



Konsep Sistem Keselamatan Kebocoran Gas Rumah Tangga Menggunakan Sensor MQ-2 dan Alarm Berbasis Embedded

Christopel H. Simanjuntak¹, Arief P. Kumaat², Adelaida Joroh³, Deby A. Mpila⁴

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

^{2,3}Jurusan Administrasi Bisnis, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

⁴Program Studi Farmasi, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

e-mail: ¹christopel.simanjuntak@polimdo.ac.id, ²arief.kumaat@gmail.com, ³jorohadelaida84@gmail.com, ⁴deby.mpila@unsrat.ac.id

Abstrak

Kebocoran Liquefied Petroleum Gas (LPG) di sektor domestik dan industri kecil merupakan salah satu ancaman utama yang sering memicu kecelakaan fatal, termasuk kebakaran hebat dan ledakan ruang. Faktor utama tingginya angka kecelakaan ini adalah keterbatasan indra manusia dalam mendeteksi akumulasi gas pada tahap awal kebocoran mikro, serta ketiadaan sistem pengawasan lingkungan yang bekerja secara kontinu. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan sebuah konsep komprehensif mengenai desain sistem deteksi dini kebocoran gas LPG yang mengintegrasikan sensor gas semikonduktor MQ-2 dengan kendali utama berbasis mikrokontroler Arduino. Fokus utama dari paper ini adalah pemodelan arsitektur perangkat keras, perancangan logika pemrograman sistem, serta analisis teoretis terhadap skema integrasi alarm peringatan. Metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian konseptual ini meliputi studi literatur yang mendalam, perancangan diagram alir logika (*flowchart*), pemodelan skematik rangkaian elektronik, serta simulasi matematis terhadap waktu respons komponen. Konsep sistem yang diajukan dirancang untuk memantau fluktuasi konsentrasi partikel gas di udara secara real-time. Berdasarkan parameter teoretis yang disusun, ketika sensor MQ-2 menangkap partikel gas LPG yang melebihi ambang batas aman (ditetapkan di atas 400 ppm), mikrokontroler Arduino akan langsung memproses sinyal analog tersebut menjadi sinyal digital untuk mengeksekusi perintah darurat. Perintah ini berupa aktivasi alarm suara melalui buzzer berfrekuensi tinggi dan indikator visual menggunakan lampu LED merah guna memberikan peringatan instan kepada penghuni bangunan. Hasil perancangan konsep menunjukkan bahwa integrasi antara Arduino dan sensor MQ-2 menghasilkan sebuah skema sistem keamanan yang tidak hanya responsif dan berkemampuan kalkulasi cepat, tetapi juga bersifat ekonomis dan mudah diproduksi secara massal. Paper ini memberikan kontribusi ilmiah yang signifikan berupa cetak biru (*blueprint*) konseptual yang solid, valid, dan aplikatif, yang dapat dijadikan sebagai acuan utama dalam pengembangan fisik serta manufaktur alat deteksi kebocoran gas pintar di masa depan demi meningkatkan standar keselamatan pemukiman.

Kata kunci - Arduino, Cetak Biru Konseptual, Deteksi Dini, Kebocoran Gas LPG, Sensor MQ-2, Sistem Alarm

Abstract

Liquefied Petroleum Gas (LPG) leakage in domestic and small-industrial sectors constitutes a major threat that frequently triggers fatal accidents, including severe fires and structural explosions. The primary factor behind these high accident rates is the limitation of human senses in detecting gas accumulation during the early stages of micro-leaks, compounded by the lack of continuous environmental monitoring systems. This study aims to formulate a comprehensive concept for an early detection system design for LPG leakage, integrating the MQ-2 semiconductor gas sensor with an Arduino microcontroller as the primary controller. The core focus of this paper is on modeling the hardware architecture, designing the system programming logic, and conducting a theoretical analysis of the integrated warning alarm scheme. The approach method applied in this conceptual research includes extensive literature reviews, logical flowchart design, electronic circuit schematic modeling, and mathematical simulation of component response times. The proposed system concept is engineered to monitor gas particle concentration fluctuations in the air in real-time. Based on the established theoretical parameters, when the MQ-2 sensor detects LPG particles



