

Rancang Bangun *Smart Car Robotic* Pendeteksi Kebocoran Gas dalam Pipa

Hendrianto

PT BSM CSC Indonesia

Jl. Pemuda No.61 Sentra Pemuda KAV. 5 - 6, RT.9/RW.3, Rawamangun, Kec. Pulo Gadung,
Jakarta Timur, DKI Jakarta 13220

hendrianto663@gmail.com

Received: January 2026; Accepted: March 2026; Published: May 2026

DOI: 10.30649/je.v7i1.153

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun robot pendeteksi kebocoran gas berbasis sensor MQ-2 yang mampu bergerak secara otomatis maupun manual untuk melakukan inspeksi area berpotensi bocor. Sistem ini dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan alat pendeteksi statis yang hanya memantau satu titik pemantauan dan tidak mampu menjangkau jalur pipa yang memanjang. Robot dirancang menggunakan Arduino Nano sebagai pengendali utama, modul *Bluetooth* HC-05 untuk kendali jarak jauh melalui aplikasi Android, dan *driver motor* L298N untuk mengatur pergerakan motor DC. Pengujian dilakukan dengan menempatkan robot di pipa akrilik sebagai simulasi kebocoran pipa bertekanan rendah, sehingga konsentrasi gas dapat diamati dari berbagai titik berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi peningkatan konsentrasi gas secara akurat ketika robot bergerak mendekati sumber kebocoran. Mode manual memungkinkan pengguna mengarahkan robot menuju area tertentu, sedangkan mode otomatis memberikan respons stabil dalam mengikuti lintasan pengujian. Integrasi *Bluetooth* berjalan baik tanpa gangguan signifikan pada jarak pengendalian 5–10 meter. Secara keseluruhan, robot ini terbukti efektif sebagai *platform* inspeksi *mobile* yang lebih fleksibel, responsif, dan informatif dibandingkan alat pendeteksi gas statis.

Kata kunci: robot pendeteksi gas, sensor MQ-2, arduino nano, kebocoran pipa gas, sistem inspeksi mobile

Abstract

This research aims to design and develop a mobile gas-leak detection robot using the MQ-2 sensor, capable of operating in both automatic and manual modes to inspect areas with potential leakage. The system addresses the limitations of static detectors, which can only monitor a single point and are unable to cover long pipeline segments. The robot is built using an Arduino Nano as the main controller, an HC-05 Bluetooth module for remote control via an Android application, and an L298N motor driver to regulate DC motor movement. Testing was conducted by placing the robot inside a acrylic pipe simulating a leaking pipeline, allowing gas concentration readings to be collected from multiple positions. Results indicate that the system successfully detects increased gas concentration as the robot approaches the leak source. The manual mode enables users to direct the robot toward specific locations, while the automatic mode provides stable motion along the test path. Bluetooth integration performs reliably within a 5–10 meter control range. Overall,

the robot demonstrates effective performance as a mobile inspection platform, offering greater flexibility, responsiveness, and information richness compared to static gas-leak detection systems.

Key words: *gas detection robot, MQ-2 sensor, arduino nano, pipeline gas leak, mobile inspection system.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi dan sistem keselamatan pada era Revolusi Industri 4.0 mendorong pemanfaatan sensor dan sistem cerdas untuk meningkatkan keamanan infrastruktur industri [1]. Dalam sektor distribusi gas, keberadaan gas mudah terbakar seperti LPG, metana, dan butana menuntut sistem pemantauan yang andal karena kebocoran gas berpotensi menimbulkan kebakaran maupun ledakan yang membahayakan keselamatan manusia dan lingkungan [2], [3]. Oleh karena itu, deteksi kebocoran gas secara dini menjadi aspek krusial dalam sistem keselamatan.

