

# Pengembangan *Smart System* Monitoring Dan Penanganan Kebocoran Gas Lpg Berbasis *Internet Of Things*

<sup>1</sup>Stela Juni Mawardani, <sup>2</sup>Kustanto, <sup>3</sup>Sri Widoretno

<sup>123</sup> Teknik Elektro, Universitas Islam Balitar Blitar

E-mail: <sup>1</sup>[stelajuni03@gmail.com](mailto:stelajuni03@gmail.com), <sup>2</sup>[kustantoukas@unisbablitar.ac.id](mailto:kustantoukas@unisbablitar.ac.id), <sup>3</sup>[swretno@gmail.com](mailto:swretno@gmail.com)

Penulis Korespondens : Stela Juni Mawardani

**Abstrak**— Penggunaan gas LPG 3 kg sangat umum di rumah tangga Indonesia, namun kebocoran gas dan kebakaran tetap menjadi risiko serius. Penelitian ini bertujuan merancang sistem deteksi dini berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kebocoran gas dan keberadaan api secara *real-time*. Sistem menggunakan sensor gas MQ-5 dan sensor api KY-026 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32, buzzer, motor servo, serta tampilan OLED. Data sensor ditampilkan melalui *dashboard* berbasis *web* dan notifikasi dikirim otomatis melalui email. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi gas secara optimal pada detik ke-2 dengan rata-rata 1159,86 ppm dan kembali stabil pada detik ke-5. Sensor api menunjukkan nilai deteksi konstan mulai detik ke-3. Sistem juga berhasil mengaktifkan *alarm*, membuka valve regulator secara otomatis, serta mengirim peringatan email kepada pengguna. Sistem ini terbukti efektif meningkatkan keselamatan rumah tangga dan industri kecil terhadap risiko kebakaran akibat kebocoran gas.

**Kata Kunci**— Gas LPG, IoT, Sensor MQ-5, KY-026, Sistem Otomatis, Notifikasi *Real-time*

**Abstract**— The use of 3 kg LPG is widespread in Indonesian households, but gas leaks and fires remain serious safety threats. This study aims to design an early detection system based on the *Internet of Things* (IoT) to monitor gas leaks and fire hazards in real time. The system integrates an MQ-5 gas sensor and KY-026 flame sensor with an ESP32 microcontroller, buzzer, servo motor, and OLED display. Sensor data is displayed on a web-based dashboard, and notifications are automatically sent via email. Testing results show that the system optimally detects gas in the second second with an average reading of 1159.86 ppm, stabilizing by the fifth second. The flame sensor consistently detected fire starting from the third second. The system successfully activated alarms, opened the gas valve automatically, and sent warning emails to users. This IoT-based solution proves to be effective in enhancing household and small industry safety against gas leak and fire risks.

**Keywords**— LPG, IoT, MQ-5 Sensor, KY-026, Automatic System, Real-Time Notification

This is an open access article under the CC BY-SA License.



## I. PENDAHULUAN

Gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) berkapasitas 3 kg telah menjadi bahan bakar utama dalam kegiatan rumah tangga di Indonesia karena harganya yang terjangkau dan mudah diakses oleh

masyarakat luas [1]. Data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2024) menyebutkan bahwa hingga April 2024, sekitar 86% dari 41,8 juta pengguna terdaftar subsidi tepat LPG berasal dari sektor rumah tangga. Namun demikian, penggunaan gas LPG juga memiliki potensi risiko besar jika terjadi kebocoran, yang dapat mengakibatkan kebakaran atau bahkan ledakan. Ancaman ini semakin serius di lingkungan padat penduduk dan industri rumahan, di mana sistem keamanan umumnya belum memadai, serta minimnya sistem peringatan dini yang dapat memberikan respons otomatis terhadap kondisi berbahaya.

Berdasarkan data Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Provinsi DKI Jakarta (2024), kebakaran akibat kebocoran gas menempati posisi signifikan dalam jumlah kejadian, dengan 25 kasus pada 2021, meningkat menjadi 40 kasus pada 2022, dan menurun menjadi 27 kasus pada 2023. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa bahaya kebocoran gas masih menjadi masalah nyata di masyarakat, dan penanganan yang hanya mengandalkan deteksi manual belum cukup efektif. Oleh karena itu, diperlukan sistem teknologi yang dapat memberikan deteksi awal yang cepat, akurat, dan otomatis, sekaligus memungkinkan penanganan dini untuk mencegah risiko yang lebih besar [2].