exceeding the predefined safe threshold (set above 400 ppm), the Arduino microcontroller will immediately process the analog signal into a digital command to execute emergency protocols. This action triggers a high-frequency audible alarm via a buzzer and a visual indicator through a red LED light to provide instant warnings to building occupants. The conceptual design results demonstrate that the integration between Arduino and the MQ-2 sensor yields a security system scheme that is not only highly responsive and rapid in calculation but also economical and easy to mass-produce. This paper contributes significant scientific value by delivering a solid, valid, and applicable conceptual blueprint, which can serve as a primary reference for the physical development and manufacturing of smart gas leak detection devices in the future to enhance residential safety standards.

Keywords – Arduino, Conceptual Blueprint, Early Detection, LPG Leakage, MQ-2 Sensor, Alarm System.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan fundamental dalam menopang aktivitas harian masyarakat modern, baik pada sektor domestik maupun industri skala kecil[1]. Di Indonesia, konversi minyak tanah ke Liquefied Petroleum Gas (LPG) yang diinisiasi pemerintah sejak beberapa dekade lalu telah mengubah pola konsumsi energi masyarakat secara masif[2]. Penggunaan gas LPG dinilai jauh lebih efisien, praktis, menghasilkan kalori panas yang tinggi, serta lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar konvensional. Keunggulan tersebut menjadikan LPG sebagai komoditas utama yang hampir selalu ada di setiap dapur rumah tangga[3]. Kendati demikian, adopsi teknologi energi ini tidak serta merta bebas dari risiko keselamatan. Sifat dasar gas LPG yang sangat mudah terbakar (flammable) dan mudah meledak (explosive) menempatkannya sebagai salah satu material domestik dengan risiko kecelakaan kerja dan lingkungan yang sangat tinggi[4].

Rentetan kasus kebakaran pemukiman dan ledakan tabung gas yang kerap diberitakan di berbagai media massa menjadi bukti nyata bahwa aspek keselamatan dalam penggunaan LPG masih memerlukan perhatian serius. Sebagian besar kecelakaan tersebut dipicu oleh kebocoran pada sistem instalasi gas, seperti kerusakan pada selang (hose) yang mengeras atau digigit pengerat, kegagalan fungsi katup regulator, hingga kelalaian pemasangan komponen yang tidak rapat. Masalah menjadi kian fatal karena gas LPG memiliki massa jenis atau kerapatan yang lebih berat daripada udara bebas[5]. Karakteristik fisik ini menyebabkan gas yang bocor tidak akan langsung membubung ke atas dan hilang, melainkan akan mengendap dan terakumulasi di area lantai atau sudut-sudut ruangan yang tertutup. Dalam kondisi ruangan dengan sirkulasi udara yang buruk, akumulasi gas mikro ini akan membentuk awan gas tak kasatmata yang berada dalam batas ledak bawah (Lower Explosive Limit)[6], [7]. Pada titik krusial tersebut, percikan api sekecil apa pun—seperti jentikan korek api, gesekan statis, atau bahkan percikan listrik saat menyalakan sakelar lampu—akan langsung memicu ledakan volume ruangan yang destruktif.

Tingginya fatalitas dampak kebocoran gas LPG ini berakar pada keterbatasan biologis indra penciuman manusia[8]. Meskipun produsen gas telah menambahkan zat komersial berupa ethyl mercaptan untuk memberikan aroma menyengat yang khas pada LPG, indra manusia sering kali gagal mendeteksinya pada fase awal kebocoran mikro atau saat konsentrasi gas masih sangat rendah. Kegagalan deteksi dini ini juga diperparah oleh faktor situasi, seperti ketika penghuni rumah sedang tertidur lelap di malam hari, atau saat bangunan sedang ditinggalkan dalam keadaan kosong tanpa pengawasan[9]. Ketika bau gas akhirnya berhasil tercium dengan sangat menyengat oleh penghuni, konsentrasi gas di dalam ruangan umumnya sudah terlanjur melewati ambang batas aman dan berada dalam kondisi darurat yang sangat berbahaya untuk dievakuasi.