Metode deteksi kebocoran gas yang masih banyak digunakan saat ini umumnya bersifat statis dan bergantung pada penempatan sensor pada satu titik pemantauan. Selain itu, pada kondisi tertentu, deteksi juga masih mengandalkan indra penciuman manusia melalui penambahan zat *odorant* pada gas [4], [5]. Pendekatan tersebut memiliki keterbatasan, terutama ketika kebocoran terjadi pada jalur pipa yang memanjang, area tertutup, atau lokasi yang sulit dijangkau dan berisiko tinggi bagi operator [6]. Keterbatasan ini menunjukkan perlunya sistem deteksi yang lebih fleksibel dan mampu melakukan inspeksi secara aktif.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis sensor MQ-2 dengan konfigurasi statis. Jubair dan Stefanie (2025), Imam (2024), serta Malo dkk. (2024) menunjukkan bahwa sensor MQ-2 memiliki sensitivitas yang baik dalam mendeteksi gas mudah terbakar pada satu titik pemantauan. Namun, sistem tersebut belum mampu menjangkau area luas atau

mengikuti jalur pipa secara menyeluruh [7], [8], [9]. Hal serupa juga ditunjukkan pada penelitian Sahara dkk. (2024) dan Pambudi dkk. (2024) yang lebih berfokus pada peringatan dini di ruang terbatas tanpa dukungan mobilitas [10], [11].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, pendekatan berbasis robot bergerak menjadi solusi yang menjanjikan. *Robot car* beroda yang dilengkapi sensor gas memungkinkan proses inspeksi dilakukan secara dinamis dengan menjangkau beberapa titik pemantauan dalam satu lintasan [12], [13], [14]. Integrasi sensor MQ-2 dengan mikrokontroler seperti Arduino Nano serta sistem kendali nirkabel berbasis *Bluetooth* memungkinkan robot melakukan deteksi gas sekaligus dikendalikan dari jarak aman tanpa ketergantungan pada konektivitas internet [7], [9], [15], [16]. Pendekatan ini tidak hanya memperluas cakupan deteksi, tetapi juga meningkatkan keselamatan kerja dengan meminimalkan paparan langsung manusia terhadap area berbahaya [17].

Berdasarkan latar belakang dan kajian literatur tersebut, artikel ini bertujuan untuk menyajikan hasil penelitian rancang bangun robot car pendeteksi kebocoran gas pada pipa berbasis sensor MQ-2 dan Arduino Nano dengan kendali *Bluetooth* [18]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem inspeksi gas yang lebih fleksibel, responsif, dan aplikatif sebagai alternatif terhadap sistem pendeteksi gas statis yang telah banyak digunakan sebelumnya.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya mengembangkan sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis sensor MQ-2 dalam konfigurasi statis,

penelitian ini menawarkan pendekatan inspeksi aktif melalui integrasi sensor gas pada *platform robot car* bergerak dengan kendali nirkabel *Bluetooth*. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan prototipe sistem deteksi gas yang bersifat *mobile*, fleksibel, dan dapat menjangkau beberapa titik pemantauan dalam satu lintasan inspeksi. Selain itu, penelitian ini juga menyajikan analisis hubungan jarak terhadap waktu respons sensor sebagai parameter evaluasi kinerja sistem. Dengan demikian, penelitian ini memberikan alternatif solusi yang lebih aplikatif dibandingkan sistem pendeteksi statis untuk mendukung proses inspeksi kebocoran gas pada jalur pipa skala terbatas.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen rekayasa (*engineering experiment*) dengan metode kuantitatif-deskriptif, yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji kinerja *robot car* pendeteksi kebocoran gas berbasis sensor MQ-2. Pendekatan eksperimen dipilih karena penelitian berfokus pada pengembangan prototipe serta pengujian langsung performa sistem dalam kondisi terkontrol [19].

