

Helm Cerdas Pendeteksi Gas Berbasis IoT untuk Keselamatan Pekerja Tambang

Sulistiyanto¹, Nurul Hadits², Sri Widoretno^{3*}

^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Nurul Jadid

³Teknik Elektro, Universitas Islam Balitar

Article Info

Article history:

Diterima 15 Juni 2025

Revisi 16 Juni 2025

Diterbitkan 17 Juli, 2025

Keywords:

Smart Helm IOT,
Stasiun Control,
GPS
Gas

ABSTRAK

Industri pertambangan batubara merupakan sektor strategis dalam perekonomian global, namun memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja yang tinggi, terutama akibat paparan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan metana (CH₄). Kondisi kerja di tambang bawah tanah menuntut sistem keselamatan yang responsif dan real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan helm cerdas berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memantau kondisi lingkungan secara langsung di sekitar pekerja tambang. Sistem ini mengintegrasikan sensor MQ-135 untuk deteksi gas, sensor DHT-22 untuk suhu dan kelembapan, serta modul GPS Neo-6M untuk pelacakan lokasi. Data dikirim secara nirkabel menggunakan ESP32 ke pusat pemantauan melalui jaringan internet dan ditampilkan melalui platform Blynk serta Telegram BOT yang terhubung ke Google Maps. Sistem juga dilengkapi dengan buzzer dan layar LCD untuk memberikan peringatan langsung kepada pekerja.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat dapat mendeteksi gas berbahaya, suhu, dan kelembapan dengan akurasi yang baik serta mampu mengirimkan data lokasi secara real-time. Respons sistem terhadap kondisi darurat, seperti ambang batas gas melebihi 500 PPM, bekerja optimal dengan mengaktifkan peringatan otomatis dan mengirim koordinat lokasi. Validasi data koordinat GPS juga menunjukkan kesesuaian tinggi dengan data dari perangkat smartphone. Dengan kemampuan tersebut, helm cerdas ini dinilai efektif meningkatkan keselamatan kerja penambang bawah tanah melalui pemantauan lingkungan secara terintegrasi dan berbasis IoT.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Copyright © 2025 Author(s)

Journal

All rights reserved

DOI: <https://doi.org/10.63935/akiratech.v2i2.135>

Corresponding Author:

Sri Widoretno.

Universitas Islam Balitar

JL. Imam Bonjol No. 16, Kec. Sananwetan, Kota Blitar, Indonesia.

Email: swretno@gmail.com

1. Pendahuluan

Pertambangan batubara merupakan salah satu sektor vital dalam penyediaan energi dunia, namun sekaligus menjadi sektor dengan tingkat risiko kecelakaan kerja yang tinggi. Bahaya utama yang sering terjadi di tambang bawah tanah adalah ledakan gas metana (CH₄), keruntuhan atap, dan paparan gas beracun seperti karbon monoksida (CO) dan hidrogen sulfida (H₂S) yang dapat menyebabkan asfiksia [1]. Data menunjukkan bahwa sebagian besar kecelakaan tambang terjadi akibat minimnya sistem deteksi dini terhadap gas-gas berbahaya tersebut, terutama di tambang dalam yang memiliki ventilasi terbatas [2]. Kondisi ini diperparah dengan kesulitan dalam menemukan lokasi pekerja saat terjadi kecelakaan.

Di sisi lain, perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang besar dalam menciptakan sistem pemantauan keselamatan kerja berbasis sensor cerdas. Mikrokontroler seperti ESP32

yang memiliki konektivitas nirkabel dapat digunakan untuk membaca data dari sensor gas, suhu, kelembapan, dan posisi GPS secara real-time [3]. Teknologi ini memungkinkan transmisi data secara langsung ke perangkat mobile atau server pusat, sehingga memungkinkan pengawasan kondisi lingkungan tambang dari jarak jauh dan memberikan respons cepat jika terjadi potensi bahaya.

