

“Peralatan Pencegahan Kebakaran Akibat Kebocoran Tabung Gas Menggunakan Sensor MQ-135 Berbasis IoT (Internet of Things)”

^{1*} Partaonan Harahap, ¹ Rimbawati, ² Noorly Evalina, ³ Dultudes Mangopo,

^{1*,1,2} Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

³ Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Papua, Indonesia

Email: partaonanharahap@umsu.ac.id, ² rimbawati@umsu.ac.id, ³ noorlyevalina@umsu.ac.id, dultudesmangopo71@gmail.com

Article Info

Keyword:

pendeteksi kebocoran gas, IoT, sensor MQ-135, sistem keselamatan, pemantauan jarak jauh.

Copyright © 2025 -SNTE
All rights reserved

ABSTRACT

Abstrak- Perangkat pendeteksi kebocoran gas memiliki peran yang sangat penting dalam menjamin keselamatan serta mencegah terjadinya kecelakaan di lingkungan rumah tangga maupun industri. Kebocoran gas, khususnya dari tabung Liquefied Petroleum Gas (LPG), menimbulkan risiko serius seperti ledakan, bahaya kebakaran, serta ancaman bagi kesehatan manusia. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menyajikan rancangan dan implementasi sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor MQ-135. Sensor MQ-135 mampu mendeteksi gas berbahaya serta penurunan kualitas udara dengan cara memantau variasi resistansi pada keluarannya. Sistem yang diusulkan mengintegrasikan NodeMCU ESP8266 sebagai pemroses data, buzzer dan indikator LED sebagai peringatan lokal, serta fitur notifikasi berbasis Telegram untuk pemantauan jarak jauh. Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi ruangan tertutup maupun terbuka untuk mengevaluasi kecepatan respons dan keandalannya. Pada ruangan tertutup, rata-rata waktu deteksi adalah 44 detik, sedangkan di lingkungan terbuka waktu respons bervariasi dengan rata-rata 45 detik akibat pengaruh sirkulasi udara. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa proses kalibrasi antara keluaran sensor dengan grafik pada datasheet MQ-135 menghasilkan rata-rata galat sebesar 9,62%, dengan galat terkecil 0,93% dan terbesar 16%. Temuan ini menegaskan bahwa sistem cukup akurat dan responsif dalam mengidentifikasi kebocoran gas. Solusi berbasis IoT ini membuktikan potensinya dalam meningkatkan keselamatan rumah tangga maupun industri dengan memberikan deteksi real-time, peringatan dini, dan kemampuan pemantauan jarak jauh. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada optimalisasi sistem, integrasi dengan katup pemutus gas otomatis, serta penerapan lebih luas pada aplikasi rumah pintar dan sistem keselamatan industri.

Corresponding Author:

Partaonan Harahap,

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Kapt. Mukhtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

1. PENDAHULUAN

Kebocoran gas merupakan masalah yang sering terjadi dan memberikan dampak negatif baik terhadap lingkungan maupun kesehatan masyarakat. Kebocoran dapat berupa gas maupun cairan dari isi tabung. Karena bentuk cairan lebih berat dari udara, ketika terjadi kebocoran cairan tersebut akan cepat menguap dan membentuk awan gas yang besar lalu turun ke permukaan tanah. Uap dari tabung gas dapat terkumpul di saluran air, lantai, atau tanah setelah menyebar cukup jauh di permukaan. Gas ini dapat meledak atau terbakar jika terlalu dekat dengan sumber api. Salah satu gas rumah kaca yang dilepaskan dari pembakaran adalah karbon dioksida. Selain itu, reaksi tersebut juga menghasilkan karbon monoksida dalam jumlah besar. Gas rumah kaca tersebut berdampak buruk bagi lingkungan maupun kesehatan manusia, karena menjebak panas sehingga berkontribusi terhadap perubahan iklim [1], yang sebagian besar terjadi di negara berkembang seperti Bangladesh. Ledakan tabung atau kebocoran gas dapat menyebabkan kecelakaan. Meledaknya tabung gas berpotensi memicu kebakaran besar yang dapat menewaskan banyak orang dan melukai lebih banyak lagi. Telah banyak kasus ledakan tabung gas di Bangladesh yang mengakibatkan korban luka dan jiwa. Diperkirakan sekitar 350 orang di Bangladesh meninggal dunia akibat ledakan gas pada tahun lalu [2][3][4].