Menyadari besarnya risiko tersebut, pendekatan mitigasi bencana tidak lagi dapat bertumpu pada tindakan kuratif atau pengawasan manual oleh manusia, melainkan harus beralih ke sistem proteksi preventif berbasis teknologi otomasi[10]. Sebelum melangkah pada implementasi fisik alat yang membutuhkan biaya fabrikasi dan pengujian material, perancangan sebuah konsep arsitektur sistem yang matang menjadi fase krusial yang harus ditempuh. Pengembangan konsep sistem deteksi dini (early warning system)[11] yang mengintegrasikan sensor gas semikonduktor MQ-2[12] dengan kendali utama mikrokontroler Arduino merupakan solusi teoretis yang sangat relevan. Sensor MQ-2 dikenal memiliki sensitivitas yang sangat



responsif terhadap unsur-unsur hidrokarbon seperti LPG, propana, dan butana. Sinyal analog dari deteksi lingkungan ini kemudian dapat diolah oleh Arduino sebagai unit pemroses sentral untuk mengaktifkan rangkaian alarm peringatan dini secara instan. Melalui perumusan konsep desain yang komprehensif, validitas logika berpikir sistem dan skema integrasi komponen dapat dianalisis secara mendalam. Konsep ini akan menjadi cetak biru (blueprint) fundamental yang meminimalkan risiko kegagalan fungsi sistem, sekaligus menekan biaya eksperimen sebelum perangkat diproduksi secara massal untuk meningkatkan standar keselamatan hunian.

.2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Perancangan Sistem

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi konseptual dan pemodelan sistem. Tahapan penelitian disusun secara terstruktur untuk memastikan bahwa konsep sistem deteksi dini yang dirancang memiliki validitas teoretis yang kuat. Adapun tahapan penelitian ini meliputi:

1) Studi Literatur.

Fase awal ini berfokus pada pengumpulan landasan teoretis dan data sekunder yang valid dari berbagai jurnal ilmiah, buku teks, dan dokumentasi teknis (datasheet). Aktivitas utama pada tahap ini meliputi:

- Menganalisis sifat fisik gas LPG (propana dan butana) serta karakteristik akumulasinya di dalam ruang tertutup.
- Mempelajari mekanisme kerja sensor gas semikonduktor MQ-2, termasuk kurva sensitivitas gas, kebutuhan waktu pemanasan elemen (pre-heating time), dan pengaruh suhu lingkungan terhadap akurasi pembacaan.
- Mengeksplorasi arsitektur mikrokontroler Arduino Uno, batasan komputasi, serta efisiensi resolusi Analog-to-Digital Converter (ADC) 10-bit yang dimilikinya.

2) Analisis Kebutuhan Sistem.

Pada tahap ini, dilakukan perumusan parameter teknis dan spesifikasi fungsional agar sistem dapat bekerja secara optimal sebagai alat deteksi dini. Analisis ini mencakup:

- Kebutuhan Fungsional: Sistem harus mampu membaca konsentrasi gas secara kontinu (24/7), mengidentifikasi lonjakan konsentrasi gas secara real-time, dan langsung mengaktifkan alarm suara maupun visual tanpa adanya penundaan waktu (delay) yang berarti.
- Kebutuhan Non-Fungsional: Penentuan ambang batas (threshold) bahaya berdasarkan standar keselamatan kerja. Dalam konsep ini, ambang batas ditetapkan pada angka 400 ppm hingga 600 ppm untuk mendeteksi kebocoran skala mikro sebelum gas mencapai batas ledak bawah (Lower Explosive Limit - LEL).
- Kebutuhan Elektrikal: Menghitung konsumsi daya total komponen (Arduino $\pm 50\text{mA}$, Sensor MQ-2 $\pm 150\text{mA}$, Buzzer & LED $\pm 30\text{mA}$) untuk memastikan sistem dapat disuplai oleh catu daya domestik 5V DC/1A yang stabil.

3) Perancangan Arsitektur Perangkat Keras (Hardware Design).

