Sistem Pemantauan dan Mitigasi Kebocoran Gas Berbasis IoT Menggunakan ESP32 pada Dapur Komersial

Muhammad Abdurrahman Hassan [*1], Agustono Heriadi[2]

[1,2]Program Studi Teknik Elektronika Kampus Kediri, Politeknik Negeri Malang, Indonesia
Email: [1]muhammadabdurrahmanhassan77@gmail.com

Nomor Handphone : 0895397754092

Abstrak

Keamanan dapur yang digunakan untuk usaha sangat berisiko karena bisa terjadi kebocoran gas LPG dan asap, terutama jika hanya mengandalkan pengawasan secara manual saat jam kerja bergilir. Penelitian ini bertujuan membuat dan menerapkan sistem untuk memantau serta mengatasi kebocoran gas secara aktif menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan sensor gas MQ-6, sensor asap MQ-2, serta motor servo TD8120MG sebagai perangkat mekanik yang menggerakkan sistem. Berbeda dengan alat deteksi gas biasa, sistem ini bisa memutuskan sendiri kunci pengatur gas secara otomatis sebagai langkah pencegahan. Sistem beroperasi dengan metode verifikasi dua tahap, dan batas kritis ditetapkan pada 200 PPM. Sistem akan memberi peringatan waspada selama 5 detik pertama, lalu melakukan tindakan mitigasi secara fisik pada 10 detik berikutnya. Pemantauan jarak jauh dilakukan dengan menggunakan aplikasi Android berbasis *Flutter* yang terhubung ke *Firebase Realtime Database*. Aplikasi ini digunakan untuk mengelola aliran data dari sensor secara langsung dan mencatat semua peristiwa yang terjadi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi kebocoran secara akurat dan memberikan respons cepat, dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan notifikasi ke aplikasi sebesar 3,02 detik. Secara keseluruhan, integrasi sensor dan aktuator berbasis *IoT* ini berhasil memberikan solusi keamanan yang lengkap, bukan hanya memberi peringatan saja, tetapi juga melakukan upaya pencegahan nyata terhadap bahaya kebakaran di dapur bisnis.

Kata kunci: esp32, firebase, *Internet of Things*, kebocoran gas, mitigasi aktif

Abstract

Commercial kitchen safety is at risk from gas LPG leaks and smoke, especially when only manual monitoring is used during shift work. This study aims to design and implement an active gas leak monitoring and mitigation system based on the Internet of Things (IoT). This system is built using an ESP32 microcontroller that is connected to a gas sensor MQ-6, a smoke sensor MQ-2, and a servo motor TD8120MG as the mechanical actuator. Unlike traditional gas detectors, this system offers active mitigation by automatically cutting off the gas regulator valve. The system operates using a two-step verification logic with a crisis threshold set at 200 PPM. The system will put the system on alert for the first 5 seconds and then carry out physical mitigation after that next 10 seconds. Remote monitoring is done using an Android app built with Flutter, which is connected to Firebase Realtime Database to manage sensor data flow in real time and record event history. Test results show that the system can accurately detect leaks and respond quickly, with an average notification delivery time to the app of 3.02 seconds. In conclusion, the integration of IoT-based sensors and actuators has provided a comprehensive security solution. It not only alerts passively but also takes real action to prevent fire risks in commercial kitchens.

Keywords: ***active mitigation, esp32, firebase, gas leak, Internet of Things***.

This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Penggunaan gas *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) di sektor industri makanan dan minuman, terutama di dapur komersial, berisiko tinggi terhadap kebocoran yang bisa menyebabkan kebakaran. Sistem pengawasan di dapur yang beroperasi secara komersial biasanya masih menggunakan cara pemeriksaan secara manual oleh tenaga kerja. Keterbatasan pengawasan ini bisa menjadi sangat berisiko saat terjadi pergantian *shift* kerja atau ketika dapur tidak ada yang mengawasinya. Oleh karena itu,

dibutuhkan sistem pemantauan awal yang bisa berjalan sendiri dan merespons situasi darurat secara cepat.

