

IoT-Based Early Detection System for Under Voltage and Over Voltage Protection on Railway Passenger Information Display Systems

Budi Artono^{1*}, Yuli Prasetyo², Agung Catur Prasetyo³

^{1*} Teknologi Rekayasa Elektronika, Politeknik Negeri Madiun, Madiun, Indonesia

^{2,3} Teknik Listrik, Politeknik Negeri Madiun, Madiun, Indonesia

^{1*}budiartono@pnm.ac.id, ²yuliprasetyo2224@pnm.ac.id, ³agungcprasetyo@gmail.com

^{*)} budiartono@pnm.ac.id

Abstract-The reliability of the Passenger Information Display System (PIDS) is essential for ensuring safety, passenger comfort, and service quality in railway transportation. In Passenger Coach 612, the running text display delivers real-time travel information, operational status, and safety messages. However, unstable power supply conditions, particularly under-voltage and over-voltage, frequently cause display malfunctions, operational interruptions, and hardware damage. This study proposes an Internet of Things (IoT)-based protection and monitoring system to detect voltage abnormalities and prevent equipment failure. The system employs an ESP32 microcontroller as the main controller, an INA219 sensor for voltage and current measurement, and a relay module for automatic protection. Protection thresholds were set at 4.3 V for under-voltage and 5.7 V for over-voltage based on the EN 50155 standard and field observations. Operational data are transmitted in real time to an IoT platform and a Realtime Database, enabling remote web-based monitoring. Experimental results show that the proposed system accurately detects voltage disturbances, automatically disconnects the power supply under abnormal conditions, and provides reliable real-time monitoring. Sensor calibration yielded a correction factor of $K = 0.981$, with a voltage measurement error of only 0.02 V compared with a reference digital multimeter. The proposed system improves the reliability of the running text display, enhances maintenance efficiency through continuous remote monitoring, and contributes to safer and more reliable railway passenger information services.

Keywords: Passenger Information Display System (PIDS); Running Text Display; Internet of Things (IoT); ESP32; Voltage Protection; Real-Time Monitoring.

Abstrak-Keandalan Passenger Information Display System (PIDS) merupakan faktor penting dalam mendukung keselamatan, kenyamanan, dan kualitas layanan transportasi perkeretaapian. Salah satu komponen utama PIDS pada Kereta Penumpang 612 adalah running text yang berfungsi menyampaikan informasi perjalanan, status operasional, dan pesan keselamatan secara real-time. Namun, gangguan pada running text masih sering terjadi akibat ketidakstabilan catu daya, khususnya kondisi under voltage dan over voltage yang menyebabkan tampilan informasi tidak akurat, gangguan operasi, hingga kerusakan perangkat. Berbagai kasus nyata menunjukkan bahwa kegagalan sistem informasi penumpang dapat menimbulkan kebingungan pengguna serta menurunkan kualitas layanan transportasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem proteksi serta monitoring running text berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi gangguan tegangan secara dini dan mencegah kerusakan perangkat. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, sensor INA219 untuk pengukuran tegangan dan arus, serta relay sebagai aktuator proteksi. Batas proteksi ditetapkan pada tegangan 4,3 V untuk under voltage dan 5,7 V untuk over voltage berdasarkan standar EN 50155 dan hasil observasi lapangan. Data operasional dikirim secara real-time ke platform IoT dan Realtime Database sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh berbasis web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi gangguan tegangan secara akurat, melakukan proteksi otomatis, serta menyediakan monitoring kondisi perangkat secara real-time. Kalibrasi sensor menghasilkan faktor koreksi $K = 0,981$ dengan selisih pengukuran sebesar 0,02 V terhadap multimeter. Sistem yang dikembangkan terbukti meningkatkan keandalan running text, mendukung efisiensi pemeliharaan, serta berkontribusi pada peningkatan keselamatan dan kenyamanan penumpang.

