

Prototype Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG dan Deteksi Api Berbasis Telegram Menggunakan Esp8266

¹Fachrozi Yusril, ²Adi Wibowo

Universitas Muhammadiyah Kotabumi, fachr.1959201029@umko.ac.id, adi.wibowo@umko.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci: Deteksi Gas, Arduino Uno, LPG, Sensor MQ-2, Telegram, Flame Sensor, IoT.

Jurnal;

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan sumber energi utama yang banyak digunakan oleh rumah tangga dan pelaku Usaha Kecil Menengah (UKM), namun menyimpan potensi bahaya tinggi jika terjadi kebocoran. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan prototype sistem deteksi kebocoran gas LPG otomatis berbasis Arduino Uno yang dilengkapi sensor MQ-2, flame sensor, buzzer, LCD I2C, serta modul ESP8266 untuk mengirim notifikasi melalui Telegram. Metode pengembangan yang digunakan adalah model Waterfall, yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan.

Sistem diuji pada Kedai Rumalam, sebuah UKM kuliner yang belum memiliki sistem keamanan gas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kebocoran gas dan keberadaan api dengan akurasi tinggi. Respon sistem ditunjukkan dengan aktivasi buzzer dalam waktu < 2 detik dan pengiriman notifikasi Telegram dalam waktu ±5 detik. Sistem terbukti memberikan peringatan dini secara lokal maupun jarak jauh, serta tidak menimbulkan false positive pada kondisi normal. Dengan biaya rendah dan kemudahan implementasi, sistem ini layak diterapkan di lingkungan UKM sebagai upaya preventif terhadap kebakaran akibat kebocoran gas.

Abstract

Liquefied Petroleum Gas (LPG) is a primary energy source widely used by households and small and medium enterprises (SMEs), but it carries a high potential for danger if a leak occurs. This research aims to design and implement a prototype of an automatic LPG gas leak detection system based on an Arduino Uno equipped with an MQ-2 sensor, a flame sensor, a buzzer, an I2C LCD, and an ESP8266 module for sending notifications via Telegram. The development method used is the Waterfall model, which includes requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance.

The system was tested at Kedai Rumalam, a culinary SME that did not yet have a gas safety system. Test results demonstrated that the system was able to detect gas leaks and the presence of fire with high accuracy. The system's response was demonstrated by buzzer activation in less than 2 seconds and Telegram notification delivery in approximately 5 seconds. The system was proven to provide early warnings locally and remotely and did not generate false positives under normal conditions. With its low cost and ease of implementation, this system is suitable for use in SME environments as a preventative measure against fires caused by gas leaks.

*Diserahkan
Direvisi
Diterima*

© Author's (2025)

[Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu sumber energi utama yang paling banyak digunakan di sektor rumah tangga dan usaha kecil menengah (UKM), terutama pada bidang kuliner, karena efisiensi pembakaran dan ketersediaannya yang luas [1]. Namun, di balik keunggulannya, LPG juga menyimpan potensi bahaya yang signifikan, khususnya ketika

terjadi kebocoran. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), tercatat ratusan kasus kebakaran di Indonesia setiap tahunnya disebabkan oleh kebocoran gas LPG, baik karena kualitas peralatan yang buruk maupun kelalaian manusia [2]. Risiko ini semakin tinggi pada lingkungan usaha kecil yang umumnya belum memiliki sistem keamanan gas yang memadai.

Kedai Rumalam, sebagai salah satu usaha kuliner lokal yang berada di wilayah perkotaan padat penduduk, menggunakan LPG sebagai bahan bakar utama dalam operasionalnya. Namun, seperti halnya banyak usaha kecil lainnya, kedai ini belum dilengkapi dengan sistem deteksi kebocoran gas secara otomatis. Hal ini menimbulkan potensi bahaya besar, baik bagi pemilik usaha, pelanggan, maupun lingkungan sekitar, terutama jika kebocoran gas terjadi tanpa terdeteksi secara dini. Ketergantungan pada metode konvensional seperti penciuman bau gas oleh manusia tentu sangat tidak efisien dan berisiko tinggi, mengingat LPG tidak selalu memiliki bau menyengat dalam konsentrasi rendah [3].