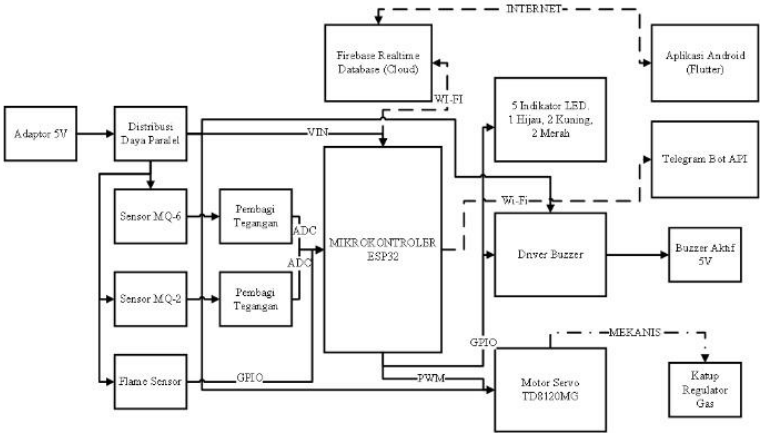
Beberapa penelitian sebelumnya sudah membuat desain awal alat deteksi gas yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Penelitian oleh Irgian dan Rozi [1] menerapkan sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis IoT yang menggunakan bot Telegram untuk mengirim notifikasi. Namun, sistem tersebut bersifat pasif karena tidak memiliki tindakan pencegahan fisik terhadap sumber kebocoran. Penelitian lain oleh Pangestu dan Umar [2] telah lebih maju dengan menggabungkan kontrol servo otomatis sebagai aktuator mekanis serta fitur notifikasi melalui Telegram. Meski demikian, penggunaan platform pesan pihak ketiga memiliki batasan dalam menampilkan data aliran sensor secara langsung dan mencatat riwayat yang teratur untuk evaluasi keamanan industri. Di sisi lain, penggunaan framework Flutter terbukti efektif dalam membuat aplikasi pemantauan IoT berbasis mobile yang responsif dan interaktif [3].

Untuk mengatasi celah dalam penelitian sebelumnya, penelitian ini menawarkan pengembangan model awal detektor gas yang cerdas, menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terpadu dengan sensor gas MQ-6 dan sensor asap MQ-2. Keunikan dari sistem ini terdapat pada gabungan antara mitigasi mekanis aktif menggunakan motor servo TD8120MG—yang dirancang untuk memutar tuas pengatur gas secara otomatis saat konsentrasi gas mencapai batas kritis 200 PPM—dengan sistem pemantauan yang bekerja mandiri. Seluruh data yang mengalir dikelola secara langsung dalam waktu nyata menggunakan Firebase Realtime Database dan diakses melalui aplikasi Android yang menggunakan Flutter. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keterlambatan dalam pengiriman data dan tingkat keandalan sistem mekanis mitigasi yang digunakan untuk mencegah kebakaran di dapur komersial secara menyeluruh.

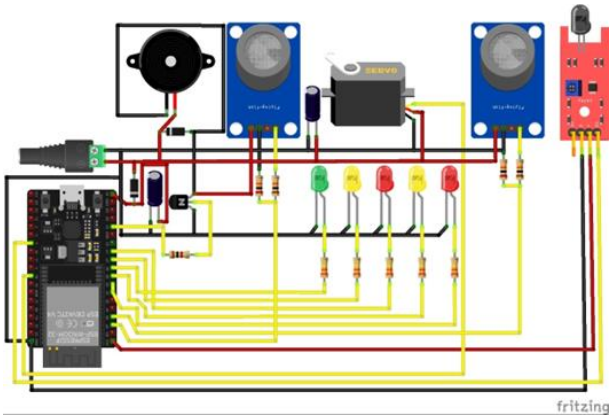
2. METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah dalam merancang sistem, mulai dari desain komponen fisik, cara kerja algoritma kontrol, sampai pembuatan antarmuka aplikasi untuk memantau secara jarak jauh.