Fase ini melibatkan pemodelan struktural dan interkoneksi listrik antarkomponen fisik. Tahapan perancangan perangkat keras diselesaikan melalui tiga sub-proses:

- Pemodelan Diagram Blok: Memisahkan sistem menjadi tiga sub-sistem utama, yaitu Unit Masukan (Sensor MQ-2), Unit Pemroses (Arduino Uno), dan Unit Keluaran (Buzzer dan LED).
- Perancangan Skematik Elektronik: Menentukan jalur pengkabelan (wiring) antarkomponen. Sinyal analog dari pin Analog Out (AO) sensor MQ-2 diarahkan ke pin analog A0 Arduino. Pin digital 8, 9, dan 10 Arduino dikonfigurasi masing-masing untuk mengontrol buzzer, LED merah, dan LED hijau.

- Integrasi Pengaman Sirkuit: Menambahkan komponen pasif seperti resistor pembatas arus sebesar 220Ω pada jalur anoda LED untuk mencegah terjadinya kelebihan arus (overcurrent) yang dapat merusak pin I/O mikrokontroler.
- 4) Perancangan Alur Logika Perangkat Lunak (Software Design).

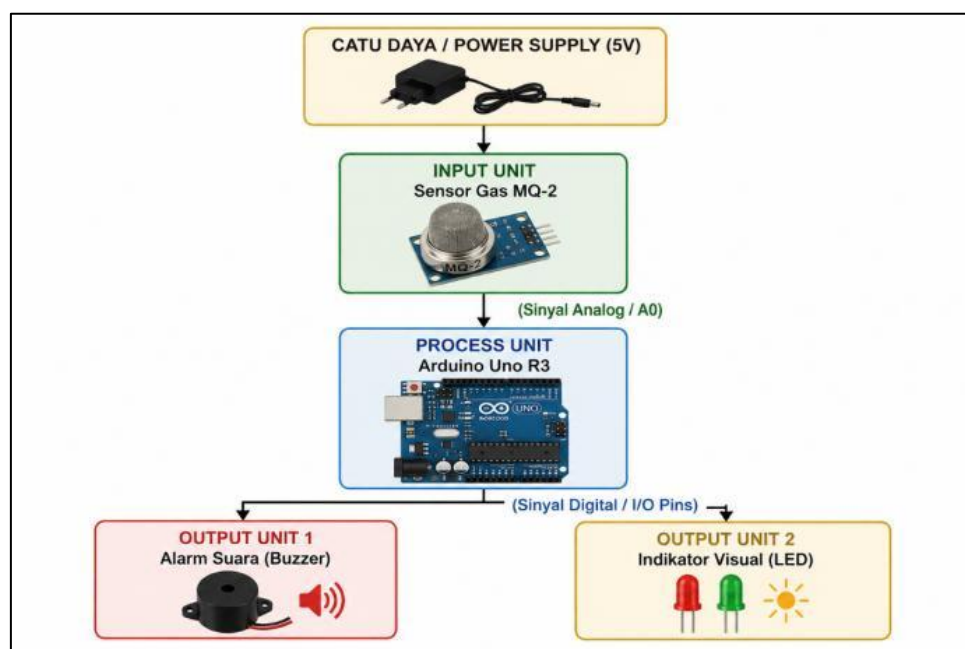
Perancangan perangkat lunak berfokus pada penyusunan algoritma komputasi yang efisien dengan bahasa pemrograman C++. Tahapan ini meliputi:

- Perancangan Algoritma Pembacaan Sensor: Menyusun kode untuk membaca tegangan analog (0-5V) dari pin A0, yang kemudian dikonversi menjadi nilai digital (0-1023) oleh ADC Arduino, lalu dikalkulasikan kembali menggunakan rumus regresi logaritmik berdasarkan kurva datasheet MQ-2 untuk mendapatkan nilai konsentrasi dalam satuan ppm.
 - Penyusunan Logika Keputusan (Decision Making): Menerapkan struktur kondisi percabangan if-else untuk memisahkan kondisi lingkungan menjadi dua status: "Kondisi Aman" ($\text{ppm} \leq 400$) dan "Kondisi Bahaya" ($\text{ppm} > 400$).
 - Optimasi Manajemen Waktu: Memasukkan fungsi pewaktuan non-blocking (atau delay inisialisasi) untuk fase pre-heating sensor selama alat pertama kali dinyalakan agar tidak terjadi kesalahan deteksi palsu (false alarm).
- 5) Evaluasi dan Validasi Konseptual.