Berdasarkan literatur yang ada, perangkat wearable seperti helm pintar telah mulai dikembangkan untuk mendukung keselamatan pekerja tambang [4]. Helm cerdas ini dilengkapi dengan sensor gas MQ-135 untuk deteksi gas beracun, sensor suhu dan kelembapan DHT-22 untuk memantau kondisi lingkungan, serta GPS untuk pelacakan lokasi pekerja. Selain itu, fitur buzzer dan LCD digunakan untuk memberikan peringatan visual dan audio saat parameter lingkungan melebihi batas aman. Teknologi ini diharapkan dapat mengurangi tingkat kecelakaan dan mempermudah proses evakuasi saat terjadi insiden.

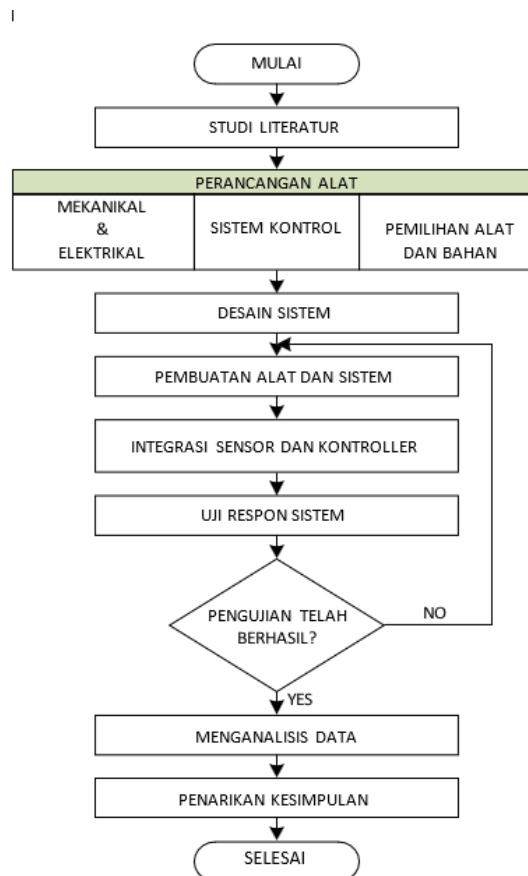
Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan helm pintar berbasis IoT sebagai sistem deteksi dini terhadap bahaya gas dan kondisi ekstrem lainnya di tambang. Tujuan utamanya adalah (1) memberikan pengetahuan tentang penerapan helm cerdas untuk keselamatan kerja, dan (2) menyediakan sistem pemantauan real-time jarak jauh yang dapat meningkatkan kesiapsiagaan dan respons terhadap kondisi darurat di lingkungan tambang batubara.

2. Metode

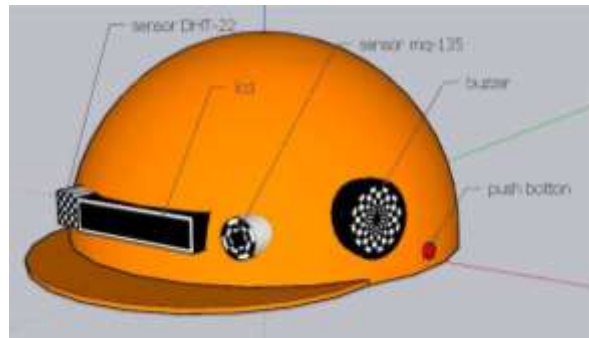
Langkah-langkah alur penelitian perancangan Helm Cerdas Pendeteksi Gas Berbasis IoT untuk Keselamatan Pekerja Tambang, alur penelitiannya ditunjukkan pada gambar 1:

2.1. Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan untuk mengetahui komponen-komponen apa saja yang akan dibutuhkan dan sebagai syarat untuk melanjutkan penelitian, adapun alat yang dibutuhkan sebagai berikut: Helm safety Proyek tambang, Obeng, Sekrup, Lem, Solder Listrik, Box panel, Bor, NodeMCU ESP-32, Sensor MQ-135, Sensor DHT-22, Sensor GPS NEO-6M, Buzzer.