Keywords: Passenger Information Display System (PIDS); Running Text; Internet of Things (IoT); ESP32; Proteksi Tegangan; Pemantauan Real-Time.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah mendorong transformasi sistem pemantauan dan pengendalian perangkat elektronik di berbagai sektor, termasuk transportasi perkeretaapian. Transportasi kereta api merupakan salah satu bentuk transportasi umum yang paling efisien dan ramah lingkungan. Moda ini unggul karena efisiensi energi, jejak karbon yang minimal, serta dampak negatif yang rendah terhadap lingkungan. [1], [2], [3], [4]. Kendati demikian, keunggulan harus diimbangi dengan tingkat kualitas operasional yang tinggi. Aspek utama meliputi kecepatan perjalanan, kenyamanan perjalanan, serta yang terpenting keselamatan penumpang dan barang yang diangkut. Integrasi teknologi sensor, mikrokontroler, komunikasi data, dan platform berbasis internet memungkinkan kondisi peralatan dapat dipantau secara real-time sehingga meningkatkan keandalan, efisiensi pemeliharaan, dan keselamatan operasional [5], [6], [7], [8]. Dalam industri perkeretaapian modern, pemanfaatan teknologi digital tidak hanya diterapkan pada sistem traksi dan kendali kereta, tetapi juga pada sistem informasi penumpang yang berperan penting dalam mendukung kualitas layanan transportasi [9], [10], [11], [12]. Salah satu subsistem yang memiliki peran strategis dalam pelayanan penumpang adalah Passenger Information Display System (PIDS) [13], [14], [15]. Sistem ini berfungsi menyampaikan informasi perjalanan secara visual kepada penumpang, seperti nama stasiun, tujuan perjalanan, jadwal operasional, posisi kereta, serta informasi keselamatan dan layanan lainnya. Keandalan PIDS menjadi faktor penting karena informasi yang disampaikan secara tepat dan akurat dapat meningkatkan kenyamanan, mengurangi kebingungan penumpang, serta mendukung kelancaran operasional perjalanan kereta api.

Pada Kereta Penumpang 612, PIDS terdiri atas Running Text Indoor (RTI) dan Running Text Outdoor (RTO) yang berfungsi sebagai media komunikasi visual utama antara sistem kereta dan penumpang. Running text memiliki peranan penting terutama bagi penumpang baru, penumpang lanjut usia, maupun penumpang yang sangat bergantung pada informasi visual selama perjalanan. Dalam kondisi operasional yang dinamis, seperti perubahan jadwal, pergantian stasiun pemberhentian, maupun kondisi gangguan perjalanan, keberadaan running text menjadi sarana utama penyampaian informasi yang cepat dan mudah dipahami. Meskipun demikian, gangguan pada sistem informasi penumpang masih sering terjadi baik di tingkat nasional maupun internasional. Di Indonesia, pernah terjadi kesalahan tampilan running text pada kereta api yang menyebabkan informasi perjalanan tidak tersampaikan secara benar kepada penumpang sehingga menimbulkan kebingungan dan menurunkan kualitas layanan transportasi. Kasus serupa juga terjadi di Finlandia ketika gangguan pada sistem informasi penumpang menyebabkan informasi jadwal dan tujuan perjalanan yang ditampilkan pada layar stasiun menjadi tidak akurat dan membuat kebingungan pengguna jasa transportasi. Selain itu, kegagalan suplai daya pada jaringan kereta internasional Channel Tunnel yang menghubungkan Inggris dan Eropa menyebabkan gangguan operasional berskala besar yang turut berdampak pada sistem komunikasi dan informasi perjalanan penumpang. Setiap masalah daya yang muncul dalam bentuk penyimpangan tegangan, arus, atau frekuensi mengakibatkan kegagalan atau kesalahan operasi pada peralatan. Berbagai kasus tersebut menunjukkan bahwa keberlangsungan layanan informasi penumpang sangat dipengaruhi oleh keandalan sistem pendukung, khususnya sistem kelistrikan dan catu daya. Risiko kegagalan pada sistem kelistrikan dan perangkat kendali perkeretaapian juga telah menjadi perhatian dalam penelitian yang membahas keandalan sistem catu daya untuk perangkat kontrol dan informasi kereta api [16], [17].