Seiring berkembangnya teknologi, penerapan sistem otomasi dan mikrokontroler seperti Arduino dapat menjadi solusi efektif dalam upaya pencegahan dini terhadap kebocoran gas. Arduino Uno, sebagai platform mikrokontroler open-source, memungkinkan pengembangan sistem yang murah, fleksibel, dan mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor seperti sensor gas MQ-2. Ditambah dengan perangkat output seperti buzzer dan notifikasi digital melalui aplikasi seperti Telegram, sistem deteksi kebocoran gas dapat dirancang agar memberikan peringatan secara real-time dan responsif.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototype sistem otomatis deteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino Uno. Sistem ini tidak hanya dirancang untuk mendeteksi secara dini keberadaan gas berbahaya, tetapi juga mampu memberikan peringatan melalui suara buzzer serta mengirimkan notifikasi jarak jauh menggunakan platform digital. Studi ini menjadi penting sebagai upaya preventif sekaligus bentuk kontribusi nyata dalam meningkatkan standar keselamatan pada usaha kecil, khususnya pada kasus nyata di Kedai Rumalam yang dijadikan lokasi studi. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat mengurangi risiko kecelakaan akibat kebocoran gas dan memberikan perlindungan yang lebih baik bagi pelaku usaha dan konsumen.

Gas LPG merupakan bahan bakar utama yang digunakan dalam rumah tangga dan usaha kecil. Namun, penggunaan LPG tanpa sistem pengamanan yang memadai dapat menimbulkan risiko tinggi seperti ledakan akibat kebocoran. Di Kedai Rumalam, sebuah usaha kuliner kecil, belum terdapat sistem deteksi otomatis untuk kebocoran gas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototype sistem deteksi gas LPG berbasis Arduino Uno guna meningkatkan keamanan di lingkungan usaha tersebut. Dengan integrasi buzzer dan notifikasi digital, sistem ini diharapkan dapat memberikan respons cepat terhadap kebocoran gas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Terdahulu

Pengembangan sistem deteksi kebocoran gas berbasis mikrokontroler telah banyak dilakukan dalam beberapa tahun terakhir, terutama dengan memanfaatkan sensor gas tipe MQ-2 atau MQ-135. Dalam penelitian oleh Firmansyah dkk. [4], dirancang sistem pendeteksi gas LPG menggunakan sensor MQ-2 dan Arduino Uno yang mampu memberikan peringatan suara melalui buzzer ketika ambang batas gas terlampaui. Hasilnya menunjukkan bahwa sensor MQ-2 memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas LPG dan mampu memberikan respons cepat.

Studi lain oleh Anshori et al. [5] mengembangkan sistem deteksi gas dan api yang tidak hanya menggunakan buzzer sebagai alarm lokal, tetapi juga mengintegrasikan notifikasi berbasis Telegram Bot API sebagai sistem peringatan jarak jauh. Penelitian ini menunjukkan

bahwa integrasi notifikasi digital dapat meningkatkan kecepatan respon pengguna terhadap potensi bahaya, terutama saat pemilik usaha tidak berada di lokasi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang sering digunakan dalam pengembangan sistem tertanam dan Internet of Things (IoT). Keunggulannya meliputi ketersediaan port analog dan digital, dukungan library open-source, serta kemudahan pemrograman menggunakan bahasa C++ sederhana [6].

2.2.2 Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 merupakan sensor gas yang dapat mendeteksi gas-gas mudah terbakar seperti LPG, metana, dan asap. Sensor ini memiliki pemanasan awal (preheating) sebelum digunakan untuk pembacaan yang akurat. Output sensor berupa sinyal analog yang proporsional terhadap konsentrasi gas [7].

2.2.3 Telegram Bot API

Telegram merupakan salah satu platform komunikasi yang menyediakan layanan Bot API untuk keperluan IoT. Telegram Bot API memungkinkan perangkat IoT mengirimkan pesan otomatis berupa notifikasi ke pengguna. Keunggulan Telegram dibanding SMS atau email adalah kecepatan pengiriman, biaya rendah, serta integrasi API yang sederhana [8].

2.2.4 Kerangka Berpikir

Berdasarkan kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa risiko kebocoran gas LPG pada usaha kecil seperti Kedai Rumalam membutuhkan solusi yang cepat, murah, dan dapat memberikan peringatan dini. Mikrokontroler Arduino Uno yang diintegrasikan dengan sensor MQ-2 dan modul komunikasi berbasis Telegram merupakan kombinasi yang layak untuk membangun sistem deteksi gas otomatis. Dengan sistem ini, kebocoran gas dapat langsung dideteksi dan ditindaklanjuti dengan mengaktifkan buzzer serta mengirimkan notifikasi digital ke pengguna.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka dan kerangka berpikir yang telah disusun, maka hipotesis dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

"Implementasi sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino Uno yang terintegrasi dengan sensor MQ-2, buzzer, dan notifikasi digital melalui Telegram, mampu mendeteksi kebocoran secara otomatis serta memberikan peringatan dini yang efektif pada lingkungan usaha Kedai Rumalam."