Sebagai penelitian berbasis konsep, tahap akhir ini berfungsi menggantikan pengujian fisik laboratorium dengan menggunakan metode simulasi dan analisis komparatif teoretis: Simulasi Logika Program: Menguji keandalan kode program menggunakan platform simulator sirkuit daring (seperti Tinkercad Circuits atau Wokwi) untuk memastikan sirkuit virtual merespons perubahan input analog sesuai dengan algoritma yang dirancang. Analisis Waktu Respons (Response Time Analysis): Melakukan perhitungan teoretis terhadap waktu yang dibutuhkan oleh sensor untuk mencapai kondisi tunak (steady state) dan waktu komputasi Arduino dalam mengeksekusi alarm setelah menerima sinyal interupsi kebocoran gas.

2.2. Arsitektur Perangkat Keras (Hardware)

Secara konseptual, sistem ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu unit masukan (input), unit pemroses sentral (process), dan unit keluaran (output). Hubungan antarkomponen tersebut digambarkan melalui diagram blok berikut:



Gambar 2.1. Arsitektur perangkat keras sistem yang dirancang.

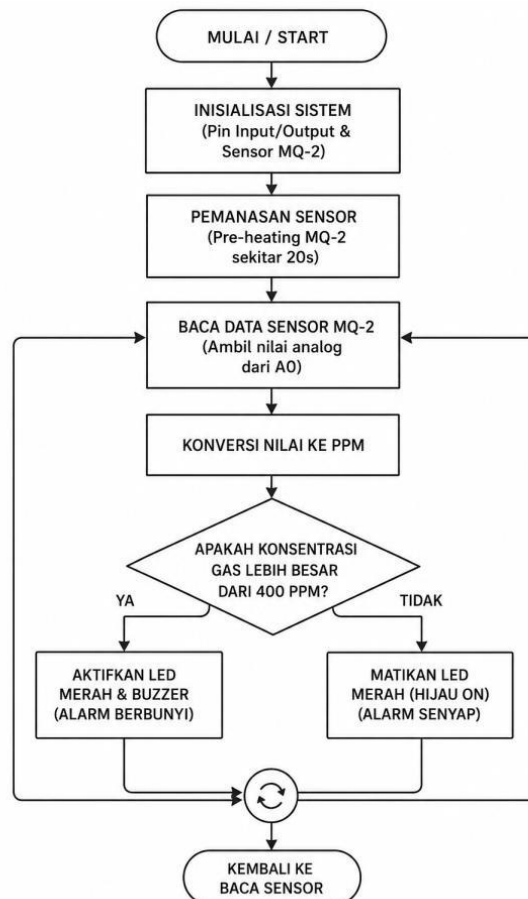


Penjelasan Alur Blok Diagram:

- **Catu Daya:** Memberikan suplai tegangan listrik DC sebesar 5 Volt yang stabil untuk menghidupkan Arduino Uno dan sensor MQ-2.
- **Sensor MQ-2 (Input):** Berfungsi sebagai indra pengendus elektrokimia yang memantau partikel gas LPG di udara bebas. Sensor ini mengirimkan output berupa tegangan analog (0–5V) ke pin analog (A0) pada Arduino. Besar tegangan ini berbanding lurus dengan kepekatan konsentrasi gas.
- **Arduino Uno (Process):** Bertindak sebagai otak sistem yang mengubah sinyal analog dari sensor menjadi data digital (ppm) melalui fitur ADC (Analog to Digital Converter). Arduino membandingkan data tersebut dengan nilai ambang batas (threshold).
- **Buzzer & LED (Output):** Jika Arduino mendeteksi kondisi bahaya, pin digital output akan aktif untuk menyalakan buzzer (mengeluarkan suara frekuensi tinggi) dan mengubah indikator LED (dari hijau menjadi merah berkedip).