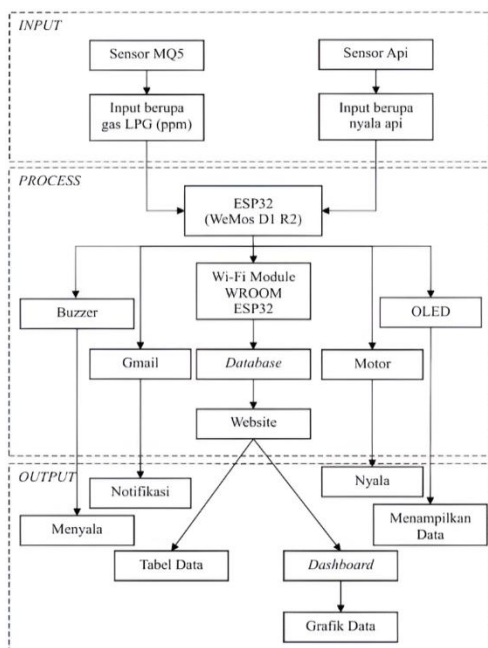
Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pendeteksi kebocoran gas. Salah satu penelitian merancang prototipe detektor kebocoran LPG berbasis Arduino yang mengandalkan sistem *call gateway* sebagai peringatan [3]. Sementara itu, penelitian lain mengembangkan aplikasi pendeteksi gas berbasis ESP32 yang memberikan peringatan dini kepada pengguna rumah tangga [4]. Penggunaan sensor MQ-5 juga telah dibahas secara komprehensif dalam penelitian lain, yang menunjukkan efektivitasnya dalam mengidentifikasi konsentrasi gas LPG [5]. Meskipun begitu, sebagian besar sistem tersebut masih bersifat satu arah dan belum sepenuhnya menggabungkan kemampuan otomatisasi tindakan serta monitoring *real-time* yang terintegrasi dengan sistem notifikasi berbasis Internet.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pendeteksi kebocoran dan kebakaran gas LPG berbasis *Internet of Things* (IoT), dengan memanfaatkan sensor MQ-5 dan sensor api (*flame sensor KY-026*). Alat ini terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengirimkan data secara *real-time* ke *server* dan memberikan notifikasi *email*. Selain itu, sistem ini mampu memicu aksi otomatis untuk membuka *valve* regulator menggunakan motor servo dan peringatan *buzzer* jika terjadi kebocoran gas atau api. Tujuan umum penelitian ini adalah untuk meningkatkan sistem keselamatan rumah tangga dan industri kecil melalui penerapan teknologi IoT. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan perangkat pendeteksi kebocoran gas dan api secara otomatis, menganalisis respons sensor terhadap variasi jarak dan waktu deteksi, serta mengevaluasi penempatan alat berdasarkan hasil pengujian di lingkungan tertutup. Dengan sistem monitoring dan kendali otomatis berbasis IoT ini, diharapkan potensi kerugian akibat kebocoran gas LPG dapat dikurangi secara signifikan [7]. Selain menawarkan efisiensi dalam pencegahan kebakaran, pendekatan ini juga memungkinkan masyarakat untuk melakukan pemantauan dari jarak jauh secara *real-time* [4]. Secara umum, penelitian ini diarahkan untuk meningkatkan keselamatan rumah tangga dan industri kecil melalui penerapan teknologi IoT yang komprehensif. Secara khusus, ruang lingkup penelitian mencakup:

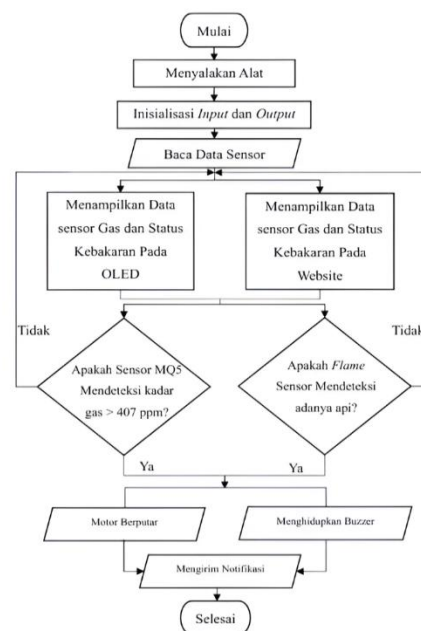
## II. METODE

Penelitian ini merupakan eksperimen terapan dengan pendekatan kualitatif deskriptif untuk merancang sistem deteksi dini kebocoran gas LPG dan kebakaran berbasis IoT. Sistem menggunakan sensor MQ-5 dan flame sensor yang terintegrasi dengan ESP32, buzzer, OLED, motor servo, dan web server untuk notifikasi real-time, guna mengkaji kinerja sistem secara mendalam [8]. Pengambilan data dilakukan dengan mencatat nilai sensor dan waktu aktivasi alarm pada berbagai jarak. Setelah studi literatur, sistem dirancang menggunakan ESP32, sensor MQ-5, flame sensor, serta dashboard Laravel dengan notifikasi email. Pengujian simulasi kebocoran dan api dianalisis berdasarkan akurasi, waktu respon, dan efektivitas aktuator.

