

Aplikasi Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG untuk Rumah Tangga dengan Modul NodeMCU ESP32

Wilbert Josef Tanumihardja, Elis Sondang Dasawaty*

Program Studi Sistem Informasi, Institut Bisnis dan Informatika Kwik Kian Gie, Jl. Yos Sudarso Kav 87, Sunter Jakarta 14350, Indonesia.

*) Surel korespondensi : elis.sondang@kwikkiangie.ac.id

Abstract. *The development of technology is very rapid, starting from computers that can only perform mathematical calculations, to various smart devices that have become an integral part of everyday life. This development has brought many good benefits to human life. One example is the existence of early warning technology for disasters. Early warning is a very important element in risk management efforts." With early warning of disasters, people can provide appropriate responses to save themselves, avoid casualties, and reduce the impact of the disaster. This research is field research (Qualitative Method) that uses unstructured interviews, observation, literature study, and documentation. As a data collection technique, this unstructured interview is from the family and from LPG gas users. The system development method uses the Extreme Programming method, and the measurement technique uses data issued by PT Pertamina (Persero) and other literature sources. Early warning alarm system to detect LPG gas leaks for households using the NodeMCU ESP32 module, so as to provide information on the occurrence of LPG gas leaks through LED indicators, buzzers and information on Android-based applications, so that people can take the first handling action. This research is in the form of making an early warning system to detect LPG gas leaks for households using the ESP32 module to detect LPG gas leaks in households to take the first action against LPG gas leaks.*

Keywords: *Early Warning, LPG, ESP32, Android*



This work is licensed under Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Diterbitkan oleh LPPM Institut Bisnis dan Informatika Kwik Kian Gie, Jl. Yos Sudarso Kav 87, Sunter Jakarta 14350, Indonesia.

DOI : <https://doi.org/10.46806/jib.v13i1.1148>

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi berlangsung sangat pesat, mulai dari komputer yang hanya dapat melakukan perhitungan matematika, hingga menjadi berbagai perangkat pintar yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari. Perkembangan ini telah membawa banyak manfaat baik bagi kehidupan manusia. Salah satu contohnya adalah adanya teknologi peringatan dini untuk kebencanaan. Penggunaan teknologi ini sangat membantu manusia, terutama dalam mendapatkan informasi mengenai potensi bencana yang dapat terjadi. Dengan adanya teknologi tersebut, manusia dapat mempersiapkan berbagai tindakan pencegahan untuk menghindari risiko korban jiwa yang dapat ditimbulkan oleh bencana tersebut. Beberapa pemanfaatannya telah diterapkan untuk mendeteksi bencana yang ada.

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang paling sering terjadi di Indonesia. Berdasarkan data dari Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Keselamatan (Gulkarmat) DKI Jakarta sepanjang tahun 2018-2022, tercatat sebanyak 8.004 kasus

kebakaran terjadi di Provinsi DKI Jakarta. Sebanyak 60% di antaranya disebabkan oleh korsleting listrik, 14% disebabkan oleh pembakaran sampah, 10,7% disebabkan oleh kebocoran LPG, 10,4% akibat rokok, 3% disebabkan oleh lilin dan 15,6% lainnya disebabkan oleh penyebab lainnya. Akibat bencana ini, korban mendapatkan kerugian material, dan tidak jarang pada beberapa kasus menimbulkan korban jiwa.

Liquified Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu jenis bahan bakar yang paling umum digunakan di rumah tangga di Indonesia. Penggunaan bahan bakar ini mulai marak digunakan sejak pemerintah menerbitkan kebijakan untuk transisi energi untuk rumah tangga dari bahan bakar minyak bumi ke bahan bakar gas. Tidak jarang penggunaan bahan bakar ini ditemukan di hampir setiap rumah tangga di Indonesia. Adapun bahan bakar ini seringkali digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari digunakan untuk keperluan sehari-hari, seperti memasak, pengering pakaian, maupun keperluan lainnya. Penggunaan bahan bakar ini cukup populer di masyarakat karena memiliki beberapa keunggulan seperti lebih bersih, mudah digunakan, dan lebih aman dibandingkan bahan bakar lainnya.

Namun, dibalik kepopulerannya, bahan bakar LPG memiliki risiko serius yang dapat terjadi apabila lalai dalam penggunaannya, yakni kebakaran. Salah satu contohnya adalah terjadinya kebakaran pada gudang gas LPG di Jalan Imam Bonjol Tebing Tinggi yang menyebabkan satu korban mengalami luka bakar 80%. Diketahui beberapa penyebabnya disebabkan karena pemasangan selang yang tidak tepat, selang yang tidak terstandarisasi SNI ataupun karena karet pengaman yang longgar. Kebocoran pada gas LPG tersebut seringkali cukup sulit dideteksi oleh indera penciuman manusia akibat tingkat penciuman indera manusia yang berbeda-beda dan tidak tersedianya alat indikator yang objektif yang dapat memberikan informasi akurat apabila terjadi kebocoran gas LPG. Selain itu, masyarakat juga seringkali mengalami ketakutan ketika terjadi kebocoran gas, sehingga terlambat dalam mengambil langkah penanganan pertama. Dari beberapa uraian tersebut, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yang ada, antara lain: (1) tingginya kasus kebakaran akibat kebocoran gas LPG, (2) belum adanya penentuan titik ambang batas kebocoran gas LPG, dan (3) belum adanya sistem peringatan dini untuk mendeteksi kebocoran gas LPG.