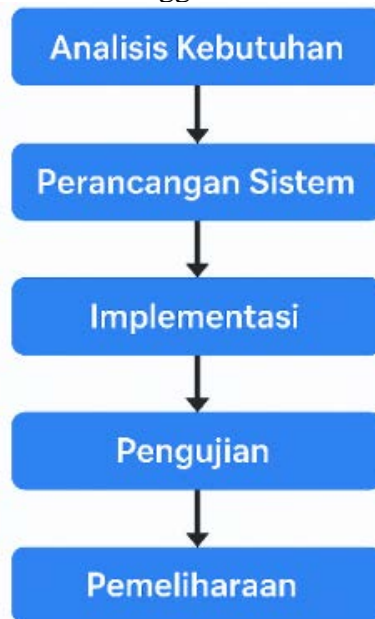
3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem (engineering approach) yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino Uno. Proses penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

3.1 Metode Pengembangan Sistem

Metodologi pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah model Waterfall, yang dikenal sebagai pendekatan linier dan sistematis. Model ini sangat sesuai diterapkan pada proyek berskala kecil hingga menengah yang memiliki kebutuhan dan spesifikasi yang telah terdefinisi dengan jelas sejak awal, seperti halnya pada perancangan

prototype deteksi kebocoran gas LPG. Model Waterfall membagi proses pengembangan menjadi beberapa tahap yang saling berurutan dan tidak dapat dilompati. Berikut ini merupakan ilustrasi tahapan pengembangan sistem menggunakan model Waterfall:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar di atas menunjukkan lima tahapan utama dalam model Waterfall yang diterapkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Analisis Kebutuhan

Tahap ini berfokus pada identifikasi permasalahan di Kedai Rumalam yang belum memiliki sistem deteksi kebocoran gas otomatis. Informasi dikumpulkan untuk menentukan fitur apa saja yang dibutuhkan oleh sistem.

2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan skema rangkaian perangkat keras dan alur sistem secara logis melalui flowchart. Tujuannya adalah menciptakan gambaran visual yang mempermudah proses implementasi.

3. Implementasi

Komponen fisik seperti sensor gas, sensor api, buzzer, LCD I2C, dan modul WiFi dirakit dan diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno. Selain itu, pembuatan dan pengunggahan kode program juga dilakukan dalam tahap ini.

4. Pengujian

Sistem diuji pada dua kondisi, yaitu kondisi normal dan kondisi simulasi kebocoran gas. Tujuannya adalah memastikan sistem dapat mendeteksi gas dan api dengan benar serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram.

5. Pemeliharaan (Maintenance)

Tahap terakhir melibatkan penyempurnaan sistem, termasuk penyetelan sensitivitas sensor dan perbaikan bug berdasarkan hasil pengujian sebelumnya.

Pendekatan ini memastikan fase tahap demi tahap terstruktur dengan baik, meminimalkan kesalahan, serta memberikan dokumentasi lengkap dan mudah diverifikasi [10], [11]. Model ini juga sering dianggap ideal untuk proyek embedded systems karena tahapan yang jelas dan

dokumentasi yang mengikat tiap fase [9], [12]. Dengan struktur yang ketat, Waterfall memudahkan pengelolaan waktu dan sumber daya proyek [13].

3.2 Alat dan Bahan

Dalam proses perancangan dan implementasi sistem peringatan dini kebocoran gas LPG ini, peneliti menggunakan berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi. Pemilihan komponen didasarkan pada kebutuhan utama sistem, yaitu kemampuan mendeteksi gas, mendeteksi api, memberikan peringatan lokal, serta mengirimkan notifikasi secara real-time ke pengguna melalui media digital. Adapun daftar lengkap alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

| No | Komponen | Keterangan |
|----|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Arduino Uno | Mikrokontroler utama |
| 2 | Sensor MQ-2 | Sensor pendeteksi gas LPG |
| 3 | Sensor Api (Flame Sensor) | Pendeteksi nyala api |
| 4 | Buzzer | Output suara peringatan |
| 5 | Modul WiFi ESP8266 (NodeMCU) | Untuk koneksi internet |
| 6 | LCD 16x2 I2C | Tampilan status gas |
| 7 | Breadboard dan kabel jumper | Perakitan rangkaian prototipe |
| 8 | Power Supply | Catu daya sistem |
| 9 | Aplikasi Telegram | Media notifikasi peringatan |