Berdasarkan hasil observasi pada Kereta Penumpang 612, gangguan running text umumnya tidak disebabkan oleh kerusakan fisik perangkat tampilan, melainkan oleh ketidakstabilan tegangan pada Power Supply Unit (PSU) 5 V DC yang menyuplai modul controller dan dot matrix display. Fluktuasi tegangan, terutama kondisi under-voltage, dapat menyebabkan tampilan berkedip, tidak stabil, mati sebagian, bahkan berhenti beroperasi sepenuhnya. Sementara itu, kondisi over-voltage berpotensi mempercepat degradasi komponen elektronik dan menimbulkan kerusakan permanen pada perangkat. Kondisi tersebut dapat mengurangi keandalan sistem informasi penumpang dan meningkatkan risiko terjadinya mis informasi selama perjalanan. Pada saat ini, sistem proteksi yang tersedia pada subsistem running text masih terbatas pada pengamanan arus lebih menggunakan Miniature Circuit Breaker (MCB) [18]. Sistem tersebut belum mampu mendeteksi dan merespons gangguan tegangan secara spesifik sehingga kegagalan akibat under-voltage maupun over-voltage sering kali tidak teridentifikasi secara dini. Padahal, dalam sistem perkeretaapian modern, prinsip proteksi berbasis deteksi, isolasi, dan pemulihan telah diterapkan secara luas pada sistem traksi dan distribusi daya utama untuk menjaga kontinuitas operasi. Namun demikian, penerapan konsep proteksi pada subsistem tegangan rendah, khususnya sistem informasi penumpang berbasis running text, masih relatif terbatas. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kualitas daya listrik memiliki pengaruh signifikan terhadap keandalan perangkat elektronik dan sistem pendukung operasional perkeretaapian. Sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada sistem distribusi daya umum, instalasi industri, atau sistem tenaga skala besar. Penelitian yang secara khusus mengintegrasikan fungsi monitoring dan proteksi

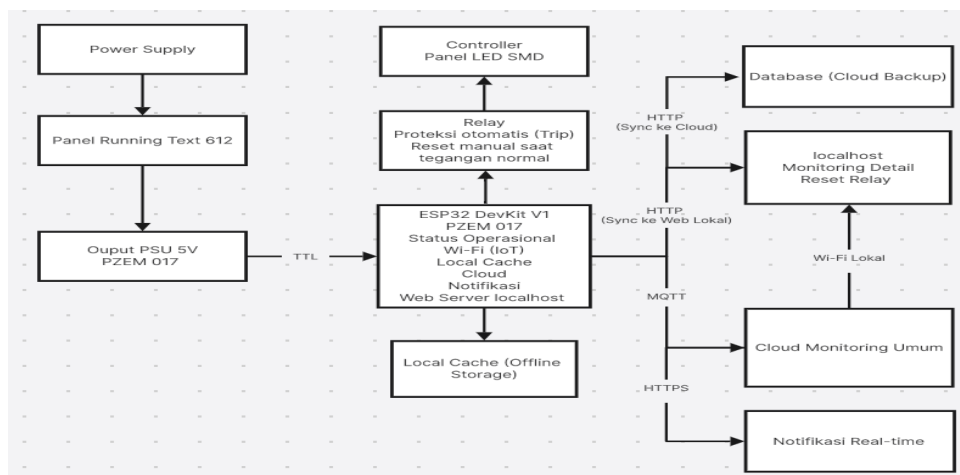
otomatis berbasis IoT pada subsistem informasi penumpang tegangan rendah di lingkungan perkeretaapian masih sangat terbatas [7], [19]. Sebagian besar studi hanya menitikberatkan pada fungsi monitoring tanpa dilengkapi mekanisme proteksi otomatis terhadap gangguan tegangan, serta belum dikaitkan secara langsung dengan kebutuhan operasional Passenger Information Display System (PIDS) [20], [21], [22]. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini merupakan pengembangan Sistem Proteksi dan Monitoring Running Text Kereta Penumpang 612 Berbasis Internet of Things (IoT) yang mengadaptasi prinsip proteksi kelistrikan perkeretaapian ke tingkat subsistem PSU 5 V DC pada perangkat running text. Sistem yang dirancang memanfaatkan sensor tegangan dan arus, mikrokontroler ESP32, mekanisme proteksi otomatis terhadap kondisi under dan over voltage, serta platform monitoring berbasis web yang memungkinkan pemantauan kondisi operasional secara real-time dan jarak jauh. Integrasi fungsi monitoring dan proteksi dalam satu sistem terpadu diharapkan mampu meningkatkan keandalan Passenger Information Display System (PIDS), mempermudah proses pemeliharaan, mengurangi risiko kegagalan penyampaian informasi kepada penumpang, serta mendukung keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi operasional perkeretaapian secara berkelanjutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian dimulai dengan studi literatur terkait sistem monitoring berbasis IoT, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan pendekatan perancangan, implementasi, dan analisis sistem yang mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), pemodelan, serta simulasi sistem proteksi pada Passenger Information Display System (PIDS) Kereta 612. Sistem dikembangkan untuk mendeteksi dan memantau secara real-time kondisi under voltage dan over voltage pada catu daya (PSU) 5 V DC yang menyuplai controller dan dot matrix running text. Data hasil monitoring berbasis IoT dimanfaatkan sebagai dasar analisis kondisi operasional, kemudian divalidasi melalui pemodelan dan simulasi guna mengevaluasi efektivitas sistem proteksi terhadap berbagai skenario gangguan kelistrikan pada subsistem tegangan. Pengujian sistem dilakukan di Workshop PT. Rekindo Global Jasa menggunakan prototipe yang merepresentasikan sistem running text pada Kereta 612. Melalui integrasi antara monitoring real-time, analisis berbasis data, dan validasi simulasi.