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijabarkan di atas, maka peneliti menetapkan beberapa masalah. (1) Tingginya kasus kebakaran yang disebabkan oleh kebocoran gas LPG dalam lingkup rumah tangga. (2) Belum adanya penentuan titik ambang batas kebocoran gas LPG dalam lingkup rumah tangga. (3) Belum adanya sistem peringatan dini di rumah tangga untuk mendeteksi kebocoran gas LPG.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sebuah sistem peringatan dini yang memperingatkan dan menyediakan informasi tentang kebocoran gas LPG di rumah tangga sehingga setiap anggota keluarga mendapatkan informasi dan edukasi yang cepat, akurat, dan terkini mengenai bahaya kebocoran

gas LPG, dan dapat mengambil langkah-langkah pertama untuk mengatasi kebocoran gas LPG serta mencegah potensi kebakaran.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Peringatan Dini

Menurut Khambali (2017:16), "Peringatan dini adalah serangkaian kegiatan pemberi peringatan segera mungkin kepada masyarakat tentang terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga berwenang atau upaya untuk memberikan tanda peringatan bahwa bencana kemungkinan akan terjadi."

Menurut Herlianto (2012: 1), "Peringatan dini adalah elemen yang sangat penting dalam upaya pengelolaan risiko." Dengan adanya peringatan dini terhadap bencana, masyarakat dapat memberikan respons yang sesuai untuk menyelamatkan diri, menghindari korban jiwa, serta mengurangi dampak dari bencana tersebut.

Unsur-unsur dari suatu sistem peringatan dini yang lengkap dan efektif mencakup (1) pengetahuan tentang risiko, (2) pemantauan dan layanan peringatan, (3) penyebaran dan komunikasi, dan (4) kemampuan penanggulangan.

2.1.1 Pengetahuan tentang risiko

Munculnya risiko akan berasal dari kombinasi adanya bahaya dan kerentanan di wilayah geografis tertentu. Penilaian risiko bencana memerlukan pengumpulan dan pemeriksaan data yang sistematis, dengan mempertimbangkan sifat dinamis bahaya dan kerentanan yang dihasilkan dari fenomena seperti urbanisasi, perubahan penggunaan lahan, degradasi lingkungan, dan perubahan iklim. Pemanfaatan penilaian risiko bencana dan peta akan memfasilitasi identifikasi individu, sehingga memungkinkan prioritas persyaratan untuk sistem peringatan dini dan panduan untuk mencegah dan menanggulangi bencana.

2.1.2 Pemantauan dan layanan peringatan

Komponen utama dari sistem adalah layanan peringatan. Kehadiran landasan ilmiah yang kuat sangat penting untuk mengantisipasi dan memprediksi terjadinya risiko secara efektif. Selain itu, diperlukan sistem peramalan dan peringatan yang andal yang beroperasi 24 jam sehari.

Untuk mengeluarkan peringatan yang tepat pada waktu yang tepat, sangat penting untuk terus memantau parameter bahaya dan indikasi awalnya. Jika memungkinkan, koordinasi layanan peringatan untuk berbagai bahaya harus dilakukan dengan memanfaatkan jaringan kelembagaan, prosedural, dan komunikasi yang mapan.

2.1.3 Penyebarluasan dan komunikasi

Semua individu yang berisiko bahaya yang akan segera terjadi harus diberitahu tentang peringatan tersebut. Komunikasi harus jelas dan mencakup empat komponen mendasar dari Sistem Peringatan Dini yang berorientasi masyarakat. Informasi yang ringkas namun informatif sangat penting untuk mendapatkan respons yang tepat,

yang pada akhirnya melindungi nyawa. Langkah awal melibatkan identifikasi mekanisme komunikasi di tingkat regional, nasional, dan masyarakat, diikuti dengan pembentukan otoritas yang kompeten. Sangat penting untuk menggunakan saluran komunikasi yang beragam untuk memastikan bahwa jumlah maksimum individu segera diberitahu, sehingga meminimalkan risiko kegagalan saluran dan secara bersamaan memperkuat pesan peringatan.

2.1.4 Kemampuan penanggulangan

Pemahaman tentang bahaya yang akan segera terjadi oleh masyarakat umum adalah yang paling penting, bersama dengan pengetahuan mereka tentang layanan peringatan dan respons yang tepat. Program yang berfokus pada pendidikan dan kesiapan memegang peran penting dalam domain ini. Penting juga bahwa rencana untuk manajemen bencana dapat dilaksanakan dengan tepat, dengan uji tuntas dan pengujian yang ketat. Masyarakat harus menerima penyebaran informasi yang lebih besar mengenai pilihan untuk perilaku yang aman, aksesibilitas rute penyelamatan diri, dan strategi optimal untuk mencegah kerusakan dan kehilangan properti.