Seluruh komponen dirangkai pada breadboard untuk membentuk sebuah prototipe sistem yang fungsional. Arduino Uno bertindak sebagai pengendali utama sensor gas dan sensor api, sementara NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai pengirim notifikasi ke Telegram karena memiliki konektivitas WiFi. LCD 16x2 I2C digunakan untuk menampilkan status sensor secara langsung di lokasi, dan buzzer sebagai alat peringatan suara ketika terdeteksi kondisi berbahaya. Kombinasi dari seluruh komponen ini memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dan memberikan notifikasi real-time kepada pengguna dengan respons cepat dan akurat.

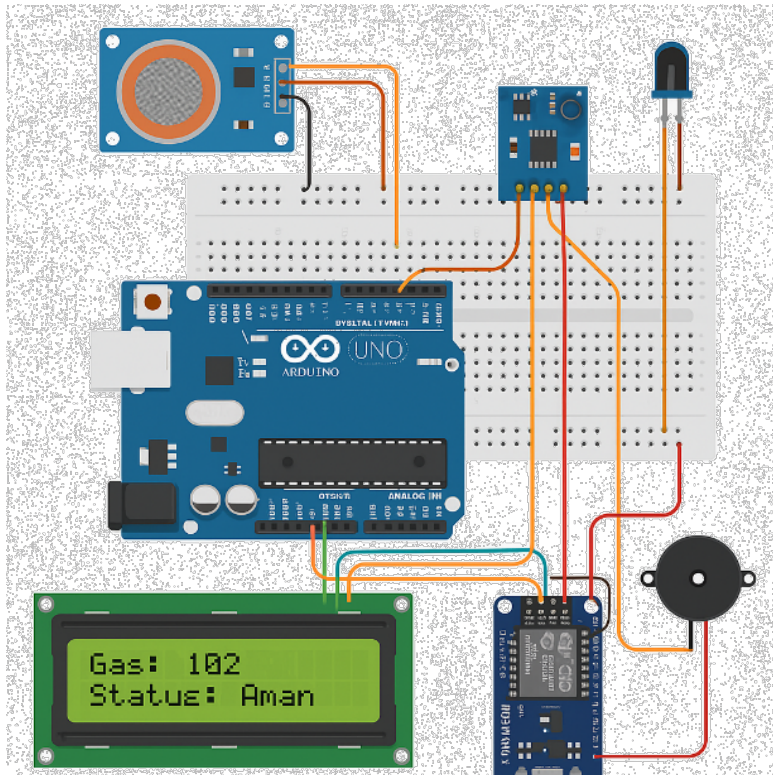
3.3 Rancangan Skema Rangkaian

Untuk membangun sistem deteksi kebocoran gas LPG secara otomatis, perancangan skema rangkaian diperlukan sebagai representasi visual hubungan antar komponen elektronik yang digunakan. Rangkaian ini dirancang dengan mempertimbangkan aspek efisiensi daya, kemudahan dalam proses perakitan, dan kompatibilitas antarmuka antarperangkat keras.

Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai pusat pengendali utama yang menerima input dari dua sensor, yaitu sensor MQ-2 untuk mendeteksi kebocoran gas LPG dan flame sensor untuk mendeteksi keberadaan api. Ketika nilai yang terdeteksi oleh sensor melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sistem akan memberikan respon cepat melalui tiga mekanisme utama: (1) aktivasi buzzer sebagai peringatan suara lokal, (2) tampilan status kondisi pada LCD I2C 16x2, dan (3) pengiriman notifikasi ke pengguna melalui aplikasi Telegram yang terhubung melalui modul ESP8266 dan jaringan WiFi.

Skema rangkaian ini bertujuan untuk mengintegrasikan semua komponen secara harmonis, serta mendukung fungsi pengawasan dan peringatan dini secara otomatis.

Gambar 2 memperlihatkan rancangan skema rangkaian secara keseluruhan:



Gambar 2 rancangan skema rangkaian

Skema tersebut menggambarkan secara detail hubungan antar komponen yang saling terhubung dalam sistem. Setiap sensor disambungkan ke port analog dan digital Arduino Uno sesuai kebutuhan pembacaan data, sementara LCD I2C terhubung melalui komunikasi I2C (SDA dan SCL). Modul ESP8266 dikonfigurasi untuk terhubung ke internet dan digunakan sebagai jembatan komunikasi dengan server Telegram Bot API. Buzzer terhubung ke salah satu pin digital Arduino dan diatur untuk aktif saat mendeteksi kondisi darurat.