Tahap penelitian diawali dengan perancangan sistem, yang meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari sensor gas MQ-2 sebagai pendeteksi gas mudah terbakar, Arduino Nano sebagai pengendali utama, motor DC dengan *driver* L298N sebagai sistem penggerak, serta modul *Bluetooth* HC-05 sebagai media komunikasi nirkabel dengan aplikasi Android ([7], [9]). Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk mengolah data sensor, mengendalikan pergerakan robot, dan mengatur sistem peringatan berupa *buzzer* dan LED ketika

konsentrasi gas melebihi ambang batas aman [20], [21]. Sebelum pengujian, sensor MQ-2 dikalibrasi untuk memperoleh nilai referensi (R_0) pada kondisi udara bersih. Sensor dipanaskan (*pre-heating*) hingga stabil, kemudian dilakukan pembacaan nilai analog sebagai *baseline*. Sensor MQ-2 bekerja berdasarkan perubahan resistansi (R_s) material SnO_2 saat terpapar gas mudah terbakar.

Nilai ambang batas sistem ditentukan dari kenaikan pembacaan terhadap *baseline* pada saat paparan LPG awal. Ketika nilai ADC melebihi batas yang telah ditetapkan (*baseline* + margin kenaikan terukur), sistem mengaktifkan *buzzer* dan LED sebagai indikator kebocoran. Penelitian ini berfokus pada deteksi keberadaan gas, bukan pengukuran konsentrasi presisi dalam satuan ppm.

Tahap selanjutnya adalah implementasi dan integrasi sistem, yaitu penggabungan seluruh komponen elektronik, mekanik, dan perangkat lunak ke dalam satu *platform robot car*. Robot dirancang agar dapat beroperasi dalam mode manual melalui kendali *Bluetooth*, sehingga operator dapat mengarahkan robot menuju area yang dicurigai mengalami kebocoran gas dari jarak aman [22], [23].

Pengujian sistem dilakukan pada lingkungan uji terkontrol dengan menggunakan pipa akrilik sebagai simulasi pipa bocor. Gas LPG dilepaskan dalam jumlah terbatas dan aman, kemudian robot ditempatkan pada beberapa variasi jarak dari sumber kebocoran. Parameter yang diamati meliputi waktu respons sensor MQ-2 terhadap paparan gas, kestabilan sistem indikator, serta keandalan komunikasi *Bluetooth* selama proses pengujian [6], [24].

Data yang diperoleh merupakan data primer, berupa hasil pembacaan sensor dan waktu deteksi pada setiap variasi jarak, serta data sekunder yang bersumber dari literatur dan penelitian terdahulu terkait

sistem pendeteksi gas dan robotika. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan respons sensor pada berbagai kondisi jarak untuk menilai efektivitas robot sebagai *platform* inspeksi kebocoran gas bergerak.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

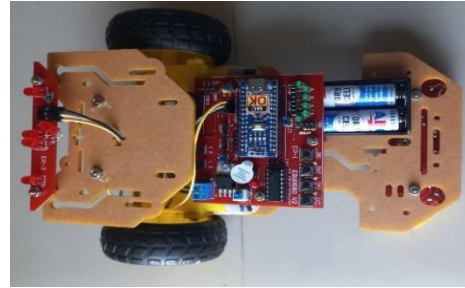
Perancangan

Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe *robot car* pendeteksi kebocoran gas yang terintegrasi antara sensor MQ-2, mikrokontroler Arduino Nano, sistem penggerak motor DC dengan *driver* L298N, serta modul komunikasi *Bluetooth* HC-05. Sistem dirancang untuk melakukan deteksi gas secara lokal sekaligus memungkinkan inspeksi bergerak pada jalur yang berpotensi mengalami kebocoran gas.



Gambar 1. Komponen Robot

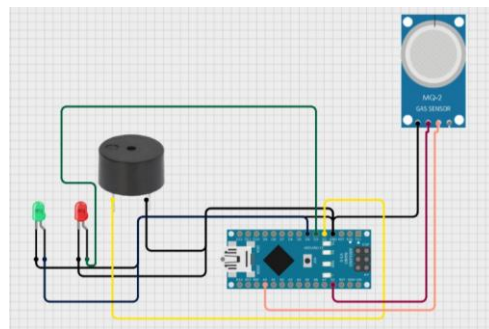
Hasil perancangan perangkat keras menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat diintegrasikan secara stabil dalam satu *platform* robot. Sensor MQ-2 ditempatkan pada bagian depan robot agar menjadi komponen pertama yang terpapar gas ketika robot mendekati sumber kebocoran. Arduino Nano berfungsi sebagai pusat pengolahan data sensor dan pengendali aktuator, sementara modul *Bluetooth* HC-05 memungkinkan kendali manual dari *smartphone* Android pada jarak aman.