Alat yang digunakan meliputi laptop, Arduino IDE, VS Code, Postman, *software* Laragon dan *framework* Laravel untuk *backend*. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari: ESP32 DevKit V1 sebagai pengendali utama, sensor MQ-5 untuk deteksi gas, *flame* sensor untuk deteksi api, OLED sebagai tampilan lokal, buzzer untuk alarm, serta motor servo untuk membuka regulator [9] [10]. Desain penelitian ini menekankan pada pengamatan langsung dan interpretasi terhadap respons sistem dalam berbagai kondisi, seperti variasi jarak sensor terhadap sumber gas dan api, untuk memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai perilaku sistem dalam konteks nyata.



Gambar 2.1 Flowchart Penelitian



Gambar 2.2 Flowchart Pengujian Alat

Sistem deteksi kebocoran gas LPG dan kebakaran ini terdiri dari tiga komponen utama yaitu, *input*, *proses*, dan *output*. Input berupa data dari sensor MQ-5 dan *flame* sensor yang mendeteksi konsentrasi gas dan keberadaan api, kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32. Pada tahap proses, ESP32 membandingkan data dengan ambang batas yang telah ditentukan, jika terdeteksi kondisi berbahaya, maka sistem akan mengaktifkan *buzzer*, menggerakkan motor servo, menampilkan data pada OLED, serta mengirimkan data ke *database* MySQL melalui WiFi. Data ini ditampilkan secara *real-time* pada *website* monitoring berbasis Laravel dan notifikasi

peringatan dikirim otomatis melalui *email*. Output sistem mencakup aktivasi *alarm*, mekanisme pengamanan, tampilan lokal, pemantauan daring, dan notifikasi *email* sebagai respons cepat terhadap potensi kebakaran atau kebocoran gas.

Sistem deteksi kebocoran gas LPG dan kebakaran berbasis IoT ini bekerja secara otomatis dan real-time menggunakan mikrokontroler ESP32. Saat alat dinyalakan, seluruh komponen seperti sensor MQ-5, sensor *flame*, motor servo, *buzzer*, OLED, dan modul Wi-Fi diinisialisasi. Sensor MQ-5 mendeteksi kadar gas LPG, sementara sensor *flame* mendeteksi nyala api, dengan data ditampilkan di OLED dan dikirim ke *website* monitoring. Jika kadar gas melebihi 407 ppm, motor servo diaktifkan dan notifikasi dikirim; jika terdeteksi api, *buzzer* menyala dan notifikasi juga dikirim. Sistem terus membaca data secara berkala dalam satu siklus berulang, memungkinkan deteksi dini dan pemantauan jarak jauh secara efektif.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sistem deteksi dini kebocoran gas LPG dan kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bekerja secara otomatis, *real-time*, dan memberikan notifikasi jarak jauh melalui *website* serta *email*. Hasil utama yang diperoleh dari pengujian sistem dijabarkan sebagai berikut:

#### 1. Kinerja Deteksi Sensor Gas MQ-5

Sistem berhasil mendeteksi kebocoran gas LPG dengan ambang batas 407 ppm. Pengujian menunjukkan:

- Detik ke-1: sensor mulai merespons dengan nilai rata-rata 211,37 ppm.
- Detik ke-2: terjadi lonjakan tajam hingga 1159,86 ppm.
- Detik ke-3 hingga ke-5: nilai menurun bertahap menjadi 54,14 ppm, menandakan kondisi kembali aman.

Efektivitas deteksi terbaik terjadi pada jarak 1–16 cm dari sumber gas. Pada jarak 17 cm ke atas, sensor tidak lagi mendeteksi secara signifikan (rata-rata hanya  $\pm 80$  ppm), sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak optimal sensor berada dalam rentang 1–16 cm.