2.2 Liquefied Petroleum Gas (LPG)

Berdasarkan dokumen *Material Safety Datasheet* yang dikeluarkan oleh PT. Pertamina (Persero) pada tahun 2007, dijelaskan bahwa *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) merupakan gas alam cair yang terdiri dari campuran propana (C_3H_{10}) dan butana (C_4H_{12}). LPG umumnya digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak, memanaskan air, dan sebagai bahan bakar kendaraan. Gas ini berbentuk cairan yang tidak berwarna, memiliki bau yang khas karena terdapat senyawa tambahan etil merkaptan (C_2H_6S), mudah terbakar, memiliki massa jenis lebih berat dari udara, serta dapat menguap dengan cepat pada tekanan atmosfer.

2.3 Mikrokontroler

Menurut Idhar dan Suhaeb (2017: 53), "Mikrokontroler merupakan sebuah chip atau IC (*Integrated Circuit*) yang di dalamnya sudah terdapat prosesor, memori dan periferal tambahan lain. Semua bagian tersebut dipadatkan dalam satu buah chip. Banyaknya periferal yang ada dalam mikrokontroler tergantung dari masing-masing tipe dan spesifikasi pabrik. Tidak bisa disamakan isi dari mikrokontroler A dengan mikrokontroler B."

Menurut Risal (2017), "Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil ("*special purpose computers*") di dalam satu IC (*Integrated Circuit*) yang berisi CPU (*Central Processing Unit*), memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, *Port input/output*, ADC (*Analog-to Digital Converter*). Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program."

2.4 NodeMCU ESP32

Menurut Oner (2021: 12), "ESP32 adalah mikroprosesor nirkabel yang hemat biaya dan cocok untuk pengembangan perangkat Internet of Things (IoT). Chip ini memiliki fitur *Wi-Fi built-in* dan dapat dihubungkan dengan modul jaringan tambahan seperti Z-wave, membuatnya cocok untuk mengontrol perangkat pintar dan terhubung ke

internet. ESP32 juga dilengkapi dengan keamanan perangkat keras untuk membantu mengamankan komunikasi dalam perangkat IoT.”

2.5 Android

Menurut Mishra (2020, 17), “Android adalah sebuah platform *mobile* yang dikembangkan oleh Google. Ini adalah perangkat lunak sumber terbuka yang tersedia untuk semua. Sistem operasi Android dirancang untuk ponsel layar sentuh dengan *smartphone*. Ini juga tersedia untuk mengembangkan aplikasi di Android seperti aplikasi seluler Android, TV Android, Jam Tangan Android, Kamera Digital, Peta Android, dan banyak lagi. Android bekerja dengan baik dengan OS UNIX dan LINUX. Android mendukung dua bahasa, yaitu Java dan Kotlin.”

2.6 Dart

Menurut Sande dan Galloway (2020:15), “Dart adalah bahasa pemrograman bertujuan umum yang dikembangkan oleh Google untuk mengembangkan aplikasi web, server, desktop, dan *mobile* untuk sistem operasi iOS dan Android. Dart memiliki mesin virtual yang mempercepat pembangunan ulang dan memperbolehkan pengembang untuk menciptakan aplikasi lintas platform untuk desktop, *mobile*, server, dan perangkat tertanam.”

Menurut Kathy Walrath (2012:1), “Dart merupakan proyek *open source* yang bertujuan untuk mempermudah para pengembang dalam membangun aplikasi-aplikasi web dengan performa yang tinggi dan kompleks. Bahasa Dart mempermudah pengembangan prototipe, pengaksesan alat-alat yang canggih, dan mengakses *libraries*.”

2.7 Firebase

Menurut Moroney (2017: 2), “Firebase merupakan salah satu produk berbasis *cloud* yang menyediakan berbagai layanan *back-end* untuk membantu pengembangan aplikasi baik berbasis web maupun berbasis *mobile*. Produk ini dikembangkan oleh Google untuk membantu menyediakan layanan umum yang dibutuhkan, seperti *database*, *back-end*, *authentication*, *messaging*, dan lainnya.”

Menurut Yahiaoui (2017: 7), “Firebase adalah platform *backend-as-a-service* (BaaS) yang dikembangkan oleh Google untuk membuat aplikasi *mobile* dan web. Firebase menawarkan berbagai fitur seperti otentikasi, basis data *real-time*, penyimpanan *file*, alat keamanan, dan analitik untuk membangun aplikasi *full-stack* dengan dokumentasi yang mudah digunakan. Firebase menghilangkan banyak tugas yang berulang dan mengurangi kebutuhan akan sumber daya manusia yang luas. Firebase juga menyederhanakan pembuatan kode sisi server, memungkinkan pengembang untuk lebih fokus pada logika aplikasi.”

2.8 Extreme Programming

Menurut Pressman (2020, 46), “*Extreme Programming* (XP) merupakan salah satu pendekatan yang sering digunakan dalam pengembangan perangkat lunak. *Extreme*

Programming mencakup seperangkat aturan yang terjadi dalam konteks empat aktivitas kerangka kerja, yaitu perencanaan, desain, pemrograman, dan pengujian”

Menurut Dzhurov (2009: 253), “*Personal Extreme Programming (PXP)* merupakan metodologi yang bercabang dari *Extreme Programming* yang dirancang untuk meningkatkan performa dan kualitas secara otonom dengan meng-otomatisasi aktivitas pengembang harian dan melakukan retrospeksi secara teratur.”