2.1 Arsitektur Perangkat Keras



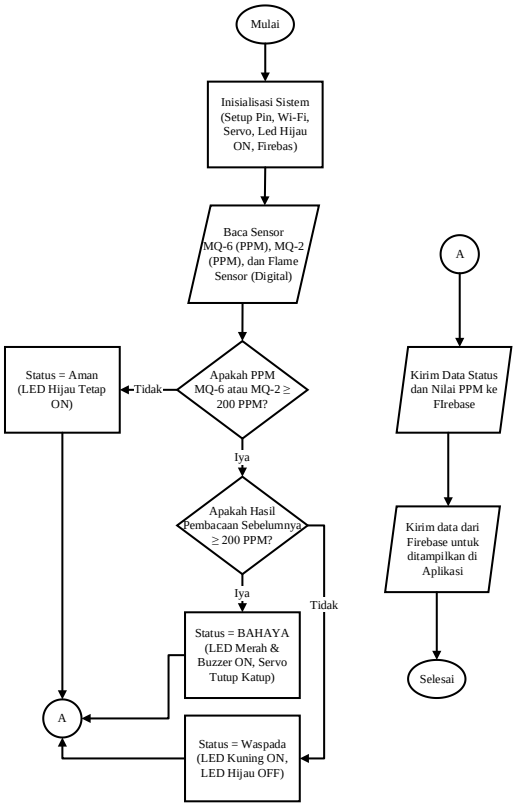
Gambar 1 Diagram Blok Sistem



Gambar 2 Skematik Rangkaian Perangkat Keras

Sistem diatur oleh mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke modul Firebase Realtime Database melalui jaringan Wi-Fi. Distribusi daya dilakukan menggunakan adaptor 5 volt yang mengalir secara paralel ke semua komponen. Sensor gas MQ-6 dan sensor asap MQ-2 terhubung ke pin ADC melalui rangkaian pembagi tegangan, sedangkan sensor api terhubung melalui pin digital (GPIO). Motor servo TD8120MG berfungsi sebagai aktuator untuk mengurangi dampak, dan dikendalikan oleh sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) agar bisa menggerakkan tuas katup regulator gas. Untuk menjaga agar mikrokontroler tetap stabil meskipun terjadi penurunan tegangan saat servo bekerja dengan beban mekanis, jalur listrik yang memberi daya ke servo dipisahkan secara paralel dan dilengkapi dengan kapasitor sebagai filter. Indikator visual dan audio disediakan dengan tiga LED berwarna (Hijau, Kuning, Merah) serta *buzzer* 5V yang dikelola oleh rangkaian transistor *driver*.

2.2 Alur Kerja Sistem

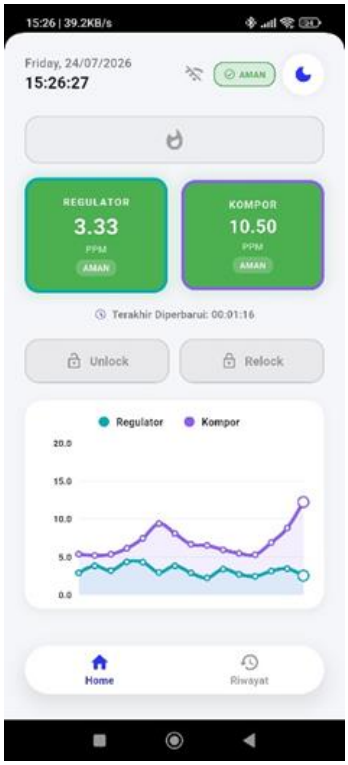


Gambar 3 Flowchart Logika Deteksi dan Mitigasi

Sistem berjalan berdasarkan prinsip verifikasi dua tahap untuk mencegah terjadinya tindakan salah akibat alarm palsu. Pada awal pemrograman, ESP32 menghubungkan perangkat ke jaringan Wi-Fi dan menyetel posisi awal servo ke kondisi terbuka dengan mengaktifkan LED hijau. Selanjutnya, sistem akan membaca nilai kadar gas dalam satuan *Part Per Million* (PPM).

Ambang batas krisis ditentukan dengan nilai 200 PPM. Jika sensor mendeteksi angka ≥ 200 PPM pada pengukuran pertama, sistem tidak langsung menutup katup, tetapi beralih ke status "Waspada" dengan LED kuning yang menyala. Jika pada siklus pembacaan berikutnya nilai tetap ada di atas atau sama dengan 200 PPM, sistem akan meningkatkan status menjadi "Bahaya". Dalam situasi ini, aktuator secara otomatis menutup katup pengatur gas, mengaktifkan peringatan berupa lampu LED merah dan suara *buzzer*, serta mengirimkan semua informasi status dan nilai metrik ke database *cloud*.

2.3 Antarmuka Aplikasi Pemantauan



Gambar 4 Antarmuka Pengguna Aplikasi Mobile

Aplikasi pemantauan jarak jauh dibuat dengan menggunakan Flutter, dan mengambil data secara bersamaan dari Firebase. Halaman utama antarmuka (UI) menampilkan informasi yang lengkap, seperti indikator status keamanan secara keseluruhan (misalnya: "Aman"), pemantauan metrik PPM yang spesifik untuk area "Regulator" dan "Kompor", serta indikator deteksi api. Aplikasi ini juga menampilkan grafik garis berdasarkan waktu yang menunjukkan tren pembacaan kedua sensor gas secara historis, sehingga memudahkan analisis dan evaluasi keamanan. Ada juga tombol kontrol *Unlock* dan *Relock* yang memungkinkan pengguna mengambil alih kendali motor servo secara manual dari jarak jauh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan ini menjelaskan tentang hasil penelitian serta pembahasan atau analisis dari hasil tersebut.