#### 2. Kinerja Deteksi Sensor Api KY-026

Sensor api diuji selama 5 detik:

- Detik ke-1: nilai rata-rata 0,71 menandakan awal respons terhadap api.
- Detik ke-2: terjadi sedikit fluktuasi menjadi 0,29.
- Detik ke-3 hingga ke-5: nilai konstan di angka 1, menunjukkan deteksi api yang stabil dan akurat.

Artinya, sensor KY-026 memerlukan waktu sekitar 2 detik untuk mencapai kinerja optimal dan dapat digunakan secara andal di lingkungan indoor.

#### 3. Respons Otomatis Sistem

Ketika ambang batas gas atau api terdeteksi, sistem merespons secara otomatis dengan:

- Mengaktifkan *buzzer* sebagai *alarm* suara.
- Menggerakkan motor servo untuk membuka *valve* regulator gas.
- Mengirim notifikasi *email* berisi peringatan dan instruksi ke pengguna.

Pengujian menunjukkan bahwa ketiga respons ini berjalan serempak dalam waktu kurang dari 5 detik sejak deteksi awal.

#### 4. Sistem Monitoring *Real-Time*

Sistem mengirimkan data ke server menggunakan protokol *HTTP POST* dan *GET*, ditampilkan pada *dashboard website* dalam bentuk:

- Grafik kadar gas (ppm) terhadap waktu.
- Tabel status api (0 = Aman, 1 = Api terdeteksi) lengkap dengan *timestamp*.

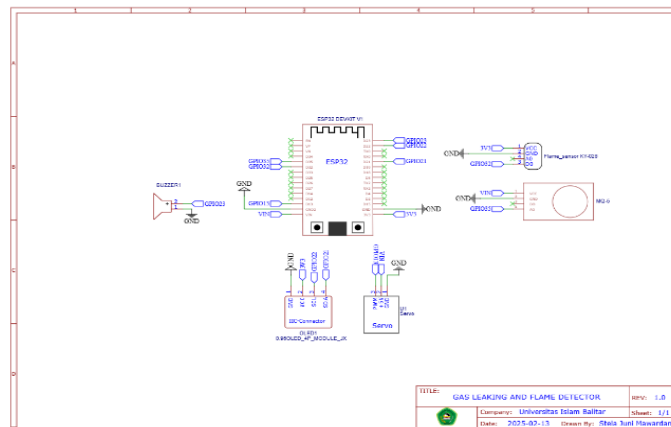
Semua proses berlangsung secara otomatis dan tanpa intervensi manual, membuktikan bahwa sistem mampu bekerja secara *real-time* dan konsisten.

##### 5. Efektivitas dan Keunggulan Sistem

Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem:

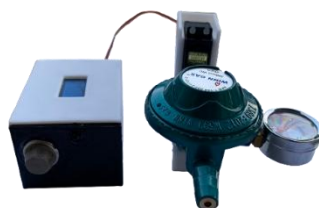
- Efektif dalam memberikan deteksi dan respons cepat terhadap potensi bahaya.
- Memiliki keunggulan dibanding penelitian terdahulu karena mampu melakukan tindakan langsung seperti pemutusan aliran gas, bukan hanya memberikan peringatan.
- Mendukung keselamatan pengguna di lingkungan rumah tangga, industri kecil, atau ruang tertutup berisiko tinggi.

Hasil penelitian ini menghasilkan sebuah sistem deteksi dini kebocoran gas LPG dan kebakaran berbasis *Internet of Things (IoT)* yang tidak hanya mampu melakukan monitoring lingkungan secara *real-time*, tetapi juga memberikan respons otomatis berupa pemutusan aliran gas dan peringatan suara. Sistem ini dirancang untuk beroperasi secara adaptif dalam ruang tertutup yang berisiko tinggi, seperti dapur rumah tangga dan ruangan produksi di industri kecil. Inovasi utama dari sistem ini terletak pada kemampuan integrasi antara deteksi otomatis, aksi mekanis terhadap sumber gas, dan notifikasi langsung ke pengguna.



Gambar 3.1 *Schematic Rangkaian*

Proses perancangan mencakup pembuatan rangkaian elektronik, perakitan alat di *breadboard*, dan desain *box* pelindung 3D printing. Sistem diintegrasikan dengan *web* monitoring *SmartFireAlert* yang menampilkan data sensor secara *real-time* dalam grafik dan tabel. Data dikirim melalui protokol *HTTP POST* dan *GET* ke *server* Laravel, dengan antarmuka berbasis HTML, CSS, dan *JavaScript*. Integrasi ini digunakan untuk pemantauan jarak jauh dan koneksi langsung antara sensor dan pengguna melalui *platform web*.