2.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri atas sensor PZEM-017 untuk mengukur tegangan dan arus pada keluaran PSU 5 V DC, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, modul relay sebagai aktuator proteksi, serta platform monitoring berbasis web dan cloud [23], [24], [25], [26]. Data hasil pengukuran diproses oleh ESP32 untuk mengevaluasi kondisi operasi berdasarkan ambang batas under voltage dan over voltage yang telah ditetapkan. Apabila tegangan berada di luar rentang normal, sistem secara otomatis mengubah status menjadi TRIP dan mengaktifkan relay untuk memutus suplai daya ke beban. Selain fungsi proteksi, sistem juga menyediakan monitoring dan pencatatan data secara real-time, penyimpanan data historis, serta notifikasi gangguan sehingga proses pemantauan dan pemeliharaan running text dapat dilakukan secara lebih efektif dan terintegrasi.



Gambar 1. Diagram Blok

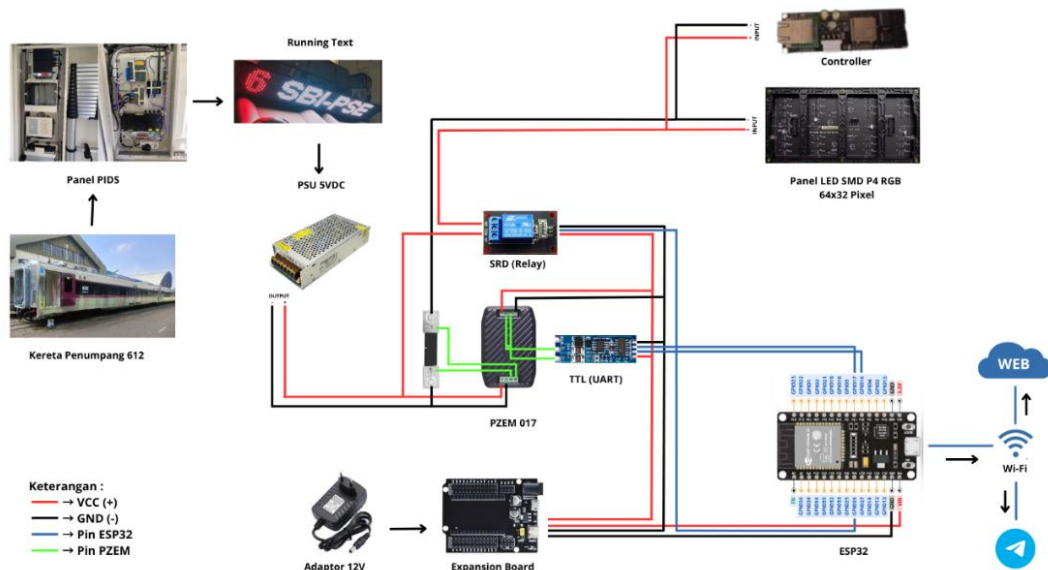
Diagram Blok System ditampilkan pada Gambar 1. Sedangkan batas nilai set point sebagai batas proteksi berdasarkan standar EN 50155 dan observasi lapangan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Database type