3. Metode Penelitian

Sesuai dengan topik dan masalah yang digunakan dan diteliti oleh peneliti maka peneliti memutuskan untuk menggunakan metode kualitatif. Metode kualitatif menurut Sugiyono (2013:9), “Metode penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat postpositivisme, digunakan untuk meneliti pada kondisi obyek yang alamiah, (sebagai lawannya adalah eksperimen) dimana peneliti adalah sebagai instrumen kunci, teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi (gabungan), analisis data bersifat induktif/kualitatif, dan hasil penelitian kualitatif lebih menekankan makna daripada generalisasi.”

Peneliti juga menggunakan metode kuantitatif untuk pengukuran data. Menurut Hardani (2020:240), “Metode kuantitatif adalah mengembangkan dan menggunakan model matematis, teori dan hipotesis yang berkaitan dengan fenomena alam. Proses pengukuran merupakan bagian yang sangat krusial dalam penelitian kuantitatif. Hal ini memberikan gambaran atau jawaban akan hubungan yang fundamental dari hubungan kuantitatif.

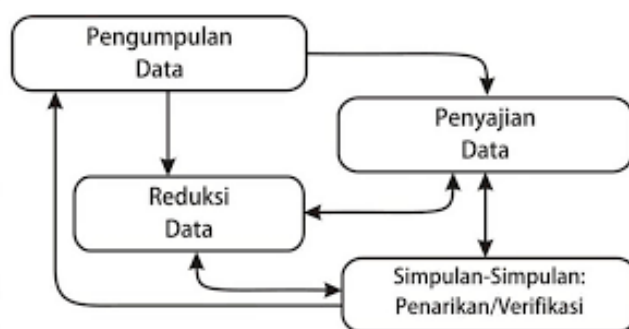
Peneliti menggunakan beberapa teknik pengumpulan data untuk memastikan bahwa data yang diperoleh adalah data yang valid dan akurat. (1) Wawancara tidak terstruktur, penulis menggunakan teknik wawancara tidak terstruktur dengan keluarga secara langsung dan merekam suara wawancara. Pemilihan teknik wawancara tidak terstruktur ini dikarenakan pada kedekatan penulis dengan anggota keluarga di rumah yang memungkinkan penulis menggunakan bahasa sehari-hari untuk mendapatkan informasi yang dapat dikelola.

(2) Studi Pustaka, penulis juga mengumpulkan data sekunder untuk mendukung validasi dari data primer. Studi kepustakaan menjadi teknik yang digunakan untuk memperoleh data dari buku, jurnal serta penelitian terdahulu yang mempunyai judul yang serupa. Penulis dengan menggunakan studi pustaka agar dapat memperoleh ilmu mengenai pembuatan sistem alarm peringatan dini untuk mendeteksi kebocoran gas serta metode-metode yang berkaitan dengan sistem teknologi mikrokontroler.

(3) Dokumentasi, penulis mengumpulkan dokumen- dokumen, rekaman audio, dan video untuk pencatatan kebutuhan penulis sebagai salah satu sumber data sekunder.

3.1 Teknik Analisis Data

Penulis menggunakan teknik analisis data kualitatif yang berlandaskan oleh model Miles dan Huberman. Model ini memiliki alur analisis data seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Alur Analisis Data Model Miles dan Huberman

Analisis data terjadi melalui beberapa tahapan yakni reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan.

3.1.1 Reduksi Data

Reduksi data merupakan proses berpikir sensitif yang memerlukan kecerdasan dan keluasan dan kedalaman wawasan yang tinggi. Proses ini memerlukan pemikiran yang cermat, pemahaman yang mendalam terhadap konteks data, serta kemampuan untuk mengenali pola atau inti dari informasi yang relevan. Reduksi data bukan hanya tentang menghapus atau memotong bagian-bagian tertentu dari data, tetapi juga melibatkan pemahaman yang mendalam terhadap substansi data dan kemampuan untuk menyajikannya secara lebih sederhana tanpa kehilangan informasi yang kritis atau esensial.

3.1.2 Penyajian Data (Display Data)

Data yang sudah direduksi disajikan ke dalam bentuk yang lebih mudah dipahami. Dalam penelitian kuantitatif penyajian data ini dapat berbentuk tabel, grafik, *pie chart*, *pictogram* dan lainnya. Dengan adanya penyajian data, maka data diorganisasikan, tersusun dalam pola hubungan, sehingga akan semakin mudah dipahami. Dalam penelitian kualitatif, penyajian data bisa dilakukan dalam bentuk narasi singkat, bagan, hubungan antar kategori, *flowchart* dan sejenisnya. Yang paling umum digunakan dalam menyajikan data penelitian kualitatif adalah dengan teks yang bersifat naratif.