Gambar 3. 2 *Finishing Alat*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat merespons dengan cepat dan akurat terhadap keberadaan gas dan api, serta mengirimkan data ke *platform* monitoring secara *real-time*. Sistem berhasil mendeteksi kebocoran gas LPG dengan ambang batas 407 ppm menggunakan sensor MQ-5. Saat ambang terlampaui, *buzzer* aktif dan motor servo secara otomatis memutus aliran gas melalui *valve* regulator. Dengan demikian, sistem tidak hanya memberikan peringatan dini, tetapi juga merespons secara aktif untuk meningkatkan keselamatan dan meminimalkan risiko kebakaran.



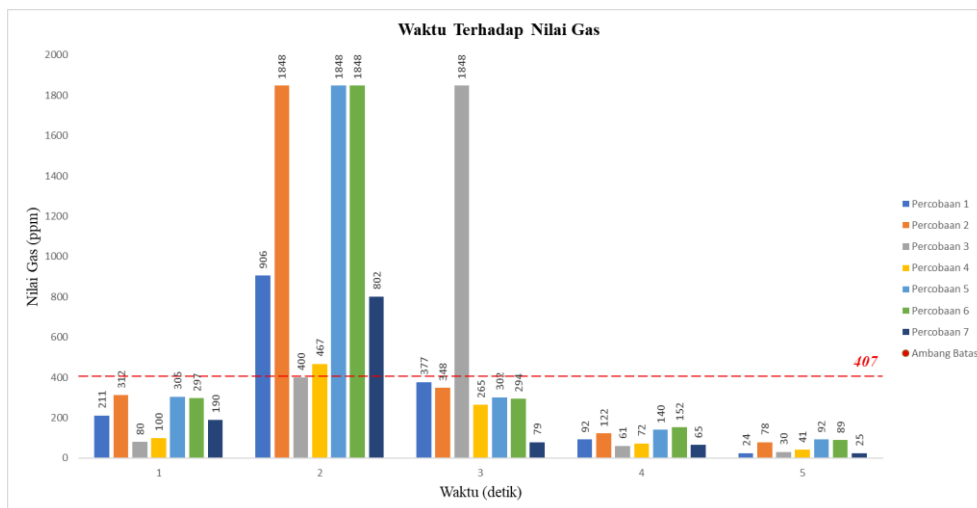
Gambar 3. 3 Pengambilan Data

Respon alat menunjukkan bahwa deteksi paling responsif terjadi saat sensor berada pada jarak dekat terhadap sumber gas, yaitu antara 1–16 cm. Dalam pengamatan visual terhadap data yang ditampilkan di OLED dan *website*, terlihat bahwa nilai gas meningkat tajam dalam hitungan detik saat uji kebocoran dilakukan, dan sistem segera memicu peringatan. Ini menunjukkan bahwa keakuratan sistem sangat bergantung pada penempatan sensor, dan validasi dilakukan melalui tabel dan grafik yang dikumpulkan dari hasil pengujian.

Tabel 3.2 Tabel Hasil Pengujian Sensor Gas dan Api

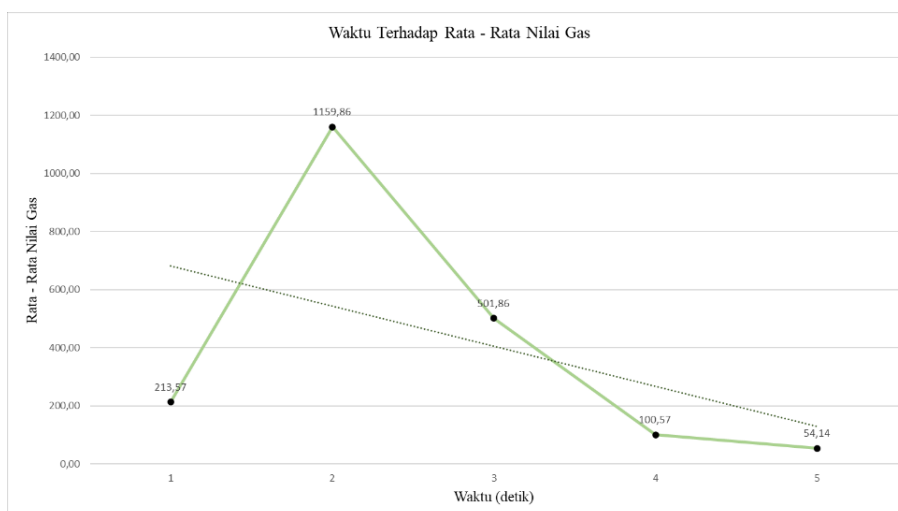
Jarak Sensor	Respon Sistem	Indikasi pada OLED & Web
1 – 16 cm	Buzzer ON, Servo Aktif	Nilai gas > 407 ppm Nilai api= 1
17 cm	Tidak Terdeteksi	Nilai rendah ( $\pm 80$ ppm) Nilai Api 0