Gambar 2. Komponen Robot Setelah Dirakit

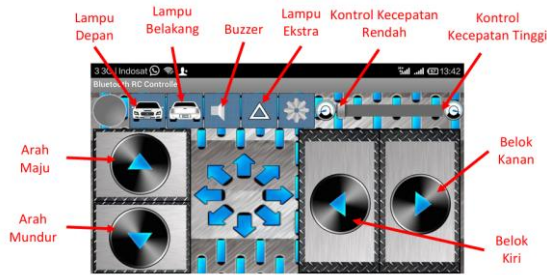
Pemrograman

Pemrograman deteksi gas dimulai dengan kalibrasi sensor MQ-2. Sensor MQ-2 memiliki karakteristik resistansi yang berubah sesuai kadar gas, sehingga kode dibuat untuk membaca nilai analog tersebut dan mengonversinya ke nilai digital yang dapat ditafsirkan oleh sistem. *Threshold* kadar gas ditentukan berdasarkan pembacaan sensor pada kondisi tanpa gas dan kondisi dengan paparan gas. Ketika nilai sensor melebihi batas ambang, sistem memicu buzzer dan LED sebagai indikator bahaya. Berikut *schematic pinout* dari sensor MQ-2.



Gambar 3. *Schematic Pinout* Sensor MQ-2

Tahap selanjutnya adalah pemrograman *Bluetooth*. Arduino menerima input karakter dari aplikasi Android, kemudian menerjemahkannya menjadi perintah motor: maju, mundur, belok kiri, belok kanan, atau berhenti. Sistem dirancang agar robot dapat berpindah mode tanpa mengalami konflik instruksi pada motor. *Interface* untuk kontrol *bluetooth* sebagai berikut.



Gambar 4. Interface Kontrol Bluetooth

Hasil pemrograman valid dan bisa dilanjutkan ke tahap pengujian jika konektivitas kontrol dan kinerja robot menunjukkan bahwa seluruh subsistem bekerja selaras: sensor membaca gas secara akurat, motor bergerak sesuai instruksi, sistem alarm berjalan responsif, dan koneksi *Bluetooth* stabil dalam jarak operasional ± 10 meter.

Pengujian

Pengujian sistem dilakukan pada lingkungan uji terkendali menggunakan pipa akrilik. Gas LPG dilepaskan secara terbatas dan aman, kemudian robot ditempatkan pada beberapa variasi jarak dari sumber kebocoran. Parameter utama yang diamati adalah waktu respons sensor MQ-2 hingga sistem memberikan peringatan berupa *buzzer* dan LED.

Pengujian dilakukan secara berurutan mulai dari pengujian fungsi dasar hingga pengujian performa dan reliabilitas sistem. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan melalui tiga pendekatan utama: pengujian fungsional, pengujian integrasi, dan pengujian performa. Performa sensor dinyatakan sesuai dengan ditunjukkan oleh LED dan *buzzer* menyala saat sensor mendeteksi gas.

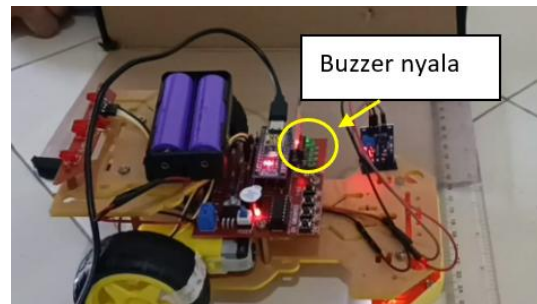
Pengujian pertama adalah dari segi fungsional sensor, uji fungsional sensor dilakukan dengan menguji sensor secara terpisah dengan *body* robot, hasil pengujian sensor di sesuaikan dengan kebutuhan simulasi pengujian yaitu dengan

variasi jarak, hasil pengujian sensor sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor MQ-2