3.1.3 Penarikan Kesimpulan

Langkah selanjutnya dalam analisis adalah penarikan kesimpulan dan verifikasi. Kesimpulan awal yang dikemukakan masih bersifat sementara, dan akan berubah bila tidak ditemukan bukti-bukti yang kuat yang mendukung pada tahap pengumpulan data berikutnya. Tetapi apabila kesimpulan yang dikemukakan pada tahap awal, didukung oleh bukti-bukti yang valid dan konsisten saat peneliti kembali ke lapangan mengumpulkan data, maka kesimpulan yang dikemukakan merupakan kesimpulan yang kredibel.

3.2 Teknik Pengukuran Data

3.2.1 Pengukuran Konsentrasi Kadar Gas

Menurut Jesperesen et.al (2014:246), untuk mengukur konsentrasi dari suatu gas dapat menggunakan rumus

$$ppm = \frac{\text{grams of component}}{\text{grams of sample}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

dimana *ppm* = *part per million*; *grams of component* = massa gas komponen (g); dan *grams of sample* = massa gas sampel (g).

Grams of component merupakan massa dari jenis gas yang ingin diukur, dalam kasus ini merupakan *Liquified Petroleum Gas* (LPG). Massa gas tersebut kemudian dibagi dengan massa dari keseluruhan gas yang ada dalam suatu ruang, sehingga menghasilkan perbandingan konsentrasi yang dihitung dengan kadar gas yang ada. Hasil perbandingan tersebut kemudian dikalikan dengan 106 sehingga menghasilkan konsentrasi kadar gas dalam satuan per satu juta partikel.

3.2.2 Penentuan Ambang Batas Kebocoran

Berdasarkan *Material Safety Data Sheet* yang dikeluarkan oleh PT Pertamina (Persero) pada tanggal 1 Mei 2007, diketahui komposisi gas LPG yang beredar untuk pasar domestik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2 Tabel Komposisi *Liquified Petroleum Gas*

Jenis Gas	Kandungan
Etana (C ₂ H ₆)	≤ 0.2%
Propana (C ₃ H ₈)	≥ 97.50%
Iso-butana (C ₄ H ₁₀)	≤ 0.1%
n-butana (C ₄ H ₁₀)	≤ 0.1%
Pentana (C ₅ H ₁₂)	≤ 0.1%
Etil Merkaptan (C ₂ H ₆ S)	50 mL/100 AG min.

Berbagai jenis gas tersebut memiliki tingkat terbakar yang berbeda- beda yang diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Tabel Ambang Terbakar Gas

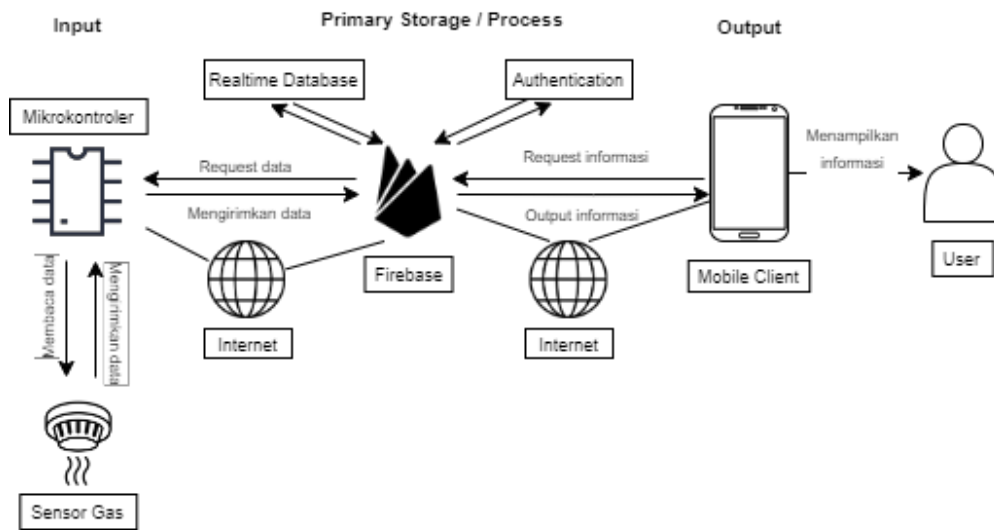
Jenis Gas	Ambang Terbakar (% volume)	
	Bawah	Atas
Propana (C ₃ H ₈)	2.1%	9.5%
Etana (C ₂ H ₆)	3%	12.5%

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Arsitektur Rancangan Sistem

Sistem peringatan dini kebocoran gas yang dikembangkan merupakan kombinasi perangkat *Internet of Things* dan *mobile application*. Tujuan dari pengembangan ini adalah agar pengguna dapat menerima peringatan dini kapan saja dan dimana saja. Gambar menjabarkan arsitektur rancangan sistem peringatan dini kebocoran gas LPG