Pengujian ini menunjukkan bahwa sistem dapat merespons dengan cepat dan akurat terhadap keberadaan gas dan api, serta mengirimkan data ke *platform* monitoring secara *real-time*. Sistem berhasil mendeteksi kebocoran gas LPG dengan ambang batas 407 ppm menggunakan sensor MQ-5. Saat ambang terlampaui, *buzzer* aktif dan motor servo secara otomatis memutus aliran gas melalui *valve* regulator. Dengan demikian, sistem tidak hanya memberikan peringatan dini, tetapi juga merespons secara aktif untuk meningkatkan keselamatan dan meminimalkan risiko kebakaran.



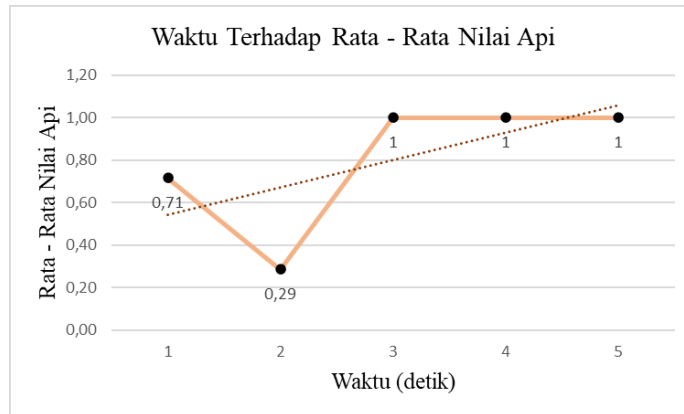
Gambar 3.4 Pengambilan Data

Pengujian sensor MQ-5 menunjukkan sensitivitas awal terhadap konsentrasi gas rendah (29–392 ppm), lalu melonjak tajam hingga 1848 ppm pada detik kedua. Nilai gas menurun drastis pada detik ketiga dan keempat, dan stabil di bawah ambang batas pada detik kelima. Hasil ini membuktikan bahwa sensor MQ-5 mampu mendeteksi dan merespons perubahan konsentrasi gas dengan cepat dan akurat.



Gambar 3. 5 Grafik Waktu Terhadap Nilai Gas

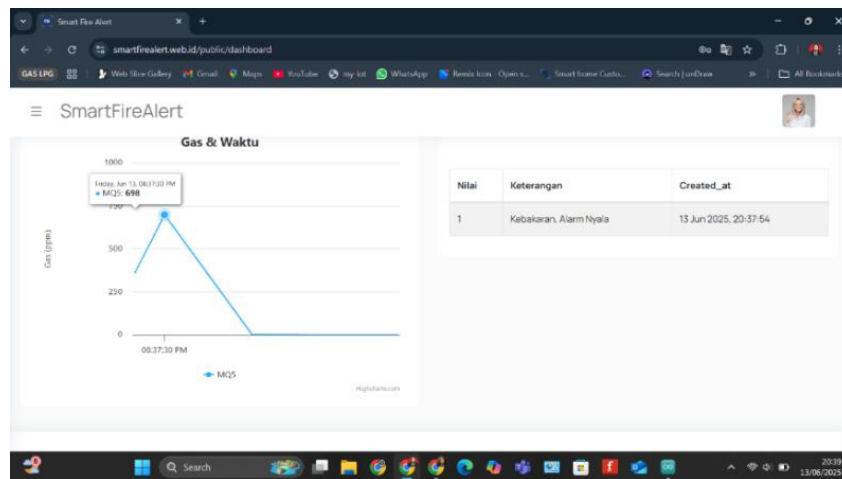
Pengujian sensor MQ-5 menunjukkan respons awal pada detik pertama dengan nilai 211,37 ppm, lalu melonjak tajam pada detik kedua hingga 1159,86 ppm. Nilai menurun menjadi 501,86 ppm di detik ketiga, 100,57 ppm di detik keempat, dan stabil di 54,14 ppm pada detik kelima. Pola ini membuktikan bahwa sensor MQ-5 efektif mendeteksi kebocoran gas secara cepat dan memungkinkan sistem merespons dengan efisien.