Kondisi	Tegangan
Under Voltage	< 4,3 V
Normal	4,3–5,7 V
Over Voltage	> 5,7 V

2.2 Wiring Diagram

Wiring diagram digunakan sebagai acuan perakitan sistem proteksi dan monitoring. Sensor PZEM-017 dipasang pada keluaran PSU 5 V DC untuk mengukur tegangan dan arus, kemudian data dikirim ke ESP32 melalui modul RS485 to TTL untuk diproses sesuai logika proteksi. Apabila terdeteksi kondisi under voltage atau over voltage, ESP32 mengaktifkan relay untuk memutus suplai daya ke controller dan dot matrix running text. Selain mengendalikan sistem proteksi, ESP32 terintegrasi dengan localhost, ThingsBoard Cloud, Firebase Realtime Database, dan Telegram Bot API sehingga mendukung monitoring real-time, penyimpanan data historis, serta pengiriman notifikasi gangguan secara otomatis kepada teknisi.

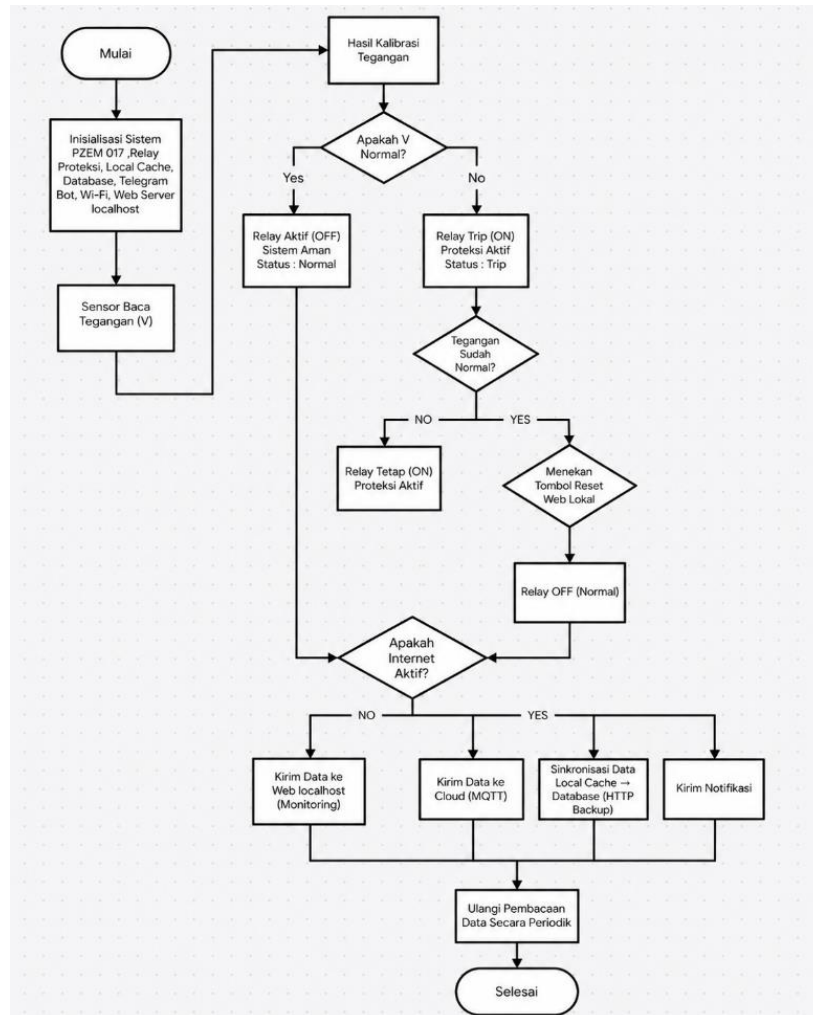


Gambar 2. Wiring Diagram

2.3 Flowchart Sistem

Flowchart menggambarkan alur kerja sistem proteksi dan monitoring secara menyeluruh, mulai dari pembacaan data sensor, kalibrasi tegangan, proses pengambilan keputusan proteksi, hingga pengiriman data ke platform monitoring dan notifikasi real-time (Gambar 3).