No.	Jarak (cm)	Deteksi
1	5 cm	YA
2	10 cm	YA
3	15 cm	YA
4	20 cm	YA
5	25 cm	YA

Dari hasil pengujian sensor tersebut, sensor dapat mendeteksi gas dengan jarak sesuai kebutuhan simulasi, hal ini menyatakan bahwa sensor berfungsi secara normal dan valid untuk ke tahap perakitan ke *body* robot dan dilakukan simulasi.



Gambar 5. Uji Kinerja Robot



Gambar 6. Pengujian Simulasi Robot

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-2 mampu mendeteksi keberadaan gas pada seluruh variasi jarak yang diuji, dengan waktu respons yang berbeda-beda sesuai jarak sensor terhadap

sumber kebocoran. Pada jarak 5 cm, waktu deteksi tercatat paling cepat, sedangkan pada jarak yang lebih jauh waktu respons meningkat secara bertahap.

Pada bab ini menyajikan rangkaian hasil pengujian yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem robot pendeteksi kebocoran gas mampu bekerja sesuai rancangan. Seluruh proses pengujian

dilakukan dalam skenario yang mendekati kondisi nyata, yaitu dengan meletakkan robot di dalam pipa yang mengalami kebocoran gas. Tahap pengujian sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kebocoran Gas

Hasil Pengujian Gas				
No	Jarak	Waktu Terbaca	Media	Output
1	5 cm	1,60 s	Pipa Akrilik	<i>Buzzer & LED On</i>
2	10 cm	2,27 s		<i>Buzzer & LED On</i>
3	15 cm	3,31 s		<i>Buzzer & LED On</i>
4	20 cm	4,2 s		<i>Buzzer & LED On</i>
5	25 cm	5,7 s		<i>Buzzer & LED On</i>



Gambar 7. Grafik Hubungan Jarak terhadap Waktu Respon

Data yang dihasilkan dari pengujian ini menjadi dasar untuk menilai keandalan sistem, efektivitas deteksi, serta stabilitas performa robot keseluruhan. Data yang dihasilkan seperti terlihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengujian pada beberapa variasi jarak antara robot dan sumber kebocoran, diperoleh kecenderungan bahwa waktu respons sensor meningkat seiring bertambahnya jarak. Grafik pada Gambar 7, menunjukkan hubungan jarak terhadap waktu respons

menunjukkan pola korelasi positif, di mana pada jarak terdekat sensor mampu mendeteksi gas dalam waktu yang relatif singkat, sedangkan pada jarak yang lebih jauh diperlukan waktu yang lebih lama hingga konsentrasi gas mencapai ambang deteksi sensor.

Fenomena ini terjadi karena proses difusi gas di udara menyebabkan penurunan konsentrasi seiring bertambahnya jarak dari sumber kebocoran. Semakin rendah konsentrasi gas yang diterima

sensor, semakin lama waktu yang dibutuhkan hingga perubahan resistansi mencapai nilai ambang batas sistem.

Hasil ini menunjukkan bahwa *platform* robot bergerak tetap mampu mendeteksi kebocoran pada berbagai jarak, namun performa waktu respons dipengaruhi oleh distribusi gas di lingkungan uji. Dengan demikian, penggunaan robot sebagai sistem inspeksi aktif memungkinkan operator mendekati sensor ke titik yang dicurigai untuk memperoleh respons deteksi yang lebih cepat dan akurat.

Hasil pengujian membuktikan bahwa jarak sensor terhadap sumber kebocoran memiliki pengaruh langsung terhadap waktu respons sistem. Semakin dekat sensor MQ-2 dengan sumber gas, semakin tinggi konsentrasi gas yang mengenai elemen sensitif SnO₂, sehingga perubahan resistansi terjadi lebih cepat dan sistem segera memicu peringatan. Fenomena ini sejalan dengan penelitian Fauzi (2024) prinsip kerja sensor MQ-2 yang merespons gas mudah terbakar melalui perubahan resistansi material semikonduktor [3].