Gambar 3. 6 Grafik Waktu Terhadap Rata-Rata Nilai Api

Pengujian sensor api KY-026 menunjukkan bahwa deteksi mulai muncul pada detik pertama dengan nilai 0,71, lalu turun menjadi 0,29 di detik kedua akibat fluktuasi. Mulai detik ketiga hingga kelima, sensor menunjukkan kinerja stabil dengan nilai konstan 1, menandakan deteksi api yang akurat. Hasil ini membuktikan bahwa sensor membutuhkan 2–3 detik untuk mencapai performa optimal dalam kondisi lingkungan yang konstan.

Sistem *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan berhasil mengintegrasikan sensor MQ-5 dan KY-026 dengan mikrokontroler ESP32 untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time* melalui *web*. Data dikirim otomatis ke *server* Laravel dan ditampilkan dalam grafik kadar gas (ppm) serta status api (0 = Aman, 1 = Kebakaran) lengkap dengan *timestamp*. Seluruh proses berlangsung tanpa intervensi manual, membuktikan sistem bekerja secara konsisten dan *real-time*.

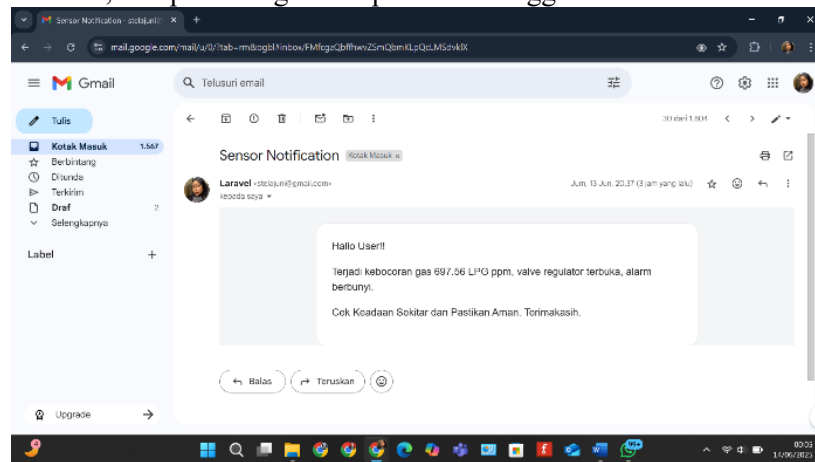


Gambar 3.7 Tampilan *Dashboard*

Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara *real-time* dengan membaca data sensor secara kontinu melalui ESP32, memprosesnya, dan mengirimkannya ke *server* via Wi-Fi untuk ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel di *website* monitoring. Saat terdeteksi kebocoran gas atau api, sistem secara otomatis mengaktifkan *buzzer*, membuka *valve* regulator, dan mengirim notifikasi *email* kepada pengguna. Sistem ini mengintegrasikan deteksi, notifikasi, dan



respons otomatis dalam satu *platform*, sehingga efektif meningkatkan keselamatan di rumah tangga, industri kecil, maupun ruang tertutup berisiko tinggi.



Gambar 3.8 Notifikasi *Gmail*

Sistem berbasis IoT membuktikan dengan memberikan solusi yang proaktif, otomatis, dan adaptif dalam mendeteksi ancaman kebakaran dan kebocoran gas. Dibandingkan dengan penelitian Agus dan Pranata, yang hanya memberikan sistem peringatan via panggilan [3]. Serta Tambunan dan Stefanie, yang berbasis notifikasi Telegram, sistem ini memberikan aksi langsung berupa pemutusan aliran gas meningkatkan aspek keselamatan secara nyata [6]. Penerapan IoT dalam konteks ini tidak hanya menawarkan kemudahan pemantauan jarak jauh, tetapi juga memungkinkan integrasi sistem dengan notifikasi *real-time* berbasis *web* dan *email*. Hal ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk integrasi dengan sistem pemadam api otomatis, sensor multi-gas, serta *cloud-based logging* untuk keperluan audit keamanan.

