Ahttp://ojs.unm.ac.id/pjp/article/viewFile/57656/27981>
- Robertus, J., & Setiabudi, K. (2026). *Simulasi Numerik dan Implementasi Prototipe Sistem Pemantauan Suhu Tubuh Real-Time Berbasis ESP32-MQTT pada Simulator Wokwi*. 01.
- Siti Khodijah Lubis, S. S. (2023). Ptk dan pendidikan. *Ptk Dan Pendidikan*, 9(1), 59–73. <https://doi.org/10.18592/ptk>.
- Sitorus, D. P., Apdillah, D., Rizki, F. F., & Fauzan, M. (2026). *Rancang Bangun Sistem Deteksi Tabung Gas LPG Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32*. 4(4), 22077–22080.
- Tundo, Sodik, Setiawan, K., & Aula, R. F. (2024). Penerapan IoT dengan Algoritma Fuzzy dan Mikrokontroler ESP32 dalam Monitoring Penyiraman. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 5(3), 2915–2924. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i3.977>
- Zalukhu, F. P. J., Bulolo, Y., Mendrofa, M. S. P., & Hulu, P. E. (2024). The Effect of Implementing A Project-Based Learning Model on Critical Thinking Skills. *Journal of Social Science Utilizing Technology*, 2(2), 250–256. <https://doi.org/10.70177/jssut.v2i2.1080>