Pola peningkatan waktu deteksi seiring bertambahnya jarak menunjukkan bahwa difusi gas dalam ruang uji memerlukan waktu sebelum mencapai konsentrasi yang cukup untuk melewati ambang batas sensor. Kondisi ini konsisten dengan temuan Imam (2024) dan Malo dkk. (2024) yang menyatakan bahwa performa MQ-2 sangat dipengaruhi oleh intensitas paparan gas dan kondisi lingkungan. Dengan demikian, data yang dihasilkan tidak hanya membuktikan fungsi sensor, tetapi juga menunjukkan hubungan kuantitatif antara jarak dan respons sistem [9].

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang umumnya menggunakan sistem pendeteksi gas statis, penelitian ini menunjukkan keunggulan pada aspek fleksibilitas inspeksi. Studi Jubair dan Stefanie (2025), Sahara dkk. (2024), serta

Pambudi dkk. (2024) melaporkan bahwa sistem statis hanya mampu mendeteksi kebocoran pada satu titik pemantauan. Sebaliknya, penggunaan robot car pada penelitian ini memungkinkan sensor diposisikan secara aktif mendekati area dengan potensi kebocoran, sehingga cakupan inspeksi menjadi lebih luas dan informatif.

Keandalan komunikasi Bluetooth HC-05 dalam penelitian ini juga menjadi aspek penting dalam pembahasan. Modul Bluetooth mampu menjaga kestabilan kendali manual tanpa mengganggu proses pembacaan sensor gas, sebagaimana juga dilaporkan pada penelitian Sayogi dan Syukron (2025) [4]. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi sistem deteksi gas dan sistem kendali nirkabel dapat berjalan paralel tanpa konflik logika pada mikrokontroler.

Dari sisi keselamatan kerja, temuan penelitian ini menguatkan argumen bahwa robot mobile pendeteksi gas dapat mengurangi risiko paparan langsung manusia terhadap gas berbahaya. Operator dapat mengendalikan robot dari jarak aman sambil tetap memperoleh informasi kondisi lingkungan di sekitar pipa. Pendekatan ini selaras dengan Hermansyah dkk., (2025), konsep robot inspeksi industri yang bertujuan meningkatkan keselamatan dan efisiensi pemantauan [5].

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa penelitian ini berhasil menjawab pernyataan penelitian mengenai bagaimana sistem robot car pendeteksi kebocoran gas dirancang, diuji, dan dievaluasi. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi sensor MQ-2, Arduino Nano, dan platform robot bergerak merupakan solusi yang efektif sebagai alternatif sistem pendeteksi gas statis, khususnya untuk aplikasi inspeksi jalur pipa.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan sebuah sistem robot car pendeteksi kebocoran gas berbasis sensor MQ-2 dengan pengendali Arduino Nano dan kendali nirkabel Bluetooth. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan gas secara konsisten pada berbagai variasi jarak, dengan waktu respons yang meningkat seiring bertambahnya jarak sensor terhadap sumber kebocoran. Integrasi sensor MQ-2, sistem penggerak robot, dan komunikasi Bluetooth berjalan dengan stabil tanpa mengganggu proses pembacaan sensor maupun pengendalian pergerakan robot.

Hal ini membuktikan bahwa robot car dapat berfungsi sebagai platform inspeksi bergerak yang efektif, memungkinkan pemantauan kebocoran gas dilakukan secara lebih fleksibel dibandingkan sistem pendeteksi statis. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis robot bergerak merupakan solusi yang layak untuk mendukung inspeksi jalur pipa gas pada skala terbatas, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi pemantauan yang lebih kompleks dan mendekati kondisi lapangan sebenarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak langsung berkontribusi atas tuntasnya penelitian ini, peneliti menyadari banyak yang harus ditingkatkan dan dibenahi dari hasil penelitian ini, dengan bimbingan dan arahan dari dosen pembimbing dan rekan-rekan seperjuangan peneliti menuntaskan penelitian ini dengan semaksimal mungkin.