#### IV. KESIMPULAN

Perancangan sistem deteksi kebocoran dan kebakaran gas LPG berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor MQ-5 dan KY-026 berhasil memberikan deteksi dini secara *real-time*. Sensor gas mencapai deteksi optimal pada detik ke-2 dengan nilai 1159,86 ppm dan stabil kembali di detik ke-5 sebesar 54,14 ppm. Efektivitas deteksi gas paling baik pada jarak  $\leq 12$  cm, sedangkan sensor api menunjukkan deteksi stabil mulai detik ke-3 dengan nilai konstan 1, dan akurasi menurun pada jarak  $> 10$  cm. Sistem secara otomatis mengaktifkan *buzzer*, membuka *valve* regulator menggunakan motor servo, serta mengirim notifikasi email ke pengguna. Seluruh data ditampilkan secara *real-time* melalui *dashboard* berbasis *web*. Sistem ini berkontribusi pada peningkatan keselamatan rumah tangga dan industri kecil melalui pemantauan dan respons otomatis. Disarankan sensor api digunakan di area *indoor* untuk menghindari gangguan cahaya, serta penyesuaian posisi motor servo terhadap regulator untuk mencegah kerusakan dan potensi kebocoran lainnya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Islam Balitar atas segala dukungan fasilitas, bimbingan akademik, serta kesempatan yang telah diberikan dalam menyelesaikan

penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada Dosen Pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan masukan, saran, serta motivasi selama penyusunan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Hidayat, S. Hidayat, N. A. Pramono, and U. Nadirah, "Sistem Deteksi Kebocoran Gas Sederhana Berbasis Arduino Uno," *Rekayasa*, vol. 13, no. 2, pp. 181–186, 2020, doi: [10.21107/rekayasa.v13i2.6737](https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i2.6737)
- [2] M. A. Zamzak, I. W. Sudiarsa, and I. D. P. G. W. Putra, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Secara Portable pada Distributor Gas Rumah Tangga," *J. Kendali Tek. dan Sains*, vol. 1, no. 3, pp. 215–227, 2023, doi: [10.59581/jkts-widyakarya.v1i3.1058](https://doi.org/10.59581/jkts-widyakarya.v1i3.1058)
- [3] D. Agus and D. Pranata, "Prototype Sistem Pendeteksi Kebocoran Liquified Petroleum Gas Berbasis Arduino Dan Call Gateway," *Ubiquitous Comput. its Appl. J.*, vol. 2, pp. 11–20, 2019, doi: [10.51804/ucaiaj.v2i1.11-20](https://doi.org/10.51804/ucaiaj.v2i1.11-20)
- [4] E. S. Dasawati and W. J. Tanumihardja, "Aplikasi Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG untuk Rumah Tangga dengan Modul NodeMCU ESP32," *J. Inform. dan Bisnis*, vol. 13, no. 1, pp. 22–36, 2024, doi: [10.46806/jib.v13i1.1148](https://doi.org/10.46806/jib.v13i1.1148)
- [5] L. Khakim and I. Afriliana, "Analisis Kinerja MQ2 dan MQ5 pada Alat Proteksi Kebocoran LPG Rumah Tangga," *Smart Comp Jurnalnya Orang Pint. Komput.*, vol. 11, no. 4, pp. 730–738, 2022, doi: [10.30591/smartcomp.v11i4.3956](https://doi.org/10.30591/smartcomp.v11i4.3956)
- [6] S. Tambunan and A. Stefanie, "Monitoring Kebocoran Gas Lpg Menggunakan Sensor Mq-2 Pada Rumah Dengan Notifikasi Bot Telegram," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 1423–1228, 2023, doi: [10.36040/jati.v7i2.6815](https://doi.org/10.36040/jati.v7i2.6815)
- [7] Dewi Murniati, "Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dalam Mewujudkan Zero Accident," *CEMERLANG J. Manaj. dan Ekon. Bisnis*, vol. 2, no. 4, pp. 300–308, 2022, doi: [10.55606/cemerlang.v2i4.2798](https://doi.org/10.55606/cemerlang.v2i4.2798)
- [8] O. Vermesan *et al.*, "Internet of Things strategic research and innovation Agenda," *Internet Things Appl. From Res. Innov. to Mark. Deploy.*, pp. 7–142, 2014, doi: [10.1201/9781003338659-2](https://doi.org/10.1201/9781003338659-2)
- [9] L. B. Setyawan, "Prinsip Kerja dan Teknologi OLED," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 16, no. 02, pp. 121–132, 2017, doi: [10.31358/techne.v16i02.165](https://doi.org/10.31358/techne.v16i02.165)
- [10] F. Sinlae, E. Irwanda, Z. Maulana, and V. E. Syahputra, "Penggunaan Framework Laravel dalam Membangun Aplikasi Website Berbasis PHP," *J. Siber Multi Disiplin*, vol. 2, no. 2, pp. 119–132, 2024, doi: [10.38035/jsmd.v2i2.186](https://doi.org/10.38035/jsmd.v2i2.186)