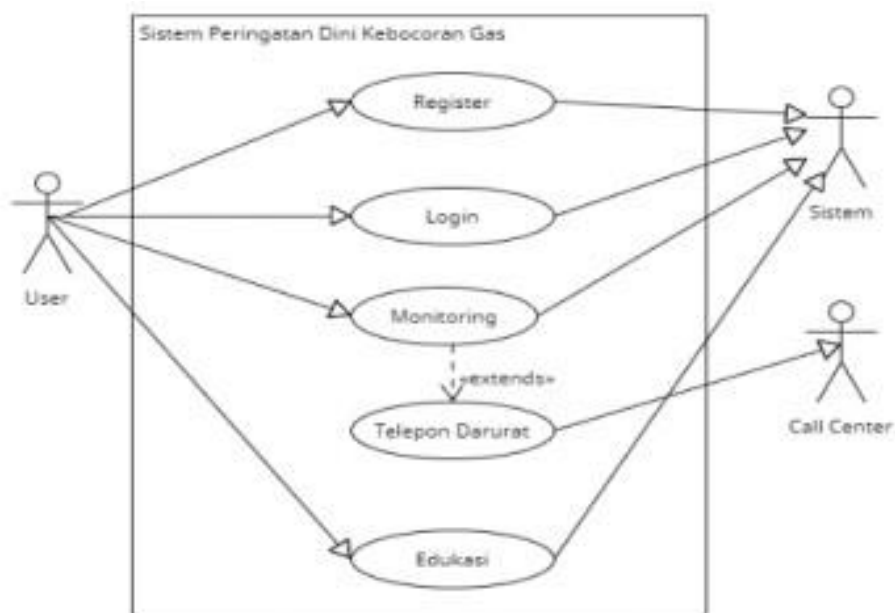
mulai dari *input*, proses, *output*, serta penyimpanan. Aplikasi yang dihasilkan dapat digunakan menggunakan perangkat *mobile*, dalam hal ini yang berjalan pada sistem operasi Android.



Gambar 2 Arsitektur Rancangan Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG

4.2 Use-case Diagram

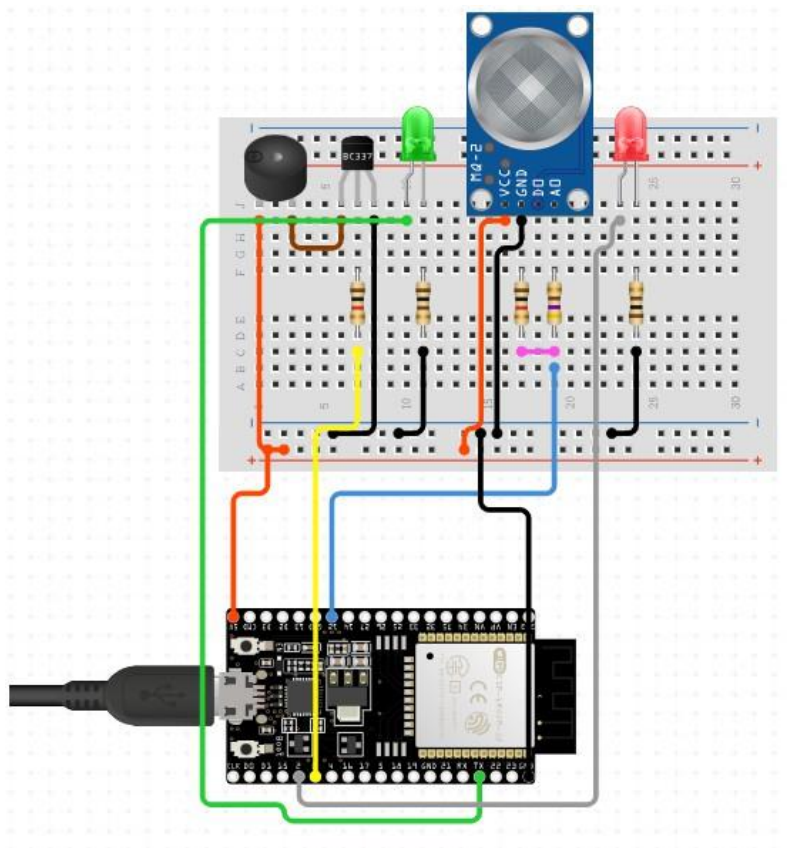
Berdasarkan arsitektur tersebut, perancangan sistem kemudian dilakukan lebih lanjut untuk menggambarkan keseluruhan proses dalam sistem dan analisisnya melalui *use case diagram* pada gambar 4.2. Dalam diagram tersebut, sistem dirancang memiliki satu aktor utama, yakni pengguna (*user*), yang dapat mengakses seluruh proses dalam sistem. Selain itu, terdapat juga dua aktor lainnya yang terlibat pada sistem ini, yakni sistem yang mengerjakan proses pada aplikasi, dan *call center* yang berinteraksi pada layanan telepon darurat.



Gambar 3 Use Case Diagram Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG

4.3 Rancangan Perangkat Keras

Rancangan perangkat keras dalam pengembangan sistem peringatan dini deteksi kebocoran gas LPG menggunakan beberapa komponen perangkat keras, antara lain: NodeMCU ESP32 Devkit V4, sensor gas MQ2, resistor, LED, kabel *jumper*, *breadboard*, *buzzer*, serta transistor. Berbagai komponen tersebut kemudian dirangkai menjadi suatu rangkaian dengan skema rangkaian seperti pada gambar 4.3



Gambar 4 Rangkaian Perangkat Keras

4.4 Angka Kejadian Kebakaran di DKI Jakarta

Berdasarkan data Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Keselamatan (Gulkarmat) DKI Jakarta dikutip dari artikel berita ANTARA News yang terpublikasi pada tanggal 29 Agustus 2022, diketahui terdapat 8.004 kejadian kebakaran yang terjadi dalam periode 2018-2022. Berdasarkan data pada Tabel 4, diketahui sebanyak 804 kejadian kebakaran (10,4 persen) disebabkan oleh kebocoran gas di DKI Jakarta yang terjadi pada tahun 2018-2022.