Sensor gas berfungsi mendeteksi kebocoran ketika kebocoran terjadi di dalam ruangan, dapur, atau ruang penyimpanan tabung. Sistem ini kemudian mengirimkan notifikasi kepada pemilik untuk memberitahukan kejadian tersebut. Pada dapur atau ruang penyimpanan tabung gas di hotel atau tempat lain yang dilengkapi dengan exhaust fan, sistem dapat memutus suplai gas dan mengeluarkan gas yang bocor dari ruangan. Dalam situasi kebakaran, sistem ini bahkan dapat mengaktifkan bola pemadam api secara otomatis untuk memadamkan api serta memberi tahu pemilik tentang insiden tersebut. Struktur penulisan artikel ini adalah sebagai berikut: berbagai sistem IoT yang saat ini digunakan serta alasan pengembangan penelitian ini disajikan pada Bagian 2. Persyaratan proyek dan gambaran umum sistem dibahas pada Bagian 3. Rancangan dan implementasi sistem dijelaskan pada Bagian 4. Kinerja sistem, keandalan, serta hasil pengujian dijabarkan pada Bagian 5. Beberapa penelitian lanjutan yang relevan dijelaskan pada **Bagian 6**, dan kesimpulan disampaikan pada Bagian 7 [5].

1.1 The Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep yang berkaitan dengan perangkat yang terhubung sebagai media komunikasi berbasis internet. Dengan IoT, pengguna dapat terhubung dan berkomunikasi untuk melakukan aktivitas tertentu, mencari, memproses, dan mengirimkan informasi secara otomatis. Jika berbicara tentang IoT, konsep ini hampir sama dengan Machine-to-Machine (M2M)[6]. Namun, pada kenyataannya kedua konsep ini memiliki perbedaan dalam skala dan ruang lingkup penggunaannya. M2M mengacu pada teknologi yang memungkinkan komunikasi antar mesin tanpa intervensi manusia. Dengan kata lain, M2M lebih berfokus pada sistem operasi mesin untuk menjalankan suatu program[7][8].

Contoh yang paling jelas adalah operasi mesin di pabrik. Di dalam pabrik, mesin dapat berjalan secara otomatis dan saling berkomunikasi. Dengan demikian, mereka dapat mengatur jalur produksinya sendiri tanpa campur tangan manusia. Jadi, terlihat jelas perbedaannya, bukan? Namun, perlu diingat bahwa dalam praktiknya kedua konsep ini sering digunakan secara bersamaan, karena tujuan IoT dan M2M sama-sama membangun komunikasi otomatis untuk meningkatkan efisiensi[9][10].

1.2 Efisiensi Energi

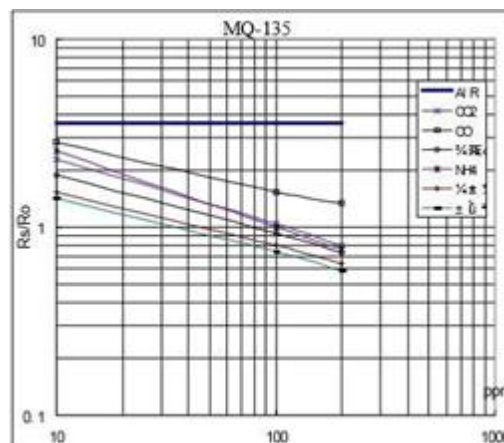
Konsep IoT dapat diterapkan pada semua aspek kehidupan manusia, mulai dari pendidikan, kesehatan, industri, hingga rumah tangga. Salah satu tujuan penggunaan konsep ini adalah untuk efisiensi energi. IoT dapat meningkatkan efisiensi aktivitas suatu perusahaan sekaligus mengurangi biaya produksi dan konsumsi energi. Selain itu, IoT juga dapat mengoptimalkan penggunaan energi dengan memberikan kendali yang lebih baik terhadap perangkat yang digunakan. Dengan kata lain, pengguna dapat mengatur batas minimum dan maksimum penggunaan sumber daya atau perangkat agar tidak melebihi kapasitas yang ditentukan.