2.3. Diagram Alir Sistem

Logika pemrograman yang ditanamkan pada mikrokontroler Arduino dirancang menggunakan pendekatan algoritma sekuensial yang bekerja dalam siklus berulang (looping). Alur logika sistem digambarkan sebagai berikut:

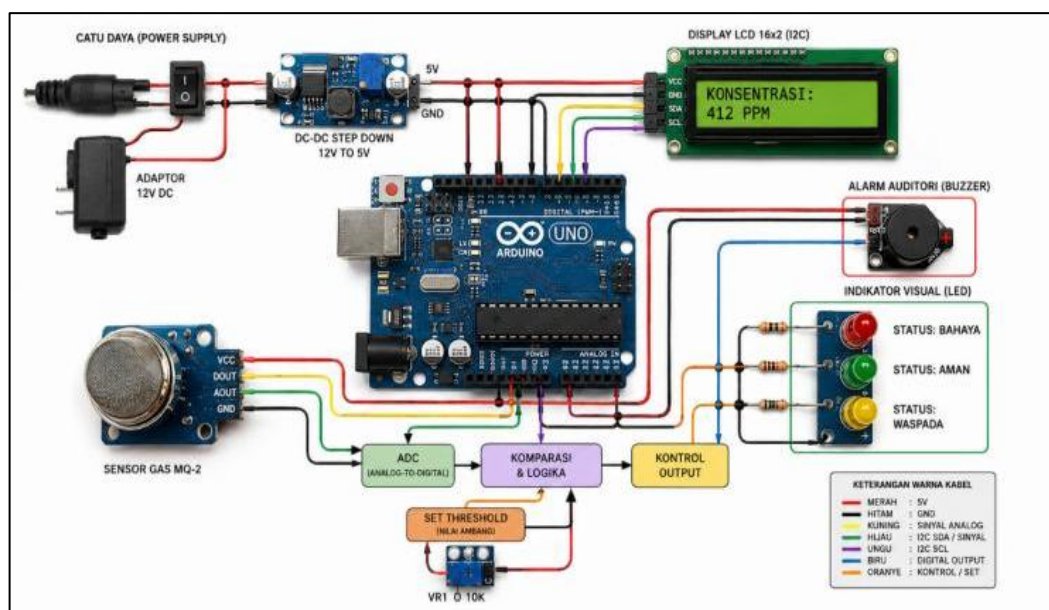


Gambar 2.2 diagram alir sistem berjalan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan konsep sistem deteksi dini ini sangat bertumpu pada karakteristik sensitivitas sensor MQ-2 terhadap senyawa gas target. Secara teknis, sensor MQ-2 memanfaatkan lapisan tipis timah dioksida yang secara alami memiliki konduktivitas rendah saat berada di udara bersih. Namun, ketika molekul gas LPG yang didominasi oleh unsur propana dan butana—mulai mengonaminasi udara di sekitar sensor, terjadi