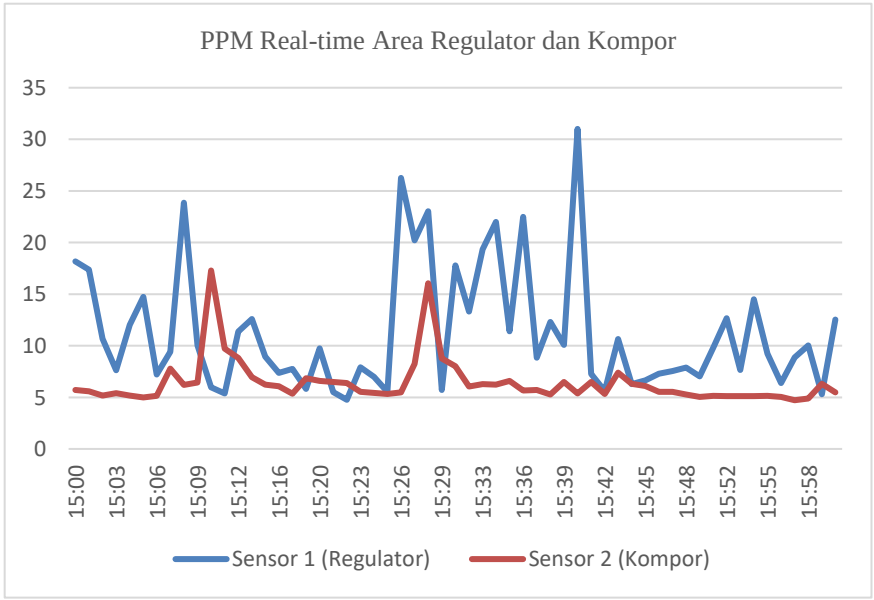
3.1 Implementasi Perangkat Keras

Purwarupa sistem pelindung dipasang langsung di tabung gas LPG. Modul kontrol utama beserta indikator LED dan *buzzer* ditempatkan di bagian depan *casing* agar mudah dilihat secara visual. Sementara itu, aktuator motor servo diletakkan tepat di atas regulator gas, sehingga lengan mekanisnya mampu memutar tuas pengunci secara akurat ketika terjadi peningkatan status darurat.



Gambar 5 Implementasi Perangkat Keras Tampak Depan dan Atas

3.2 Pengujian Sensor dan Pemantauan *Real-time*



Gambar 6 Grafik PPM *Real-time* Area Regulator dan Kompor

Pengujian pembacaan sensor dilakukan agar bisa mengawasi perubahan konsentrasi gas di sekitar area regulator dan kompor secara langsung dan terus-menerus. Berdasarkan grafik pengamatan, konsentrasi gas dalam kondisi kerja normal biasanya berada di bawah 15 PPM. Meskipun ada beberapa kali peningkatan data hingga mendekati 30 PPM, sistem tidak memberi alarm palsu karena nilai tersebut masih jauh di bawah batas kritis 200 PPM.

3.3 Keandalan Mitigasi Mekanis

Tabel 1 Pengujian Keandalan Mitigasi Mekanis

Waktu (Detik)	Fase / Kondisi	Pembacaan MQ-6 (PPM)	Status Sistem	Tindakan Aktuator (Servo)
t = 5	Sebelum Kebocoran (Normal)	6,20	AMAN (LED Hijau)	Posisi Normal (180°) - Aliran Gas Terbuka
t = 10	Saat Bocor (Gas Mulai Terdeteksi)	158,40	AMAN (LED Hijau)	Posisi Normal (180°) - Aliran Gas Terbuka
t = 15	Saat Bocor (Melewati Ambang 200 PPM)	315,20	WASPADA (LED Kuning)	Posisi Normal (180°) - Menunggu Verifikasi
t = 20	Mitigasi Aktif (Bocor Terkonfirmasi)	480,50	BAHAYA (LED Merah + *Buzzer*)	Katup Ditutup Paksa (0°) - Aliran Gas Terputus
t = 30	Setelah Mitigasi (Sisa Gas Mengendap)	150,30	BAHAYA (Terkunci / *Safety latch*)	Posisi Tertutup (0°) - Aliran Gas Terputus
t = 45	Setelah Mitigasi (Gas Menghilang / Terventilasi)	45,10	BAHAYA (Terkunci / *Safety latch*)	Posisi Tertutup (0°) - Aliran Gas Terputus
t = 60	Pemulihan Manual (Perintah *lock*)	8,20	AMAN (LED Hijau)	Posisi Normal (180°) - Aliran Gas Terbuka