1.3 Penghematan Biaya



Gbr 2. Sensor MQ-135[18]

Kepraktisan dan konsumsi dayanya yang rendah membuat sensor ini sangat cocok digunakan sebagai indikator bahaya polusi. [19][20]. Perubahan resistansi pada sensor MQ-135 bergantung pada konsentrasi gas, sehingga menunjukkan tingkat sensitivitas sensor. Nilai resistansi sensor menunjukkan perubahan sensitivitas berdasarkan konsentrasi gas yang terdeteksi. Gas yang terukur dinyatakan dalam satuan ppm (parts per million). Grafik hubungan antara nilai R_s/R_o terhadap ppm yang terdapat pada datasheet MQ-135 harus dipahami agar dapat melakukan kalibrasi pembacaan sensor terhadap satuan ppm. Dengan memahami grafik R_s/R_o versus ppm tersebut, pembacaan sensor dapat dikalibrasi secara tepat .[10].



Gbr 3. Characteristic Chart Sensitivity MQ-135[21]

Untuk menghitung nilai ppm pada MQ-135[22], salah satunya adalah dengan proses kalibrasi. Grafik karakteristik sensitivitas menjadi acuan dalam proses kalibrasi sensor untuk menemukan nilai ppm. Perlu dicari nilai R_s (resistansi sensor terhadap konsentrasi gas) dan R_o (resistansi sensor pada udara bersih). Nilai R_s/R_o inilah yang menjadi dasar untuk menentukan konsentrasi gas dalam ppm[23][24].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka pada penelitian ini terdiri dari dua bagian. Pertama, diperkenalkan sistem pendeteksi kebocoran gas. Kedua, ditampilkan sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis Internet of Things (IoT). Dalam proses pengembangan sistem pendeteksi kebocoran gas, penulis menggunakan metode prototipe, karena metode ini mempermudah proses perancangan serta pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak mikrokontroler[25], yang didukung oleh penggunaan Arduino berbasis open source.

Metode pengembangan prototipe terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

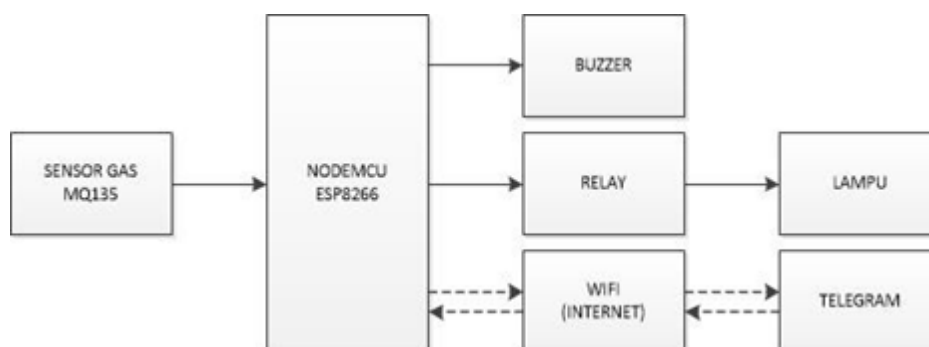
1. Komunikasi
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan kebutuhan sistem melalui metode observasi dan wawancara dengan masyarakat pengguna gas LPG.
2. Perencanaan Cepat dan Pemodelan Desain Cepat
Pada tahap ini dilakukan perancangan prototipe sesuai kebutuhan pengguna, berdasarkan data yang diperoleh dari identifikasi kebutuhan. Proses prototyping dilakukan dalam dua tahap, yaitu desain perangkat keras dan desain perangkat lunak.
3. Pembuatan Prototipe
Pada tahap ini dilakukan penulisan kode program dan perakitan prototipe.
4. Umpan Balik dan Implementasi
Pada tahap ini dilakukan pengujian prototipe untuk melihat apakah sesuai dengan harapan pengguna. Jika prototipe belum memenuhi kebutuhan, maka dilakukan kembali identifikasi ulang terhadap permintaan pengguna.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Kajian teoritis dan metodologis terhadap praktik yang digunakan dalam suatu bidang ilmu disebut sebagai metodologi. Metodologi melibatkan analisis teoretis terhadap berbagai pendekatan dan konsep yang terkait dengan bidang studi. Istilah seperti paradigma, model teoretis, tahapan, serta teknik kuantitatif dan kualitatif biasanya termasuk dalam pembahasan metodologi.