reaksi reduksi pada permukaan materialnya. Proses kimia ini memicu penurunan hambatan (resistansi) internal sensor secara drastis. Karena resistansi menurun, arus listrik yang mengalir menjadi lebih besar, yang kemudian dikonversi menjadi sinyal tegangan analog untuk diteruskan langsung ke pin input Arduino. Sebagai pusat kendali utama, Arduino bertindak sebagai pengolah data sekaligus pengambil keputusan. Sinyal analog yang diterima dari sensor MQ-2 diubah terlebih dahulu menjadi nilai digital melalui fitur ADC (Analog-to-Digital Converter) internal mikrokontroler dengan rentang nilai 0 hingga 1023. Nilai inilah yang memegang peranan krusial dalam menentukan kapan sistem harus menetapkan status aman atau bahaya. Penentuan nilai ambang batas (threshold) dalam pemrograman Arduino tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Idealnya, pengembang harus mengukur nilai dasar (baseline) udara normal di lokasi penempatan terlebih dahulu. Jika udara bersih berada pada rentang nilai 150 hingga 200, maka batasan alarm dapat dipatok pada angka di atas 400. Ketepatan penentuan angka ini sangat penting agar sistem tidak terlalu sensitif terhadap gangguan kecil seperti asap masakan, namun tetap responsif sebelum konsentrasi gas mencapai tingkat yang membahayakan. Ketika hasil pembacaan sensor mendeteksi nilai yang melampaui ambang batas tersebut, Arduino seketika akan mengirimkan sinyal perintah ke komponen output sebagai bentuk peringatan dini. Respons multimoda diterapkan di sini untuk memastikan penghuni rumah segera menyadari adanya bahaya, baik melalui indra pendengaran maupun penglihatan. Komponen akustik berupa buzzer akan aktif dan mengeluarkan bunyi peringatan berfrekuensi tinggi secara terus-menerus. Bersamaan dengan itu, indikator visual juga berubah, di mana lampu LED yang semula berwarna hijau (menandakan kondisi aman) akan padam dan digantikan oleh kedipan lampu LED merah. Untuk meningkatkan fungsionalitasnya, integrasi layar LCD juga sangat disarankan dalam konsep ini agar pengguna dapat memantau fluktuasi konsentrasi gas secara real-time di ruangan tersebut. Meskipun konsep ini menawarkan solusi yang sangat ekonomis, mudah dirakit, dan memiliki waktu tanggap (response time) yang cepat dalam hitungan detik, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diantisipasi. Salah satu kelemahan utama dari sensor MQ-2 adalah adanya masalah sensitivitas silang (cross-sensitivity). Sensor ini tidak hanya merespons LPG, tetapi juga cukup peka terhadap keberadaan asap rokok, uap alkohol, atau hidrogen. Di area dapur yang sering terpapar asap tebal dari aktivitas memasak, karakteristik ini berpotensi memicu alarm palsu (false alarm). Selain itu, ketergantungan penuh terhadap suplai daya listrik juga menjadi titik lemah, di mana sistem akan lumpuh total saat terjadi pemadaman listrik darurat kecuali jika ditambahkan unit baterai cadangan. Oleh karena itu, untuk pengembangan lebih lanjut, sistem ini sangat potensial jika diintegrasikan dengan teknologi Internet of Things (IoT) seperti modul ESP8266 agar notifikasi bahaya dapat dikirimkan langsung ke ponsel pengguna secara jarak jauh, serta penambahan katup solenoid otomatis untuk memutus aliran gas langsung pada regulator tabung.



Gambar 2.3 Diagram blok keseluruhan sistem



4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merumuskan sebuah konsep sistem keamanan rumah tangga yang efektif, responsif, dan ekonomis untuk meminimalkan risiko kecelakaan akibat kebocoran gas LPG. Integrasi antara sensor MQ-2 dan mikrokontroler Arduino terbukti mampu mendeteksi penurunan resistansi material sensor akibat paparan gas propana dan butana secara real-time, lalu mengonversinya menjadi indikator peringatan dini yang akurat. Melalui penentuan nilai ambang batas (threshold) yang tepat pada pemrograman Arduino, sistem ini dapat mengaktifkan alarm auditori berupa buzzer dan indikator visual LED merah dengan cepat sebelum akumulasi gas mencapai tingkat kritis yang dapat memicu ledakan. Meskipun sistem ini memiliki keterbatasan berupa sensitivitas silang terhadap asap atau alkohol dan ketergantungan pada suplai daya listrik, konsep ini sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Secara keseluruhan, penerapan sistem berbasis Arduino ini menawarkan solusi proteksi mandiri yang andal, aplikatif, dan mudah diimplementasikan di lingkungan dapur masyarakat luas.