Gambar 1. Flowchart Penelitian



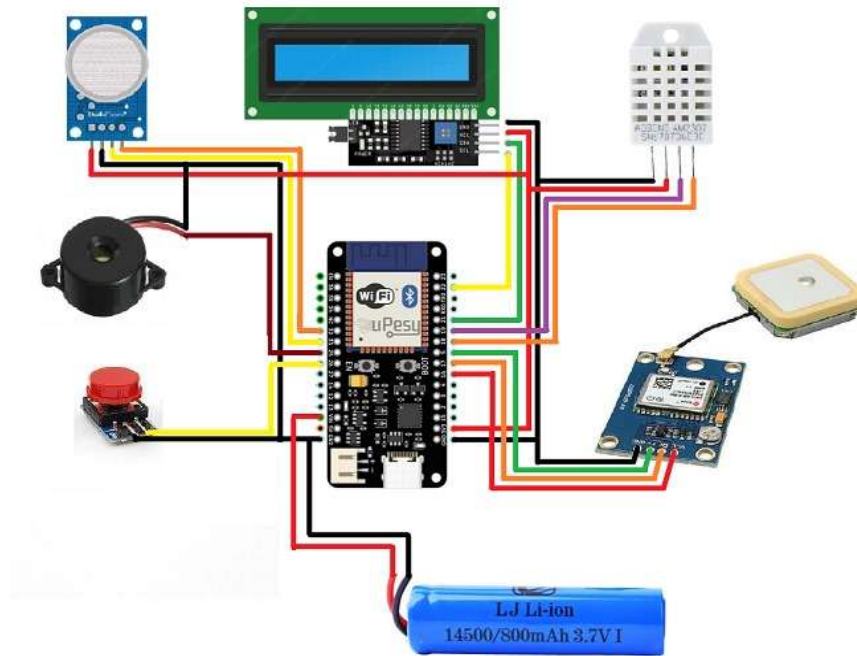
Gambar 2. Design Helm Bagian Luar

Tabel 1. Komponen yang digunakan

NO	KOMPONEN	KETERANGAN
1	NodeMCU ESP-32	Mikrokontroler Internet Of Things
2	Sensor MQ-135	Sistem Pemantauan Gas berbahaya Pada Tambang Bawah Tanah
3	Sensor DHT-22	Sistem Pemantauan Suhu Dan Kelembapan Pada Tambang Bawah Tanah
4	Sensor GPS NEO-6M	Sebagai Pelacakan Secara Realtime Pekerja Tambang Bawah Tanah
3	Buzzer	Sebagai Unit Peringatan Ketika Output Sensor Melewati Level Ambang Batas Yang Terdeteksi Oleh Sensor
4	Tombol Warning	Sebagai Peringatan Darurat Ketika Terjadi Hal-hal Berbahaya Yang Ada Didalam Tambang
5	LCD I2C 16x2	Untuk Menampilkan <i>Display</i> Pembacaan Sensor
6	Relay	Sebagai Trigger Antara <i>Controller</i> Dan Output
7	Batrey 9V	Sebagai Sumber Daya Listrik
8	Papan PCB	Sebagai Papan Merangkai Komponen
9	Laptop	Sebagai Perangkat Untuk Mengaplikasikan Software
10	Aplikasi Fritzing	Aplikasi Desain Rangkaian Elektronika
11	Microsoft Visio 2021	Aplikasi Untuk Membuat Flowchart
12	Inventor Autodesk	Aplikasi Untuk Mendesain Alat
13	Platform Arduino Cloud	Display Monitoring <i>Internet Of Things</i>
14	Aplikasi Arduino IDE	Mengatur Program <i>Mikrocontroller</i>
15	Box Mikrokontroler dan batrey	Sebagai wadah dari Mikrokontroler dan batrey
16	Kabel Jumper	Penghantar rangkaian

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menguji dan mengujicoba setiap langkah desain yang dikembangkan untuk menentukan kinerja desain perangkat keras dan perangkat lunak pada sistem sebelumnya. Untuk rangkaian wiring diagram ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Wiring diagram rangkaian Helm cerdas pendeteksi Gas berbasis IoT