Metodologi berbeda dengan teknik, karena metodologi tidak berusaha langsung memberikan solusi, melainkan menawarkan landasan teoretis untuk memilih pendekatan, teknik pengumpulan data, atau praktik terbaik yang digunakan dalam situasi tertentu. Dalam penelitian ini, prosedur yang digunakan mencakup pengumpulan data mengenai perancangan, perencanaan, pelaksanaan, dan pengujian sistem.

Bahan referensi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari buku dan jurnal terkait peralatan keselamatan otomatis untuk kompor gas LPG berbasis mikrokontroler.



Gbr 4. Block Diagram

Diagram blok dari alat pendeteksi kebocoran gas berbasis IoT ini ditunjukkan pada gambar 4.

Rancangan alat ini memerlukan beberapa komponen, di antaranya:

1. Sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas metana atau gas mudah terbakar.
2. NodeMCU ESP8266 sebagai unit mikrokontroler untuk memproses data dari sensor.
3. Lampu LED sebagai indikator visual.
4. Buzzer sebagai alarm peringatan suara.
5. Aplikasi Telegram pada smartphone yang berfungsi untuk memantau perangkat secara jarak jauh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil, interpretasi, serta pengujian alat yang telah dibuat untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik sesuai harapan atau tidak. Selain itu, pengujian dilakukan terhadap sensor yang digunakan agar dapat diketahui kelebihan dan kekurangan perangkat yang dirancang. Pengujian ini

dilakukan untuk melihat apakah sistem pencegahan kebakaran akibat kebocoran gas berbasis IoT dengan sensor MQ-135 dapat bekerja sesuai kebutuhan.

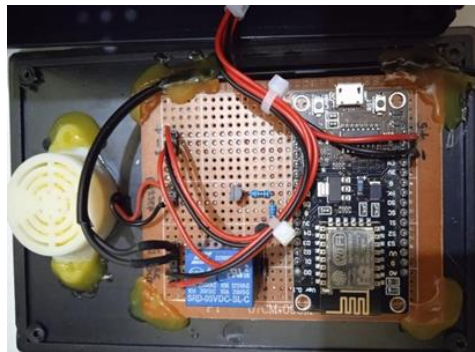
4.1. Pengujian dan Analisis Perangkat Keras

Pengujian dan analisis perangkat keras bertujuan untuk menguji fungsi dari setiap komponen yang digunakan dalam sistem serta memastikan bahwa semua perangkat dapat beroperasi dengan baik. Pengujian ini meliputi:

1. Pengujian NodeMCU ESP8266.
2. Pengujian sensor MQ-135.
3. Pemrograman aplikasi Telegram.
4. Pengujian penggunaan aplikasi Telegram.
5. Pengujian catu daya.

4.2 Pengujian NodeMCU ESP8266

Dalam pengujian ini, NodeMCU ESP8266 digunakan untuk memproses data sensor dan secara bersamaan mengirimkan data ke aplikasi Telegram. NodeMCU ESP8266 berfungsi untuk menerima serta mengirim perintah melalui pesan Telegram, seperti mendeteksi adanya kebocoran gas maupun mereset alat agar kembali normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa NodeMCU ESP8266 dapat berjalan sesuai perintah yang ditentukan.



Gbr 5. Testing NodeMCU ESP8266 Microcontroller

Langkah pertama untuk melakukan kalibrasi adalah mencari nilai R_s/R_o pada udara bersih. Untuk menemukan nilai R_s/R_o , perlu mencari nilai R_s dan R_o . Di mana R_s adalah nilai resistansi sensor dan R_o adalah nilai resistansi sensor pada udara bersih. Pada udara bersih, nilai R_s/R_o sensor MQ-135 adalah 3,58. Setelah mendapatkan nilai R_s/R_o pada udara bersih, langkah selanjutnya adalah mencari nilai R_s menggunakan rumus:

$$R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) \times RL \quad (1)$$

Setelah mendapatkan R_s , langkah selanjutnya adalah mencari R_o . R_o adalah R_o ketika udara bersih. R_o dapat dicari menggunakan rumus berikut:

$$R_o = \frac{R_s}{3,58}$$
$$R_o = 4,46$$

Setelah R0 sensor MQ-135 diketahui, langkah selanjutnya adalah mencari nilai m dan b CO2 berdasarkan grafik sensor MQ-135. Hal pertama yang harus dicari adalah nilai M dan B CO2, menggunakan persamaan berikut:

$$m = \frac{\log(y_2) - \log(y_1)}{\log(x_2) - \log(x_1)}$$

$$m = \frac{\log(1) - \log(0,8)}{\log(99.6) - \log(198.3)}$$

$$m = -0.3240450716$$

Setelah nilai m diketahui maka selanjutnya adalah mencari nilai b dari CO2:

$$b = \log(y) - m \times \log(x)$$

$$b = \log(0.9) - m \times \log(146.95)$$

$$b = 0.6565031345$$

Dengan memasukkan rumus dan nilai ke dalam pemrograman, langkah selanjutnya adalah membandingkan nilai yang telah dibandingkan antara sensor dan lembar data grafis MQ-135 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan nilai sensor dan lembar data asap

No	Sensor		Datasheet		Error/ Galat (%)	Hasil
	Rs/Ro	CO2 (ppm)	Rs/Ro	CO2 (ppm)		
1	0.88	153.03	0.88	157.72	2.973624144	4.69
2	0.97	117.12	0.97	116.03	0.939412221	1.09
3	1.07	87.25	1.07	89.64	2.666220437	2.39
4	1.2	59.78	1.2	58.84	1.597552685	0.94
5	1.69	21.06	1.69	24.51	14.07588739	3.45
6	1.5	30.25	1.5	33.9	10.76696165	3.65
7	1.69	21.06	1.69	24.51	14.07588739	3.45
8	1.72	19.86	1.72	22.52	11.81172291	2.66
9	2	12.41	2	14.6	15	2.19
10	2.14	10.11	2.14	12.02	15.89018303	1.91
11	2.22	9.08	2.22	10.81	16.00370028	1.73
Rata-rat					9.618286559	2.55909091

Dari hasil perbandingan antara nilai sensor setelah kalibrasi dan grafik MQ-135. Nilai sensor diambil dengan mencatat nilai keluaran sensor dan membandingkannya dengan grafik lembar data. Nilai Rs/Ro keluaran sensor, harus sama dengan nilai dari grafik lembar data, baru setelah itu nilai ppm dibandingkan. Nilai kesalahan terbesar adalah 16% dan kesalahan terkecil adalah 0,93% dengan kesalahan rata-rata 9,62%. Meskipun beberapa nilai kesalahan cukup besar, tetapi jika Anda melihat perbedaan dari perbandingan sensor dan grafik, maka Anda dapat melihat bahwa perbedaannya tidak terlalu besar. Nilai terbesar dari perbedaan hasil adalah 4,69, dan nilai terkecil adalah 0,94.

Pengujian kebocoran gas di dalam ruangan dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengujian kebocoran gas di dalam ruangan tertutup dan pengujian gas di dalam ruangan terbuka. Indikator yang diuji adalah lamanya sensor merespons kebocoran gas di dalam ruangan.

Tabel 2. Uji Waktu Kebocoran Gas di Ruangan Tertutup

No	Waktu (detik)	Keterangan
1	46.55	Terdeteksi
2	37.53	Terdeteksi
3	48.97	Terdeteksi
4	37.63	Terdeteksi
5	53.73	Terdeteksi
6	53.28	Terdeteksi
7	32.88	Terdeteksi
8	37.22	Terdeteksi
9	41.32	Terdeteksi
10	55.38	Terdeteksi
rata-rata	44	
Tertinggi	55.38	
Teendah	32.88	

Tabel 2 menunjukkan tabel pengujian kebocoran gas di ruangan tertutup. Pengujian dilakukan dengan membuka kompor gas LPG di ruangan tertutup, kemudian mencatat menggunakan stopwatch dengan parameter pengukuran antara waktu kompor gas LPG dibuka hingga nilai sensor melonjak tajam. Terlihat bahwa nilai waktu maksimum dalam pengujian ini adalah 55,38 detik dan nilai waktu terkecil adalah 32,88 detik, dengan nilai rata-rata pengujian sebesar 44 detik. Dilihat dari indikatornya, dapat dikatakan bahwa sensor bekerja dengan baik dan reaktif terhadap gas LPG, karena waktu deteksi masih dalam hitungan detik.