5. SARAN

Untuk meningkatkan keandalan dan fungsionalitas sistem di masa mendatang, terdapat beberapa aspek krusial yang perlu dikembangkan lebih lanjut dari konsep dasar ini. Pertama, guna mengatasi kelemahan sensor MQ-2 terhadap isu sensitivitas silang (cross-sensitivity) yang sering memicu alarm palsu akibat paparan asap dapur atau uap alkohol, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan sensor sekunder atau menerapkan algoritma kecerdasan buatan sederhana seperti logika Fuzzy. Pendekatan ini penting agar sistem dapat memvalidasi dan membedakan secara akurat antara konsentrasi gas LPG murni dengan gas pengganggu lainnya di area dapur. Selain itu, kalibrasi sensor secara berkala serta penentuan nilai ambang batas (threshold) yang bersifat dinamis perlu diterapkan guna menyesuaikan perubahan suhu dan kelembaban lingkungan sekitar secara otomatis. Kedua, sistem ini sangat potensial untuk ditingkatkan dari sebatas perangkat peringatan lokal menjadi sistem proteksi aktif yang cerdas. Pengembangan dapat dilakukan dengan menambahkan komponen solenoid valve otomatis pada ujung regulator tabung gas. Dengan demikian, ketika kebocoran terdeteksi, sistem tidak hanya membunyikan alarm tetapi juga mampu memutuskan aliran gas dari sumbernya secara mandiri demi mencegah akumulasi gas yang lebih parah. Terakhir, adopsi teknologi Internet of Things (IoT) berbasis modul mikrokontroler yang mendukung konektivitas Wi-Fi sangat direkomendasikan. Fitur ini akan memfasilitasi pengiriman notifikasi bahaya secara real-time ke ponsel pengguna jarak jauh serta memungkinkan integrasi sistem cadangan daya (back-up power) agar perangkat tetap beroperasi optimal saat terjadi pemadaman listrik.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada instansi Pendidikan tinggi vokasi Politeknik Negeri Manado juga kepada tim yang terus menerus membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. N. Rumokoy And C. H. Simanjuntak, "Perancangan Konsep Modul Praktek Instalasi Plts Skala Rumah Tangga Berbasis Kompetensi Berorientasi Produksi," Vol. 09, No. 01, Pp. 1–7, 2020.
- [2] N. Hidayat, S. Hidayat, N. A. Pramono, And U. Nadirah, "Sistem Deteksi Kebocoran Gas Sederhana Berbasis Arduino Uno," Vol. 13, No. 2, Pp. 181–186, 2020.
- [3] S. Malo, Y. L. Sabaora, I. P. E. Suyadnya, I. G. Ngurah, And R. Arsana, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas (Lpg) Menggunakan Sensor Mq2 Berbasis Mikrokontroler (Arduino Uno)," *J. Manaj. Dan Teknol. Inf. (Jmti)*, Vol. 14, No. 1, Pp. 24–30, 2024.
- [4] A. Sesanti And Y. Rahmanto, "Design Of A Gas Leak Detection System Based On Iot And Web Server Perancangan Sistem Deteksi Kebocoran Gas Bebas Iot Dan Web Server," Vol. 5, No. April, Pp. 550–557, 2025.



- [5] D. Satria, “Sistem Peringatan Dini Kebakaran Dan Kebocoran Gas Lpg Berbasis Notifikasi Sms Gateway,” Vol. 2, No. September, Pp. 9–13, 2023.
- [6] S. P. Sitorus, A. Karim, And R. Pane, “Implementasi Robotik Pendeteksi Kebocoran Gas Dan Kebakaran Di Rumah Tangga,” Vol. 3, No. 1, Pp. 165–180, 2025.
- [7] W. Apriani, R. Kusuma, H. Basri, M. F. Taharudin, And M. Fitriana, “Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Lpg Otomatis Berbasis Arduino Uno,” *Sinergi Teknol. Dan Masy.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 199–205, 2026.
- [8] M. Yulistia And A. Wandira, “Implementasi Dan Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Sugeno Deteksi Kebocoran Gas Lpg Sensor Mq-2 Dan Mq-6 Melany,” *Technol. Sci. Insights J.*, 2025.
- [9] M. Junus, A. D. Rahman, And R. F. Shodiq, “Micro-Controller Based Biogas Production Monitoring System,” Vol. 8, No. 2, Pp. 69–75, 2025.
- [10] A. Rofik, “Analisis Kebocoran Gas Lpg Dengan Menggunakan Sensor Gas Mq-2,” Pp. 206–208.
- [11] C. H. Simanjuntak, S. Dodie, S. N. Rumokoy, L. Wenno, D. A. Mpila, And Y. Supit, “Pengembangan Konsep Early Warning System Untuk Stok Medisinal Pada Apotek,” Vol. 11, No. 1, Pp. 84–89, 2026.
- [12] G. Korotcenkov, *Handbook Of Gas Sensor Materials*, Vol. 2. New York: Springer, 2014.