3.1. Pengujian alat:

3.1.1 Pemasangan rangkaian alat pada helm



Gambar 3. Rangkain sebelum di pasang pada helm



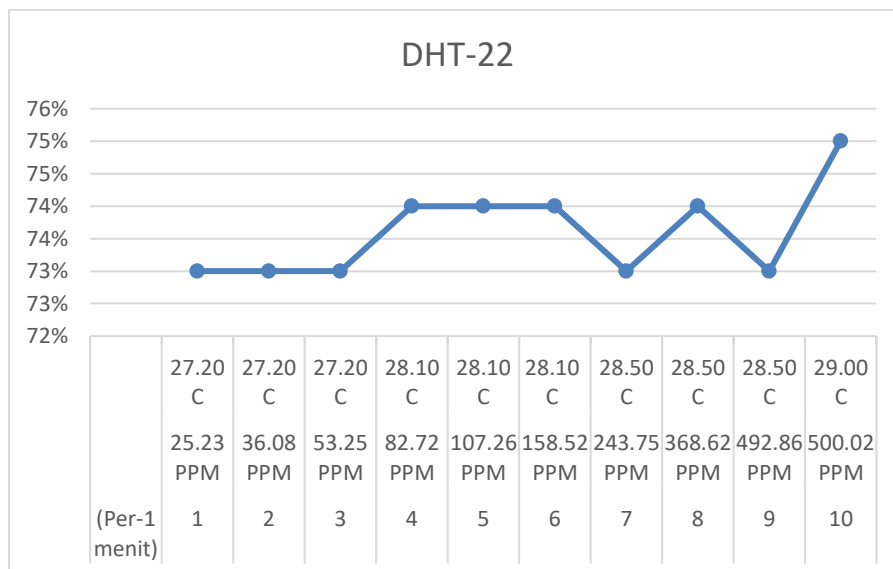
Gambar 4. Pemasangan rangkaian Control pada helm

3.1.2 Pengujian Sensor DHT-22

Tujuan pengujian sensor DHT22 adalah untuk menilai kemampuan sensor dalam merespon perubahan parameter di lokasi tambang bawah tanah, khususnya suhu dan kelembaban. Dalam percobaan ini, dilakukan perbandingan antara suhu dan kelembaban udara serta data platform. Nilai ambang batas suhu dan kelembaban sama-sama ditetapkan sebesar 50 derajat Celcius, dengan nilai kelembaban sebesar 90% dari total tekanan uap air.

Tabel 2. Pengujian Sensor DHT-22

<i>Pengujian ke</i> (Per-1 menit)	PPM CO2	Temperature	Humidity
1	25.23 PPM	27.20 C	73 %
2	36.08 PPM	27.20 C	73 %
3	53.25 PPM	27.20 C	73 %
4	82.72 PPM	28.10 C	74 %
5	107.26 PPM	28.10 C	74 %
6	158.52 PPM	28.10 C	74 %
7	243.75 PPM	28.50 C	73 %
8	368.62 PPM	28.50 C	74 %
9	492.86 PPM	28.50 C	73 %
10	500.02 PPM	29.00 C	75 %



Gambar 5. Grafik Sensor DHT-22

Grafik dari hasil pengujian sensor DHT-22 dapat dilihat pada gambar 4.3 dimana pengambilan data ini dilakukan setiap 1 detik sekali dan dilakukan selama 10 detik dan nilai PPM, Temperature, Humidity, lalu ketika pengambilan data pertama nilai PPM sebesar 25,23 dan nilai temperature 27,30 C dan Humidity 73%.

3.1.3 Pengujian sensor MQ-135 dengan hasil pembakaran motor

Pengujian ini dilakukan per-1 menit dengan gas hasil pembakaran motor berbahan bakar bensin. Hasil pengujian alat dapat dilihat pada tabel.

Tabel 3. Hasil pengujian Sensor MQ-135 dengan hasil pembakaran motor

Pengujian ke (Per-1 menit)	Buzzer	Tampilan LCD 16x2
1	Off	25.23 PPM
2	Off	36.08 PPM
3	Off	53.25 PPM
4	Off	82.72 PPM
5	Off	107.26 PPM
6	Off	158.52 PPM
7	Off	243.75 PPM
8	Off	368.62 PPM
9	Off	492.86 PPM
10	Off	500.02 PPM

3.1.4 Pengujian sensor MQ-135 dengan biogas

Pengujian ini dilakukan per-1 menit dengan biogas. Hasil pengujian alat dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian Sensor MQ-135 dengan biogas