Table 3. Pengujian waktu kebocoran gas di ruang terbuka

No	Waktu (detik)	Keterangan
1	23.65	Terdeteksi
2	25.25	Terdeteksi
3	57.51	Terdeteksi
4	57.06	Terdeteksi
5	36.62	Terdeteksi
6	29.97	Terdeteksi
7	67.24	Terdeteksi
8	52.96	Terdeteksi
9	76.87	Terdeteksi
10	24.44	Terdeteksi
rata-rata	45	
Tertinggi	76.87	
Teendah	23.65	

Tabel 3. merupakan tabel uji kebocoran gas dalam ruangan. Pengujian dilakukan dengan cara membuka gas LPG pada kompor udara terbuka, kemudian dilakukan pencatatan menggunakan stopwatch dengan parameter pengukuran antar waktu pembukaan gas LPG hingga nilai sensor melonjak tajam. Terlihat nilai waktu maksimum pada pengujian ini adalah 76,87 detik dan nilai waktu minimum adalah 23,65 detik, dengan nilai rata-rata pengujian selama 45 detik. Jika melihat indikatornya, dapat dikatakan sensor bekerja dengan baik dan reaktif terhadap gas LPG, karena waktu deteksinya masih dalam hitungan detik. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sistem berbasis IoT yang dirancang umumnya

memiliki waktu deteksi rata-rata di atas 60 detik dalam kondisi lingkungan terbuka [13][19]. Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan rata-rata waktu deteksi 44 detik pada ruangan tertutup dan 45 detik pada ruangan terbuka, yang berarti lebih cepat sekitar 1,8 detik dibandingkan hasil studi serupa. Selain itu, proses kalibrasi sensor menghasilkan rata-rata galat 9,62%, dengan nilai galat minimum 0,93% dan maksimum 16%, lebih rendah dibandingkan penelitian [20][25] yang melaporkan rata-rata galat di atas 12%. Hal ini menunjukkan peningkatan akurasi sistem dalam mendeteksi kebocoran gas LPG.”

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut:

1. Rancangan sistem dengan komponen NodeMCU ESP8266, sensor MQ-135, buzzer, LED, dan notifikasi Telegram telah bekerja sesuai fungsi yang diharapkan. Sistem ini mampu mendeteksi kebocoran gas dengan cepat, memberikan peringatan lokal, serta mengirimkan notifikasi real-time kepada pengguna. Perangkat yang dirancang menunjukkan rata-rata waktu deteksi 44 detik pada ruangan tertutup dan 45 detik pada ruangan terbuka, dengan variasi waktu deteksi minimum 23,65 detik dan maksimum 76,87 detik.
2. Hasil kalibrasi menunjukkan rata-rata galat 9,62%, dengan galat minimum 0,93% dan maksimum 16%, yang menegaskan sistem cukup akurat dalam mendeteksi konsentrasi gas LPG. Kontribusi penelitian ini terletak pada peningkatan kecepatan deteksi serta akurasi hasil pembacaan sensor dibandingkan penelitian terdahulu, sehingga dapat menjadi acuan untuk pengembangan sistem pencegahan kebakaran berbasis IoT yang lebih andal.