Tabel 2 Kejadian Kebakaran di DKI Jakarta pada tahun 2018-2022

Penyebab	Jumlah
"Korsleting" Listrik	4.829
Membakar Sampah	859
Gas	804
Rokok	259
Lilin	37
Penyebab Lainnya	1.180

4.5 Penentuan Ambang Batas Kebocoran

Nilai ambang batas kebocoran untuk gas LPG dihitung berdasarkan rasio komposisi gas yang didapatkan dari data PERTAMINA. Berdasarkan nilai ambang batas yang telah diuraikan sebelumnya, maka penentuan ambang batas kebocoran disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Tabel Ambang Batas Kebocoran

Jenis Gas	Ambang Batas					
	Bawah			Atas		
	%	PPM	2% ABB (PPM)	%	PPM	2% ABA (PPM)
Propana (C ₃ H ₈)	2,1	21.000	420	9,5	95.000	1.900
Etana (C ₂ H ₆)	3	30.000	600	12,5	125.000	2.500
LPG (97% Propana + 0.2% Etana)	2,05	20.500	410	9,28	92.800	1.856

Penentuan tersebut dilakukan dengan menghitung persen ambang batas bawah dan ambang batas atas kebocoran gas untuk setiap jenis gas, yang kemudian dihitung lebih lanjut berdasarkan rasio jenis gas campuran pada gas LPG. Persen Volume tersebut kemudian dikalikan dengan 1.000.000 untuk mendapatkan nilai PPM dari ambang batas kebocoran. Hasil penghitungan tersebut merupakan nilai 100% dari ambang batas kebocoran. Dalam sistem peringatan dini, pendeteksian dilakukan sedini mungkin sebelum mencapai nilai 100% dari ambang kebocoran. Oleh karena itu penulis mengambil nilai 2% dari 100% ambang batas sebagai standar untuk penetapan status kebocoran, yang ditetapkan seperti yang disajikan pada Tabel 4

Tabel 4 Pembagian Kategori Kebocoran

Rentang Konsentrasi Gas (PPM)	Kategori
0 – 409	Normal
410 – 1.856	Bocor

4.6 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan ketika semua komponen telah terhubung pada rangkaian sistem. Untuk mengetahui cara kerja pada sistem, pengujian dilakukan dengan mensimulasikan kebocoran gas dan kemudian memantau indikator kebocoran berupa lampu LED, status di aplikasi, serta bunyi alarm. Adapun hasil dari pengujian disajikan ada Tabel 5.

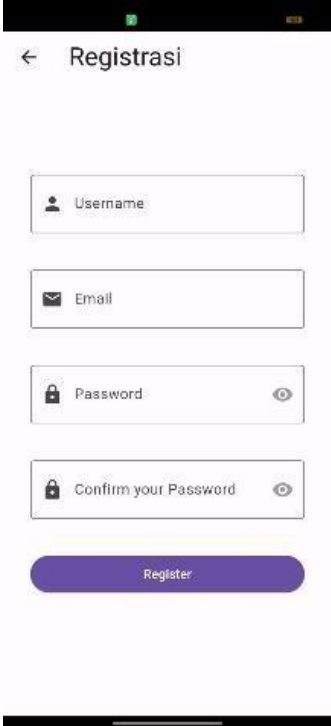
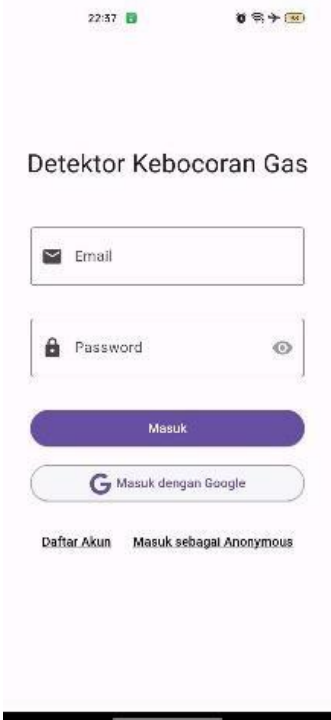
Tabel 5 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Kadar Gas	Indikator (LED ON)	Buzzer	Status	Hasil
97	LED1 Hijau	-	Aman	Sesuai
413	LED2 Merah	Alarm ON	Bocor	Sesuai

4.7 Aplikasi yang Dihasilkan

Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG untuk Rumah Tangga dengan Modul NodeMCU ESP32. Tampilan dan keterangan aplikasi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Tampilan Aplikasi Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG untuk Rumah Tangga dengan Modul NodeMCU ESP32