Pengujian ke (Per-1 menit)	Buzzer	Tampilan LCD 16x2
1	Off	19.04 PPM
2	Off	28.50 PPM
3	Off	39.84 PPM
4	Off	81.34 PPM
5	Off	105.16 PPM
6	Off	157.62 PPM
7	Off	146.17 PPM
8	Off	354.03 PPM
9	Off	375.20 PPM
10	On	500.84 PPM

Selama 10 menit pengujian alat dengan gas korek api elektrik dilakukan, LCD menampilkan nilai baca sensor ppm ≥ 500 dengan indikator buzzer aktif, ini menandakan bahwa gas sangat berbahaya dan dapat mengganggu kesehatan pernapasan manusia. Tidak terlihat selama pengujian alat nilai baca sensor menurun dalam waktu 5 menit dibawah ppm ≤ 300 , nilai baca sensor tertinggi yaitu ppm 500.00 melebihi batas gauge seting yang telah ditetapkan, menunjukkan bahwa gas sangatlah berbahaya. Dapat dilihat pada gambar 4.5 terdapat notifikasi pada smartphone dan langsung mengirim notif berupa titik koordinat kepada telegram BOT dan dialihkan ke goggle maps yang menandakan bahwa udara dalam keadaan berbahaya.

3.1.5. Pengujian Sensor GPS neo 6-M

Untuk mengetahui tingkat kebenaran modul NEO-6M, perlu dilakukan pengujian keakuratan modul tersebut. Kesetiaan modul NEO-6M perlu dievaluasi karena modul ini merupakan salah satu nilai masukan yang sangat menentukan dan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil keluaran sistem. Untuk pengujian sensor ini diujikan pada

beberapa lokasi yang berbeda. Tabel hasil pengujian modul NEO-6M adalah sebagai berikut:

Tabel 4 pengujian modul NEO-6M

No	Tampilan LCD		Platform Blynk		Lokasi
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
1	-7.761004	113.415786	-7.761004	113.415786	Alun-alun Kraksaan
2	-7.757475	113.436637	-7.708488	113.436637	Lapangan Gelora
3	-7.733832	113.466161	-7.733832	113.466161	Perempatan Jabung
4	-7.727664	113.479283	-7.727664	113.479283	Jembatan Randumerak
5	-7.721286	113.497045	-7.721286	113.497045	Perempatan Tanjung
6	-7.710096	113.498776	-7.710096	113.498776	Universitas Nurul Jadid
7	-7.724474	113.488679	-7.724474	113.488679	POM Randumerak
8	-7.721277	113.496997	-7.721277	113.496997	Alfamart Paiton
9	-7.715970	113.516856	-7.715970	113.516856	Pasar Paiton
10	-7.707554	113.526270	-7.707554	113.526270	Pelabuhan TPI Paiton

Tabel 4. menyajikan hasil pengujian GPS NEO-6M dari tampilan LCD I2C yang dibandingkan dengan pembacaan GPS dari platform Blynk Sangat akurat. Informasi yang dikumpulkan dan dianalisis meliputi koordinat lintang dan bujur. Data GPS dari NEO-6M dibandingkan dengan koordinat lintang dan bujur yang dihasilkan oleh Blynk. Pengumpulan data diulangi beberapa kali, dan 10 data di lokasi yang berbeda dikumpulkan untuk pengujian.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian sistem Smart Helm IoT menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi kondisi lingkungan berbahaya di area pertambangan. Sistem ini mampu memantau gas berbahaya (CO, CO₂, CH₄), suhu, dan kelembapan menggunakan sensor terintegrasi yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Data ditampilkan secara real-time melalui LCD dan dikirim ke server pusat melalui platform IoT, memungkinkan pemantauan jarak jauh oleh supervisor. Ketika konsentrasi gas berbahaya melebihi ambang batas (misalnya 500,02 PPM), sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer peringatan dan mengirimkan lokasi penambang melalui Telegram BOT, yang terintegrasi dengan Google Maps untuk mendukung operasi penyelamatan. Selain itu, pengukuran suhu dan kelembapan terbukti konsisten dengan alat ukur pembanding, dengan batas suhu 50°C dan kelembapan 90% RH sebagai ambang kritis. Evaluasi modul GPS NEO-6M menunjukkan akurasi tinggi dalam penentuan titik koordinat, dengan pengujian dilakukan pada 10 lokasi berbeda, salah satunya di Alun-Alun Kraksaan.