Dengan demikian, sistem ini terbukti cukup efektif dan responsif dalam meningkatkan aspek keselamatan rumah tangga maupun industri.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rimbawati, Siregar M A, Siagian Z, Riandra J, Harahap P and Oktrialdi B 2022 Lightning Arrester Design as a Security System for Photovoltaic Systems in Pematang Johar Village *Proceeding - ELTICOM 2022 6th Int. Conf. Electr. Telecommun. Comput. Eng.* 2022 54–9
- [2] Evalina N and Azis A 2020 The Use of MQ6 and Microcontroller of ATmega 2360 as a Leaks Detection Device of Liquid Petroleum Gas (LPG) 389–93
- [3] Harahap P, Oktrialdi B, Rimbawati and Utara U M S 2024 Performance of Car Radiators as Alternative Electric Energy Generators 1 4–6
- [4] Nallaperuma D, Nawaratne R, Bandaragoda T, Adikari A, Nguyen S, Kempitiya T, De Silva D, Alahakoon D and Pothuhera D 2019 Online Incremental Machine Learning Platform for Big Data-Driven Smart Traffic Management *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 20 4679–90
- [5] Adinegoro P, Habbani M H, Karimah R A and Laksono Y A 2020 The Design of A Telegram IoT-based Chicken Coop Monitoring and Controlling System *JPSE (Journal Phys. Sci. Eng.* 5 56–65
- [6] Xu G, Shi Y, Sun X and Shen W 2019 Internet of things in marine environment monitoring: A review *Sensors (Switzerland)* 19 1–21
- [7] Huang M, Liu W, Wang T, Song H, Li X and Liu A 2019 A queuing delay utilization scheme for on-path service aggregation in services-oriented computing networks *IEEE Access* 7 23816–33
- [8] Harahap P, Oktrialdi B and Cholish C 2018 Perancangan Conveyor Mini untuk Pemilahan Buah Berdasarkan Ukuran yang Dikendalikan oleh Mikrokontroler Atmega16 *Pros. Semin. Nas. Teknoka* 3 37
- [9] Pasaribu F I, Evalina N and Harahap P 2017 Varistor in the Inverter Circuit Starting Energy Saver to Reduce Water Pump Electric Current 244–53
- [10] Widodo A and Dewi A T R 2020 Information System for Miniature Room Temperature Control Devices Based on the ATmega 8535 Microcontroller *JOINTECS (Journal Inf. Technol. Comput. Sci.*

5 113

- [11] Bell C 2024 What Is the Internet of Things? *MicroPython for the Internet of Things* 1–27
- [12] Asiva Noor Rachmayani 2015 Playing with the Internet of Things 6
- [13] Karuna G, Ram Kumar R P, Gopaldas S, Parvathaneni V and Lokesh T 2023 Air Quality and Hazardous Gas Detection using IoT for Household and Industrial Areas *E3S Web Conf.* 391 1–9
- [14] Harahap P, Pasaribu F I and Adam M 2020 Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the Pzem-004T Sensor *Budapest Int. Res. Exact Sci. J.* **2** 347–61
- [15] Sharkawy A, Ali M M, Mousa H H H and Ali A S 2022 Short-Term Solar PV Power Generation Day-Ahead Forecasting **2** 562–80
- [16] Wicaksono H A 2017 Design and Development of a Nitrogen Oxide (NOx) Concentration Monitoring System for Exhaust Gas Emissions Using an MQ – 135 Gas Sensor Based on an STM32F4 Microcontroller Discovery
- [17] Ayuni S D, Syahririni S and Jamaaluddin J 2021 Lapindo Embankment Security Monitoring System Based on IoT *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.* **6** 40–8
- [18] Kanti A, P M J and Soumya 2020 Air Pollution Monitoring System using Arduino with MQ135 Sensor *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.* **2** 412–21
- [19] Woishe M F, Sultana N, Bristy T Z, Khan N A and Ahad M T 2022 A Secured Model of IoT-based Smart Gas Detecting and Automatic Alarm System *Int. J. Comput. Inf. Syst.* **3** 45–50
- [20] Salamah U, Hidayah Q and Kusuma D Y 2022 CO2 detection system in mixed gas using MQ-135 sensor *Newton-Maxwell J. Phys.* **2** 72–7
- [21] Hanwei Electronics 2012 Technical Data Mq135 Gas Sensor *Hanwei Electron. Co.,Ltd* 1 2
- [22] Olimex 2013 Tecnical Data Mq-135 Gas Sensor *Hanwei Electron* 1 3–4
- [23] Alam H 2023 A Design Of Automatic Safety Equipment For Lpg Gas Stoves Based On Atmega 8 Microcontroller 13 385–92
- [24] Bangkit Sanjaya Umbu A 2023 Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 untuk Menentukan Persamaan Hubungan antara ppm dan Rs/Ro *J. Teor. dan Apl. Fis.* 11 49–60
- [25] Rahman M A, Ahmed H and Hossain M M 2022 An Integrated Hardware Prototype for Monitoring Gas Leaks, Fires, and Remote Control via Mobile Application *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 13 833–40