No	Tampilan	Keterangan
1		Laman Registrasi Pada tampilan ini, pengguna baru perlu melakukan registrasi akun yang nantinya akan digunakan untuk mengakses aplikasi. Pengguna akan diminta untuk mengisi data pribadi sesuai dengan kolom yang diminta, dan kemudian menekan tombol “register” untuk melanjutkan proses registrasi. Selanjutnya, pengguna akan dikirimkan email verifikasi lebih lanjut melalui email yang telah diisi dan setelah verifikasi berhasil, pengguna dapat mengakses aplikasi dengan akun yang telah dibuat
2		Laman untuk login Pada tampilan ini, pengguna perlu melakukan login untuk dapat mengakses aplikasi. Apabila terdapat pengguna baru yang belum memiliki akun sebelumnya, pengguna dapat menekan tombol daftar akun untuk melakukan registrasi akun baru yang akan diarahkan ke laman registrasi.

3		Laman utama. Pada laman tersebut pengguna dapat mengakses informasi yang didapat dari sensor gas secara <i>real-time</i>. Pengguna juga dapat mengakses layanan panggilan darurat dengan menekan tombol yang “hubungi 112” yang akan mengarahkan langsung pengguna ke laman telepon untuk melakukan panggilan darurat ke instansi terkait.
4		Laman edukasi Laman ini akan tampil ketika pengguna menekan tab edukasi pada tombol navigasi. Pada laman ini, pengguna akan ditampilkan berbagai artikel edukasi terkait keamanan penggunaan gas LPG yang dapat dipilih dan dibaca oleh pengguna untuk menambah wawasan dalam penggunaan gas LPG.
5		Laman artikel Detail pada laman artikel ketika pengguna memilih salah satu artikel pada tab edukasi. Pengguna dapat membaca artikel tersebut secara penuh dan dapat kembali ke layar utama dengan menekan tombol anak panah pada bagian kiri atas.

6		Laman profil pengguna Pada laman ini, pengguna dapat mengakses informasi akun pengguna.
---	---	--

5. Kesimpulan dan Saran

Implementasi sistem peringatan dini kebocoran *Liquified Petroleum Gas* (LPG) menggunakan modul NodeMCU ESP32 yang terintegrasi dengan aplikasi berbasis Android dapat memberikan peringatan dini apabila terjadi kebocoran gas di rumah tangga. Penentuan nilai ambang batas kebocoran *Liquified Petroleum Gas* (LPG) pada angka 410 ppm untuk deteksi kebocoran gas LPG di rumah tangga.

Sistem yang dihasilkan melalui penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memperoleh hasil yang lebih baik. Untuk penelitian selanjutnya, penulis berharap adanya pengembangan untuk penambahan sistem sirkulasi otomatis, serta peningkatan skalabilitas sistem untuk penggunaan yang lebih luas.

Daftar Pustaka

- Ahmad Risal, A. (2017). *Mikrokontroler dan Interface*. Makasar: UNM.
- Cameron, N. (2023). *ESP32 Formats and Communication: Application of Communication Protocols with ESP32 Microcontroller*. Apress.
- Dzhurov, Y., Krasteva, I., & Ilieva, S. (2009). *Personal Extreme Programming – An Agile Process for Autonomous Developers*.
- Idhar, A., Dr, H. S., Yasser Abd Djawad, Saharuddin, S., & Sutarsi Suhaeb, S. (2017). *Embedded System and Robotics*. Makasar: UNM.
- Medi Herlianto, C. M. (2012). *Pedoman Sistem Peringatan Dini Berbasis Masyarakat*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Jespersen, N. D., Hyslop, A., & Brady, J. E. (2014). *Chemistry, Binder Ready Version: The Molecular Nature of Matter*. Wiley.
- Sande, J., & Galloway, M. (2020). *Dart Apprentice*. Raywenderlich.

- Mishra, S. K. (2020). *Fundamentals of Android App Development: Android Development for Beginners to Learn Android Technology, SQLite, Firebase and Unity*. BPB PUBN.
- Moroney, L. (2017). *The Definitive Guide to Firebase: Build Android Apps on Google's Mobile Platform*. Apress.
- Oner, V. O. (2021). *Developing IoT Projects with ESP32: Automate Your Home or Business with Inexpensive Wi-Fi Devices*. Packt Publishing.
- Polres Tebing Tinggi. (2023). Kebakaran Gudang Gas Elpiji di Jalan Imam Bonjol Menyebabkan Satu Orang Luka Bakar. Sumber: <https://humas.polri.go.id/2023/10/09/kebakaran-gudang-gas-elpiji-di-jalan-imam-bonjol-menyebabkan-satu-orang-luka-bakar/>
- Prayoga, R. (2022). Lima tahun terakhir, 60-70 persen kebakaran di DKI akibat arus pendek. Sumber: <https://www.antaranews.com/berita/3087333/lima-tahun-terakhir-60-70-persen-kebakaran-di-dki-akibat-arus-pendek>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. McGraw-Hill Education.
- PT PERTAMINA (Persero). (2007). *Material Safety Data Sheet: LPG (Liquified Petroleum Gas)*. Jakarta: PT. PERTAMINA (Persero).
- Yahiaoui, H. (2017). *Firebase Cookbook*. Packt Publishing.