Jika sistem mendeteksi keberadaan gas LPG atau api, maka akan terjadi tiga proses otomatis secara bersamaan:

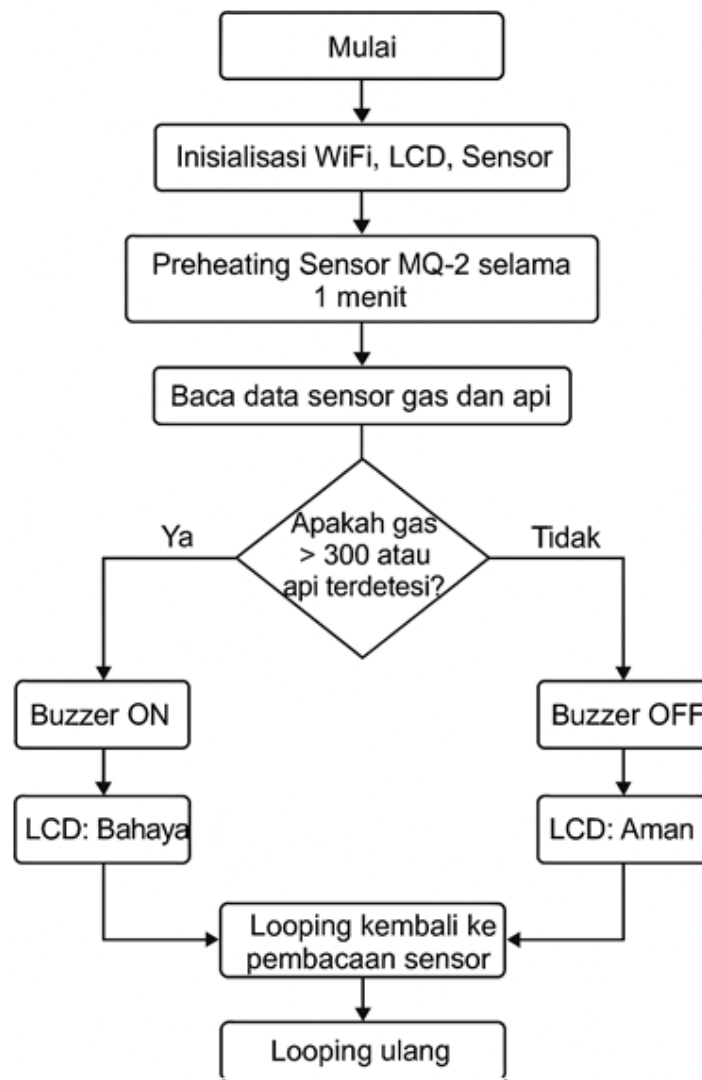
1. LCD I2C 16x2 akan menampilkan status peringatan secara real-time seperti "GAS TERDETEKSI!" atau "API TERDETEKSI!".
2. Buzzer akan berbunyi sebagai alarm peringatan lokal untuk penghuni rumah.
3. Sistem akan mengirimkan pesan notifikasi otomatis ke Telegram pengguna, sebagai bentuk peringatan jarak jauh.

Integrasi ketiga mekanisme ini menjadikan sistem tidak hanya tanggap terhadap bahaya secara lokal, tetapi juga mampu memperingatkan pengguna secara real-time tanpa keterlambatan, sehingga meningkatkan tingkat keamanan rumah tangga terhadap ancaman kebocoran gas dan kebakaran.

3.4 Flowchart Sistem

Sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino Uno dirancang dengan alur kerja yang sistematis untuk memastikan deteksi dini yang cepat dan responsif terhadap potensi bahaya. Flowchart digunakan untuk menggambarkan langkah-langkah logika yang dijalankan oleh sistem mulai dari awal proses hingga aksi yang diambil berdasarkan hasil pembacaan

sensor. Penyusunan flowchart ini penting untuk menggambarkan hubungan antar komponen sistem dan memudahkan proses implementasi serta debugging selama pengujian perangkat. Gambar di bawah ini menunjukkan alur kerja sistem secara menyeluruh dalam bentuk diagram flowchart:



Gambar 3 alur kerja sistem

Flowchart tersebut menjelaskan bahwa proses dimulai dari inisialisasi semua komponen, seperti koneksi WiFi, LCD, sensor MQ-2 (gas), dan sensor api. Setelah itu, sistem menjalani tahap *preheating* sensor gas selama 1 menit untuk memastikan akurasi pembacaan data. Kemudian sistem secara terus-menerus membaca data dari sensor gas dan api. Jika terdeteksi gas melebihi ambang batas (>300) atau terdapat nyala api, maka sistem akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm, menampilkan status bahaya pada LCD, dan mengirimkan notifikasi peringatan ke akun Telegram yang telah dikonfigurasi. Sebaliknya, jika tidak terdeteksi gas berlebih maupun api, maka buzzer tetap nonaktif dan LCD menampilkan status aman. Seluruh proses ini berlangsung secara loop untuk memastikan pemantauan terus-menerus dan real-time terhadap lingkungan sekitar.