Ucapan Terimakasih

Kami ucapkan terimakasih kepada semua pihak yang sudah membantu penelitian kami, sampai selesai serta sampai pembuatan artikel ini selesai

Daftar Pustaka

- [1] Roja and P. Srihari, "Real-time hazardous gas monitoring system in mining environment using wireless sensor networks," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 7, no. 6, pp. 435–439, 2018.
- [2] Kothakonda, "Smart helmet for coal miners using IoT," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 8, no. 3, pp. 1203–1207, 2021.
- [3] Eldemerdash, Y. Kassem, and M. Khalifa, "IoT-based smart helmet for hazardous event detection in mining industry," in *Proc. Int. Conf. on Smart Applications and Data Analysis for Smart Cities (SADASC)*, 2020, pp. 123–128.
- [4] M. R. Wahyudi, S. N. Hidayat, and T. R. Nugroho, "Design of safety helmet with gas and accident detection for underground miners," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 10, no. 2, pp. 1541–1548, 2020.
- [5] Roja and P. Srihari, "Real-time hazardous gas monitoring system in mining environment using wireless sensor networks," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 7, no. 6, pp. 435–439, 2018.
- [6] Kothakonda, "Smart helmet for coal miners using IoT," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 8, no. 3, pp. 1203–1207, 2021.
- [7] Eldemerdash, Y. Kassem, and M. Khalifa, "IoT-based smart helmet for hazardous event detection in mining industry," in *Proc. Int. Conf. on Smart Applications and Data Analysis for Smart Cities (SADASC)*, 2020, pp. 123–128.
- [8] M. R. Wahyudi, S. N. Hidayat, and T. R. Nugroho, "Design of safety helmet with gas and accident detection for underground miners," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 10, no. 2, pp. 1541–1548, 2020.
- [9] Sulistiyanto S, Imaduddin I, Nadhiroh AY, Widoretno S, Fahmi MH, Mukhlison M, Zuhair A, Pawening RE. IoT-based model for real-time monitoring of new and renewable energy systems. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2025 Mar 31(3):36-48.
- [10] Sulistiyanto S, Mawardi I. *Portable Smart Biogas Digester Using Pressure Sensor and Safety Valve Based on Internet of Things*. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*. 2024 May 1;6(1):243-51.
- [11] Bayu E, Widoretno S, Mukhlison M. Panel Pelacak Surya Sumbu Ganda Mode Otomatis Berbasis Arduino Uno Sebagai Catu Daya Motor Pompa Air. *Jurnal Qua Teknik*. 2022 Mar 16;12(01):1-6.
- [12] Mz MA, Hamdhana RA, Rahmawati ZN, Wahyudi F, Fahmi MH, Ratnasari N, Fatimah S, Fitriani IM. Seminar PMII Tentang Manfaat Versi Generasi Terbaru Internet Of Things Pada Kalangan Mahasiswa Dan Pengusaha Muda. *I-Com: Indonesian Community Journal*. 2022 Dec 4;2(3):680-8.
- [13] Gufairoh SG, Nadhiroh AY, Pawening RE. Sentiment Analysis of Patient Reviews of Az-Zainiyah Clinic Services Using Neural Language Processing with the Naïve Bayes Method. *IOTA Journal*. 2025 Jan 13;5(1):47-57.
- [14] Kusuma A, Riyanto D, Muhsin M. Perangkat Hama Lalat Buah Otomatis Berbasis IoT Pada Jambu Air Menggunakan Sumber Energi Alternatif (PLTS). *SinarFe7*. 2024 Sep 9;6(1):73-81.
- [15] Riyanto D, Kurniawan E. *Rekayasa Listrik Hybrid Untuk Pengairan Sawah Tadah Hujan Di Desa Duri Kec. Slahung Ponorogo*. *Multitek Indonesia*. 2022 Dec 31;16(2):35-53.