Nilai tegangan yang telah dibaca oleh sensor terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan faktor koreksi dan offset untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Berdasarkan nilai tegangan terkalibrasi, ESP32 mengaktifkan mekanisme proteksi dengan memutus suplai daya melalui relay apabila terdeteksi kondisi under voltage atau over voltage, sehingga status sistem berubah menjadi TRIP. Setelah tegangan kembali normal, sistem dapat diaktifkan kembali secara manual melalui antarmuka web server lokal (localhost) untuk mengembalikan status ke kondisi NORMAL. Dalam kondisi koneksi internet tersedia, ESP32 mengirimkan data ke ThingsBoard Cloud, Firebase Realtime Database, dan Telegram Bot API melalui protokol MQTT dan HTTPS untuk mendukung monitoring, penyimpanan data historis, dan notifikasi gangguan secara real-time. Apabila koneksi internet terputus, sistem tetap beroperasi secara lokal dengan menyimpan data pada memori LittleFS. Setelah koneksi kembali tersedia, data yang tersimpan akan disinkronkan secara otomatis ke Firebase dan diperbarui pada antarmuka localhost.



Gambar 3. Flowchart Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

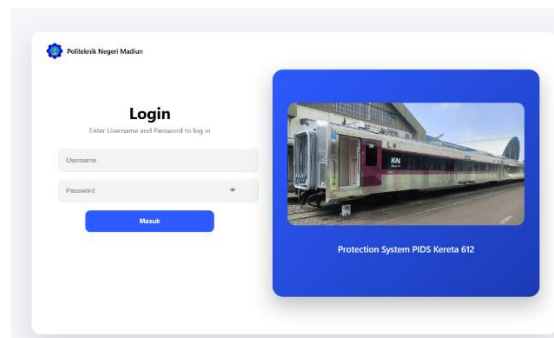
3.1 Implementasi Sistem

Prototype ditampilkan pada Gambar 4., System proteksi dan monitoring menggunakan ESP32, sensor PZEM-017, modul RS485 to TTL, dan relay. Sistem dipasang di antara Power Supply Unit (PSU) 5 V DC dan beban running text sehingga mampu memantau parameter kelistrikan secara real-time sekaligus memberikan proteksi terhadap gangguan under voltage dan over voltage.