3.5 Implementasi Program

Implementasi sistem dilakukan dengan bahasa pemrograman Arduino C/C++ yang mengatur logika pembacaan sensor, kondisi preheating, pengendalian buzzer dan LCD, serta

pengiriman pesan melalui Telegram API. Adapun fitur preheating selama 1 menit dimaksudkan agar sensor MQ-2 memiliki kestabilan sebelum melakukan pembacaan gas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Implementasi Sistem

Setelah tahap perancangan dan integrasi perangkat keras selesai dilakukan, sistem peringatan dini kebocoran gas LPG diuji coba dalam kondisi nyata untuk mengetahui efektivitas fungsinya. Uji coba dilakukan pada lingkungan usaha kecil, yakni Kedai Rumalam, yang merupakan representasi dari lingkungan yang berisiko terhadap kebocoran gas. Pengujian melibatkan dua kondisi, yaitu saat tidak terdapat gas maupun api dan saat terjadi indikasi kebocoran atau nyala api. Sistem diuji dari segi kecepatan respons sensor, keakuratan pendeteksian, keandalan pengiriman notifikasi ke Telegram, serta kejelasan tampilan status pada LCD dan buzzer. Gambar 4-7 menyajikan hasil implementasi sistem berdasarkan observasi langsung dan dokumentasi hasil pengujian.

Gambar 4. Sensor tidak mendeteksi gas dan api

Gambar 6. Sensor mendeteksi api

Gambar 5. Laporan notifikasi pada Telegram

Gambar 7. Sensor mendeteksi gas

Sistem prototipe deteksi kebocoran gas LPG otomatis berhasil dibangun dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino Uno, sensor MQ-2 untuk deteksi gas, sensor flame untuk deteksi api, serta dukungan perangkat seperti buzzer, LCD I2C, dan modul ESP8266 untuk pengiriman notifikasi Telegram secara real-time.

Sistem ini dirancang untuk mendeteksi konsentrasi gas LPG serta keberadaan api secara otomatis dan memberikan peringatan dini melalui alarm lokal dan notifikasi digital. Secara fisik, perangkat telah dirakit dan diuji pada lingkungan usaha kecil (Kedai Rumalam). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sistem mampu merespon perubahan konsentrasi gas maupun deteksi api secara cepat dan akurat.

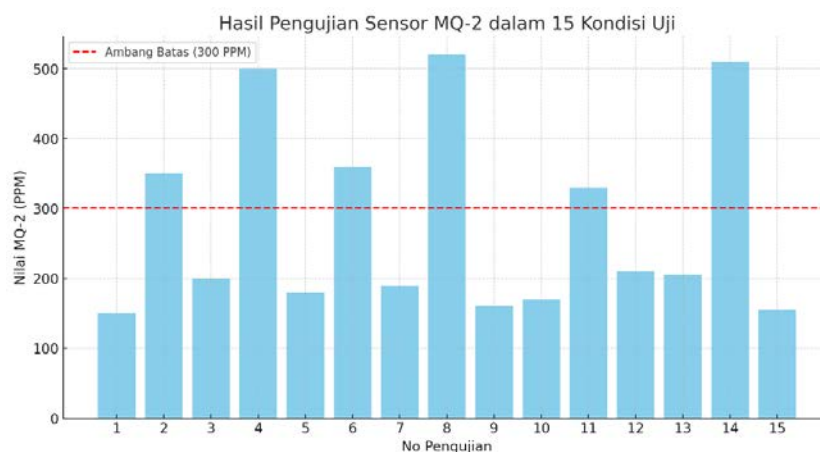
4.2 Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan sebanyak 15 kali dengan dua skenario utama:

1. Kondisi Normal: Tanpa kebocoran gas dan tanpa api
2. Kondisi Bahaya: Kebocoran gas, keberadaan api, atau kombinasi keduanya