V. RUJUKAN

- [1] F. H. Prihantoro, J. Subur, Suhirwan, M. Taufiqurrohman, and S. Widiyanto, "Pemanfaatan Drone Quadcopter Pengangkut Pelampung Pada Proses Penyelamatan Korban," *SinarFe7*, vol. 7, no. 1, pp. 341–350, Aug. 2025. [Online]. Available: <https://journal.fortei7.org/index.php/sinarFe7/article/view/740>
- [2] A. Sumaedi, F. R. Rosman, and F. Fiqri, "Perancangan sistem keamanan pendeteksi gas dalam ruangan menggunakan sensor gas MQ-2 berbasis Arduino Uno R3," *Jurnal SISKOM-KB*, vol. 7, no. 3, p. 675, 2024, doi: 10.47970/siskom-kb.v7i3.675.
- [3] R. A. Fauzi, "Pendeteksi kebocoran gas menggunakan sensor MQ-2 berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Informatika (JUTEKIN)*, 2024. [Online]. Available: <https://stmik-dci.ac.id/jurnal/index.php/jutekin/article/view/907>
- [4] M. I. Sayogi and A. A. Syukron, "Implementasi pembuatan sensor deteksi kebocoran Liquefied Petroleum Gas (LPG) berbasis Arduino," *Jurnal Media Informatika*, vol. 6, no. 3, pp. 1562–1569, 2025, doi: 10.55338/jumin.v6i3.5857.
- [5] A. Hermansyah, M. Taufiqurrohman, and S. Rifandi, "PID Implementation for Depth Control and Navigation of Underwater Robots," *JEEE-U (J. Electr. Electron. Eng.-UMSIDA)*, vol. 9, no. 1, pp. 1–25, Apr. 2025, doi: 10.21070/jeeeu.v9i1.1688.
- [6] P. V. Eviolina, Y. Kristyawan, and E. Prihartono, "Sistem deteksi kebocoran gas LPG berbasis Arduino di Universitas Dr. Soetomo Surabaya," *Router: Jurnal Teknik Informatika dan Terapan*, vol. 3, no. 2, pp. 184–196, 2025, doi: 10.62951/router.v3i2.620.
- [7] T. Jubair and A. Stefanie, "Implementasi Sensor MQ-2 Sebagai Pendeteksi Kebocoran Gas pada Fire Alarm dengan Android," *EPIC J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.32493/epic.v5i1.20335.
- [8] M. Imam, "Sistem pendeteksi kebocoran gas rumah tangga menggunakan sensor MQ-2 dan mikrokontroler," *Jurnal Tika*, vol. 6, no. 2, 2024, doi: 10.51179/tika.v6i02.457.
- [9] S. M. Malo, Y. Lepa, and I. G. R. Arsana, "Rancang bangun sistem pendeteksi kebocoran gas (LPG) menggunakan sensor