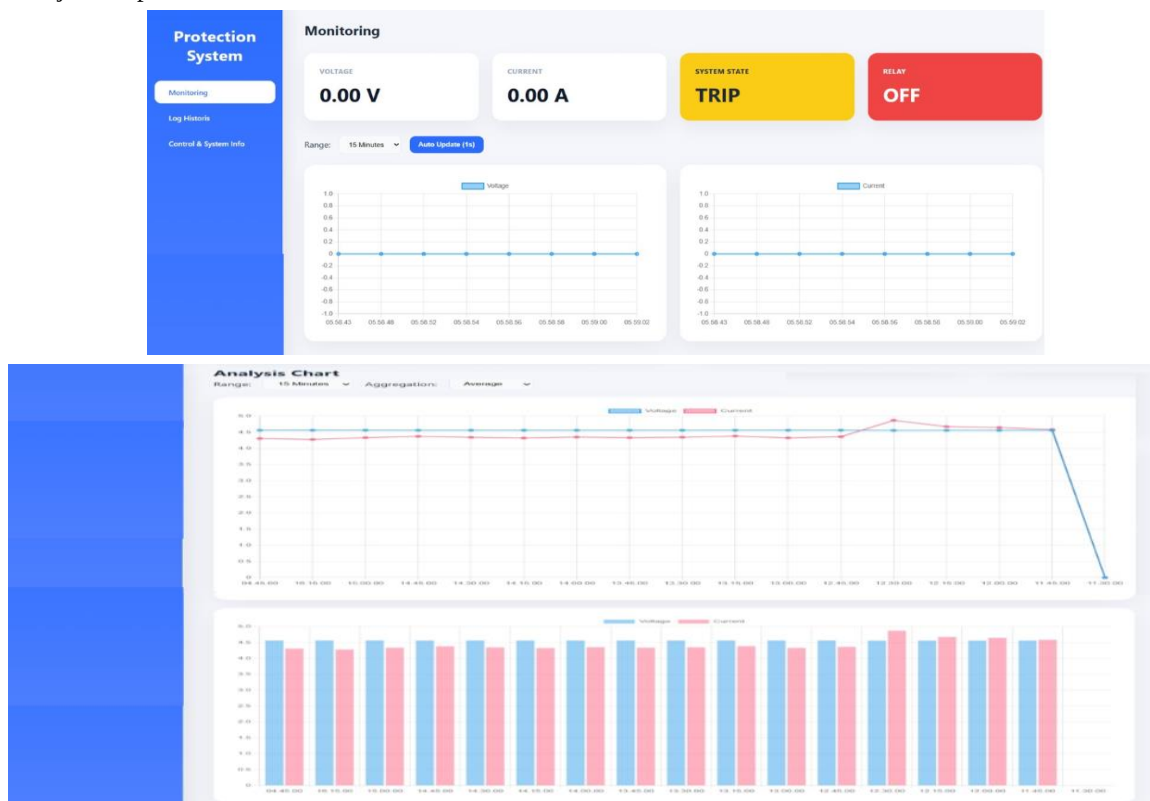
Gambar 4. Prototype

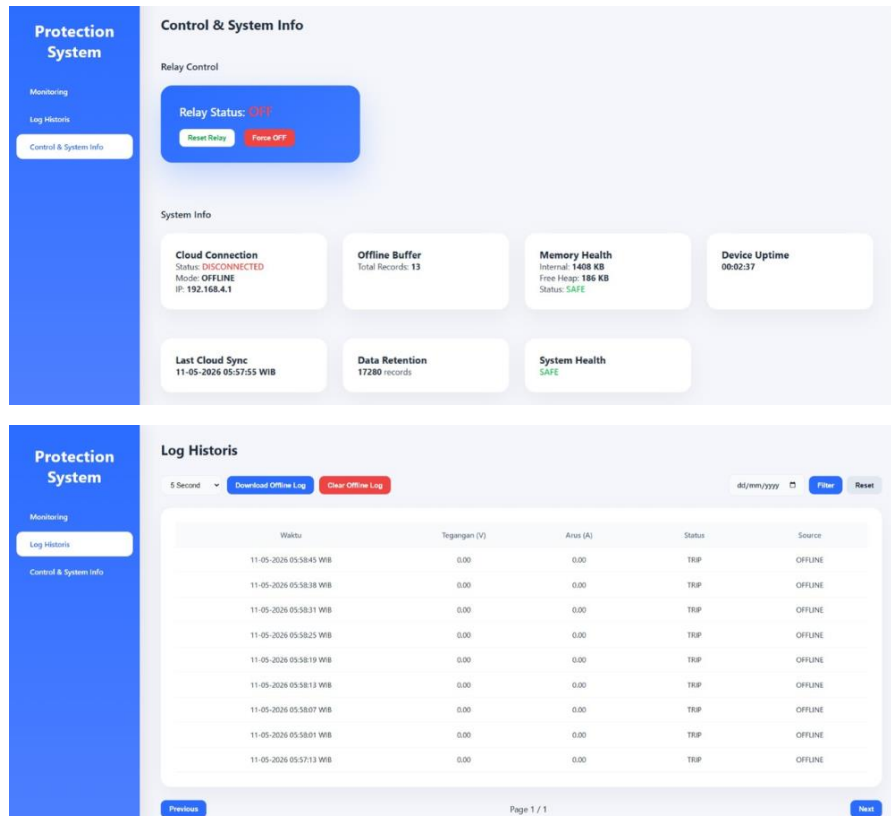
Selain fungsi proteksi, sistem dilengkapi dengan antarmuka monitoring berbasis web yang dikembangkan menggunakan Arduino IDE dan Visual Studio Code pada mikrokontroler ESP32. Perangkat lunak dirancang untuk melakukan pembacaan, pengolahan, dan penyajian data secara real-time dengan interval pembaruan setiap 5 detik. Informasi tegangan, arus, dan status operasional sistem dapat diakses melalui web server lokal (localhost) tanpa memerlukan koneksi internet, sekaligus terintegrasi dengan platform cloud untuk penyimpanan data historis dan pengiriman notifikasi otomatis. Web server lokal juga menyediakan fitur pengendalian sistem serta pengelolaan data historis. Untuk meningkatkan keamanan, akses ke halaman monitoring dilindungi dengan mekanisme autentikasi menggunakan username dan password, sehingga hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses fungsi monitoring dan kontrol sistem (Gambar 5.).