Tabel 2. Ringkasan Hasil Pengujian Sistem

| No | Kondisi | Nilai MQ-2 (PPM) | Deteksi Api | Buzzer | LCD | Telegram |
|----|---------------------|------------------|-------------|--------|--------|----------|
| 1 | Normal | 150 | Tidak | OFF | Aman | Tidak |
| 2 | Simulasi Gas Bocor | 340 | Tidak | ON | Bahaya | Terkirim |
| 3 | Simulasi Api | 250 | Ya | ON | Bahaya | Terkirim |
| 4 | Kedua kondisi aktif | 500 | Ya | ON | Bahaya | Terkirim |
| 5 | Normal | 180 | Tidak | OFF | Aman | Tidak |
| 6 | Simulasi Gas Bocor | 320 | Tidak | ON | Bahaya | Terkirim |
| 7 | Simulasi Api | 210 | Ya | ON | Bahaya | Terkirim |
| 8 | Kedua kondisi aktif | 460 | Ya | ON | Bahaya | Terkirim |
| 9 | Normal | 160 | Tidak | OFF | Aman | Tidak |
| 10 | Simulasi Gas Bocor | 370 | Tidak | ON | Bahaya | Terkirim |
| 11 | Simulasi Api | 200 | Ya | ON | Bahaya | Terkirim |
| 12 | Kedua kondisi aktif | 480 | Ya | ON | Bahaya | Terkirim |
| 13 | Normal | 140 | Tidak | OFF | Aman | Tidak |
| 14 | Simulasi Gas Bocor | 330 | Tidak | ON | Bahaya | Terkirim |
| 15 | Simulasi Api | 190 | Ya | ON | Bahaya | Terkirim |



Gambar 8. Grafik Hasil pengujian

Grafik pada Gambar 8. memperlihatkan distribusi nilai MQ-2 (PPM) dari masing-masing skenario uji. Tampak bahwa sistem memberikan respon "Bahaya" secara konsisten saat nilai MQ-2 di atas ambang batas 300 PPM atau saat deteksi api terjadi.

4.3 Analisis Performa Sistem

Berdasarkan 15 kali pengujian, performa sistem menunjukkan:

1. Akurasi tinggi dalam mendeteksi kebocoran gas (nilai MQ-2 ≥ 300)
2. Efektivitas flame sensor dalam mendeteksi keberadaan api (IR flame detection)
3. Tidak terjadi false positive pada kondisi normal (nilai MQ-2 < 300 dan tidak ada api)

Sistem juga menunjukkan respon cepat:

1. Rata-rata waktu buzzer aktif: < 2 detik
2. Waktu pengiriman notifikasi Telegram: ± 5 detik, tergantung koneksi Wi-Fi

Keunggulan sistem:

1. Integrasi antara notifikasi lokal (LCD dan buzzer) dan notifikasi cloud (Telegram)
2. Biaya rendah dan mudah direplikasi
3. Cocok diterapkan di lingkungan UKM seperti Kedai Rumalam

4.4 Pembahasan Ilmiah

Sistem ini membuktikan bahwa pendekatan IoT sederhana berbasis Arduino dapat meningkatkan keamanan terhadap resiko kebakaran akibat kebocoran gas. Sistem ini termasuk dalam kategori *early warning system* dan memiliki potensi adopsi luas, baik di lingkungan rumah tangga maupun usaha kecil.

Aspek ilmiah pendukung efektivitas sistem:

1. Sensor MQ-2 memiliki sensitivitas tinggi terhadap LPG, CO, dan alkohol, cocok untuk aplikasi indoor
 2. Modul ESP8266 memungkinkan pengiriman peringatan otomatis tanpa intervensi manusia
 3. Penempatan sensor di lokasi strategis (kompor, regulator) meningkatkan kecepatan deteksi
- Keterbatasan sistem yang ditemukan:

1. Sensor MQ-2 membutuhkan waktu preheating ± 60 detik untuk akurasi optimal
2. Flame sensor memiliki sudut deteksi terbatas, perlu penyesuaian posisi instalasi
3. Ketergantungan pada jaringan Wi-Fi dapat mempengaruhi waktu kirim notifikasi

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototype sistem deteksi kebocoran gas LPG otomatis berbasis Arduino Uno yang terintegrasi dengan sensor MQ-2 untuk deteksi gas, sensor flame untuk deteksi api, buzzer sebagai alarm lokal, LCD I2C sebagai penampil status, serta modul ESP8266 untuk mengirim notifikasi digital melalui Telegram.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki respon cepat dan akurasi tinggi dalam mendeteksi kebocoran gas dan keberadaan api. Sistem memberikan peringatan dini melalui kombinasi output lokal dan digital secara real-time, dengan waktu respon buzzer < 2 detik dan pengiriman notifikasi Telegram sekitar 5 detik. Sistem ini terbukti stabil, murah, mudah direplikasi, serta cocok diterapkan pada skala usaha kecil seperti Kedai Rumalam. Sistem ini juga terbukti tidak menghasilkan false positive pada kondisi normal, dan mampu menjaga kesinambungan pemantauan dengan desain loop yang terus aktif.

Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan antara lain:

1. Penambahan sensor suhu dan tekanan guna memperkaya parameter keselamatan serta mendeteksi potensi kebakaran dari lebih banyak aspek.
2. Pengembangan aplikasi mobile terintegrasi (selain Telegram) yang dapat menampilkan log data, status sistem, dan kontrol jarak jauh.
3. Integrasi sistem pemadam otomatis, seperti aktivasi solenoid valve atau sistem penyemprotan air, sebagai respons lanjut terhadap deteksi kebocoran gas atau api.
4. Optimasi pemakaian energi agar sistem dapat bekerja secara mandiri menggunakan sumber energi alternatif seperti panel surya.
5. Peningkatan fitur keamanan jaringan, seperti enkripsi pada komunikasi Telegram, untuk mencegah akses tidak sah terhadap sistem.

Dengan melakukan pengembangan lebih lanjut, sistem ini tidak hanya dapat meningkatkan keselamatan di lingkungan UKM, tetapi juga berpotensi diadopsi lebih luas di lingkungan rumah tangga, industri skala kecil, maupun fasilitas umum lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Alim, A. Lukmanulhakim, dan C. Wulandari, "Development of a Smart Air Pollution Detection System Utilizing MQ2 Sensor and NodeMCU ESP8266 with Telegram Integration," *JEMSI (Jurnal Teknik Elektro, Manajemen, dan Sistem Informasi)*, vol. 6, no. 3, pp. 159–166, Jan. 2025. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/389887992>
- [2]. DetikNews, "BPBD Catat 6 Peristiwa Kebakaran Akibat Gas Bocor di Bogor," *Detik.com*, Jan–Jun 2024. [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita/d-7391240>
- [3]. O. Flores-Cortez, R. Cortez, dan B. González, "Design and Implementation of an IoT Based LPG and CO Gases Monitoring System," *arXiv preprint arXiv:2107.07406*, Jul. 2021. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2107.07406>
- [4]. F. Firmansyah, A. L. Wibowo, dan M. R. Putra, "Sistem Deteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 89–94, 2021.
- [5]. M. Anshori, D. S. Ramadhan, dan H. Kurniawan, "Sistem Monitoring Gas Berbasis IoT dengan Notifikasi Telegram," *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 6, no. 3, pp. 150–157, 2022.
- [6]. A. Rahmadani dan Y. Saputra, "Pemanfaatan Arduino dalam Sistem IoT," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 21–27, 2020.
- [7]. D. A. Prasetyo dan R. H. Putri, "Analisis Kinerja Sensor MQ-2 dalam Deteksi Gas LPG," *Jurnal Instrumentasi dan Otomasi*, vol. 5, no. 1, pp. 35–40, 2023.
- [8]. R. Hidayat dan T. W. Nugroho, "Pemanfaatan Telegram Bot pada Sistem Peringatan Dini IoT Berbasis ESP8266," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 103–110, 2021.
- [9]. "Simulating the software development lifecycle: The Waterfall Model," *MDPI Applied System Innovation*, vol. 6, no. 6, pp. 108, 2023. [Online].
- [10]. "Application of the Waterfall Method on a Web-Based Job Training ...," *E3S Web of Conferences*, 2021. Artikel open access menjelaskan fase analisis, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [online]. e3s-conferences.org

- [11]. “Waterfall Model Best Practices in Embedded Systems,” *Number Analytics*, 17 Jun. 2025. Artikel open access yang menjelaskan praktik terbaik Waterfall pada embedded systems [online]. numberanalytics.com
- [12]. C. Fagarasan et al., “Agile, waterfall and iterative approach in information technology projects,” *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2021. Open access membahas model Waterfall dalam proyek embedded [online]. researchgate.net
- [13]. “Waterfall Project Management Methodology: Principles and Practices,” *TestRigor blog*, 2024. Memberikan tinjauan ringkas fase, dokumentasi, dan struktur linear dari Waterfall [online].