- MQ-2 berbasis mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Manajemen dan Teknologi Informasi*, vol. 14, no. 1, 2024, doi: 10.59819/jmti.v14i1.3677.
- [10] S. Sahara, B. P. Pamungkas, and I. M. Firdaus, "Pengembangan alat pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor MQ-2 sebagai upaya pencegahan dini terhadap risiko kebakaran," *Jurnal Ilmiah Global Education*, vol. 5, no. 2, pp. 1260–1273, 2024, doi: 10.55681/jige.v5i2.2736.
- [11] Y. D. S. Pambudi, D. A. Ardianto, N. Irwansyah, and F. Sukmawan, "Purwarupa pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor MQ-2 dan Arduino Uno," *EPIC J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 6, no. 2, pp. 160–168, 2023, doi: 10.32493/epic.v6i2.36535.
- [12] I. Diah, I. Winarno, B. Y. Dewantara, T. R. Maydrawati, and D. Ramatullah, "Pengembangan Cloud SCADA 1.3 sebagai otomasi industri jarak jauh," *CYCLOTRON*, vol. 7, no. 01, pp. 71–75, Jan. 2024, doi: 10.30651/cl.v7i01.20522.
- [13] M. Taufiqurrohman and N. F. Sari, "Odometry Method and Rotary Encoder for Wheeled Soccer Robot," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 407, p. 012103, Sep. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/407/1/012103.
- [14] J. Subur, S. Suryadhi, and E. Arohman, "Penerapan Metode Fuzzy Logic-PID Sebagai Kontrol Gerak Robot Berkaki Enam (Hexapod)," *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, vol. 6, pp. 98–108, Oct. 2023, doi: 10.30595/pspfs.v6i.858.
- [15] M. T. Setiawan, I. Winarno, and B. Y. Dewantara, "Implementasi Internet Of Things Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Solar Cell Berbasis Web," *JEECOM J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 34–38, Apr. 2021, doi: 10.33005/jeeecom.v3i1.1981.
- [16] A. Rauf, B. Y. Dewantara, and I. Winarno, "Design of Protection Relay Prototype Against Arduino Uno Overload Interference in Electrical Installations," *Fidelity: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 3, pp. 168–174, Sep. 2023, doi: 10.52005/fidelity.v5i3.168.
- [17] V. Frandhiyawan, I. Winarno, and D. Rahmatullah, "Rancang Bangun Rele Arus Lebih Berbasis Monitoring Internet of Things (IoT) dan Arduino sebagai Proteksi Elektronik 1 Fasa," *Pros. Sains Nas. Teknol.*, vol. 1, no. 1, Aug. 2019, doi: 10.36499/psnst.v1i1.2894.
- [18] D. P. A. Putra, S. Suryadhi, and R. S. Bintoro, "Implementasi Metode Propotional, Integral, Derifative (PID) Sebagai Kontrol Kapal Autonomous Dengan Sistem Waypoint Untuk Wahana Batimetri," *J. Ilm. Telsinas Elektro Sipil Tek. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 6–14, Mar. 2022, doi: 10.38043/telsinas.v4i1.2881.
- [19] A. F. Daru, "Penerapan sensor MQ2 untuk deteksi kebocoran gas dan sensor BB02 untuk deteksi api dengan pengendali aplikasi Blynk," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 12, no. 1, pp. 37–43, 2021, doi: 10.51903/jtikp.v12i1.229.
- [20] L. Munza, A. Azhar, and S. Salahuddin, "Rancang bangun alat pendeteksi kebocoran gas LPG pada rumah tangga berbasis Arduino," *Jurnal Teknologi Rekayasa Informasi dan Komputer*, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.pnl.ac.id/TRIK/article/view/7276>
- [21] D. A. Kusuma and N. Juliasari, "Sistem deteksi kebocoran gas LPG dan kebakaran menggunakan MQ-2 dan ESP32 berbasis IoT," *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 5, no. 3, 2024, doi: 10.33005/jifosi.v5i3.465.
- [22] S. R. Khairyansyah et al., "Deteksi kebocoran gas menggunakan sensor MQ-2 berbasis WeMos D1 Mini," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, vol. 3, no. 4, pp. 248–258, 2024, doi: 10.55606/jtmei.v3i4.4552.
- [23] A. Maesyaroh and H. Marcos, "Perancangan prototipe deteksi kebocoran gas dengan sensor MQ-2 dan NodeMCU ESP8266," *Infotekmesin*, vol. 16, no. 2, pp. 465–470, 2025, doi: 10.35970/infotekmesin.v16i2.2595.
- [24] R. A. R. B. Ufun, I. D. P. Karyatanti, and B. Y. Dewantara, "Detection of Stator Winding Short Circuit Faults Through Magnetic Fields In Induction Motors," *JEEE-U (J. Electr. Electron. Eng.-UMSIDA)*, vol. 5, no. 1, pp. 89–102, Apr. 2021, doi: 10.21070/jeeu.v