Sistem verifikasi dua tahap diuji dengan mengarahkan gas langsung ke sensor. Pada menit ke-15, konsentrasi gas melampaui angka 315,20 PPM, sehingga status sistem berubah menjadi "WASPADA" (lampu LED kuning menyala) dan sistem menunggu konfirmasi. Pada detik ke-20, saat pembacaan mengonfirmasi kenaikan gas mencapai 480,50 PPM, sistem langsung mengubah status menjadi "BAHAYA". Pada tahap ini, motor servo berhasil menutup katup hingga posisi 0° sehingga aliran gas terputus.

3.4 Pengujian Latensi Jaringan

Tabel 2 Hasil Pengujian Latensi Jaringan

Percobaan Ke-	Waktu Aktuasi Hardware (T0)	Waktu Notifikasi Android (T1)	Waktu Latensi / Selisih (Detik)
1	12:14:18	12:14:21	3,00
2	12:20:10	12:20:12	2,85
3	12:25:30	12:25:33	3,20
4	12:30:45	12:30:47	2,90
5	12:35:15	12:35:18	3,15
Rata-rata			3,02

Pengujian waktu tunda dilakukan untuk mengetahui perbedaan waktu dari saat perintah dieksekusi di perangkat keras (T0) hingga notifikasi sampai di aplikasi Android (T1). Dari lima kali percobaan, sistem mencatat waktu latensi yang berbeda, mulai dari 2,85 detik sampai 3,20 detik, dan rata-rata waktu pengiriman adalah 3,02 detik. Semua pengiriman paket data berhasil tanpa ada yang gagal dalam proses pengiriman.

4. KESIMPULAN

Sistem pemantauan dan mitigasi kebocoran gas yang berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 telah berhasil dijalankan secara baik berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dan dapat memenuhi kebutuhan dapur komersial. Sistem ini terbukti mampu mengawasi perubahan kadar gas secara langsung dan mengirimkan datanya ke aplikasi berbasis Flutter dengan cepat dan efisien. Kinerja komunikasi data ini telah diverifikasi berdasarkan metrik latensi pengiriman yang sangat kecil, yaitu rata-rata 3,02 detik. Penggunaan algoritma verifikasi dua tahap dengan ambang batas krisis 200 PPM telah terbukti berhasil dalam membedakan kebocoran sebenarnya dari fluktuasi gas sisa pembakaran yang normal, sehingga sistem tidak mengaktifkan alarm palsu. Inovasi utama dalam penelitian ini adalah fitur mitigasi mekanis aktif yang bekerja dengan tingkat keandalan yang sangat baik. Aktuator motor servo TD8120MG secara otomatis merespons peningkatan status "BAHAYA" dengan menggerakkan tuas regulator gas ke posisi tertutup penuh (0°), sehingga aliran gas dari tabung terputus langsung. Secara keseluruhan, gabungan antara pemantauan aplikasi jarak jauh dan pengurangan risiko perangkat keras ini memberikan perlindungan yang mencegah kebakaran secara menyeluruh. Untuk penelitian di masa depan, alat ini bisa diperbaiki dengan menambahkan modul baterai sendiri atau sumber daya cadangan yang bisa digunakan saat listrik mati. Penambahan ini bertujuan agar sistem pemantauan dan perangkat aktuator mekanis tetap bisa berjalan dengan baik meskipun terjadi pemutusan listrik secara keseluruhan di lokasi pemasangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. I. P. Irgian dan F. Rozi, “Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Telegram Bot,” JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika), 2022.

[2] B. A. Pangestu dan Umar, “Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis IoT dengan Kendali Servo Otomatis dan Notifikasi Telegram,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2025.

[3] A. S. S. Ariyanto, I. S. M. Negara, D. N. Triwibowo dan Y. Feriyanto, “Perancangan Aplikasi Mobile Berbasis Flutter untuk Pemantauan Data Sensor IoT Solusi bagi Manajemen Suhu dan Kelembapan,” JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics), 2025.