Gambar 5. Web Login

Hasil implementasi menunjukkan bahwa seluruh perangkat keras dan perangkat lunak berhasil terintegrasi dalam satu sistem. ESP32 mampu membaca data dari sensor PZEM-017, mengendalikan relay proteksi, menampilkan informasi monitoring melalui dashboard localhost, serta mengirimkan data ke platform cloud secara real-time. Setelah proses autentikasi berhasil, pengguna diarahkan ke dashboard utama localhost yang menyediakan fitur monitoring, analisis data, pengelolaan log historis, dan kontrol sistem dalam satu antarmuka terintegrasi, ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



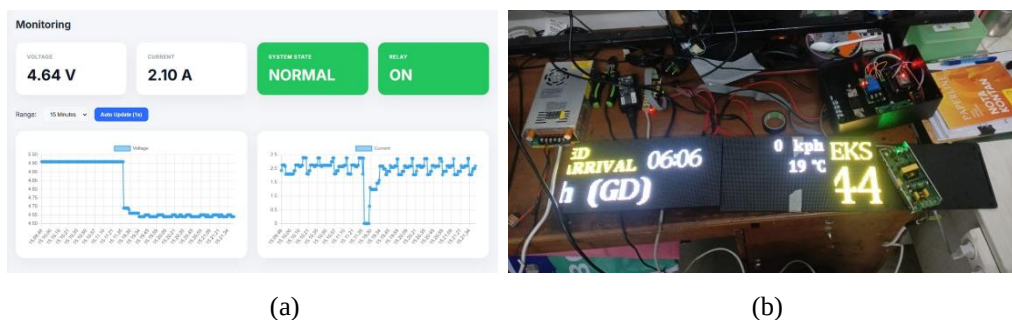
Gambar 6. Dashboard Monitoring Berbasis Web

Gambar 7. Dashboard Proteksi Berbasis Web

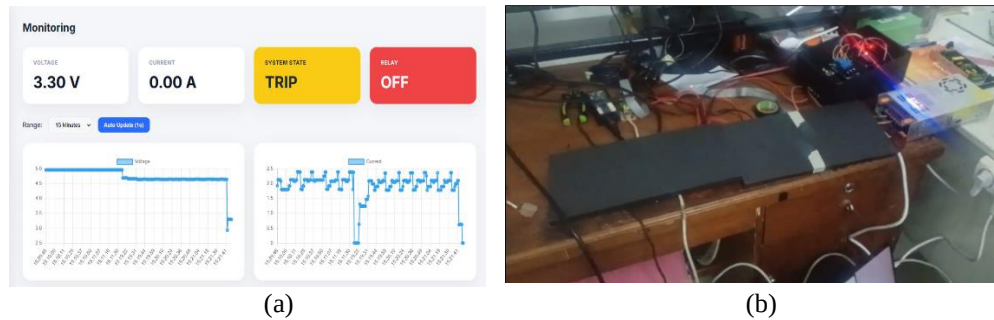
3.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem proteksi dilakukan untuk menguji kemampuan sistem dalam mendeteksi kondisi under voltage dan over voltage, mengaktifkan mekanisme proteksi secara otomatis, serta mengevaluasi fungsi kontrol manual dan proses pemulihan (reset) sistem.

3.2.1 Pengujian Under Voltage

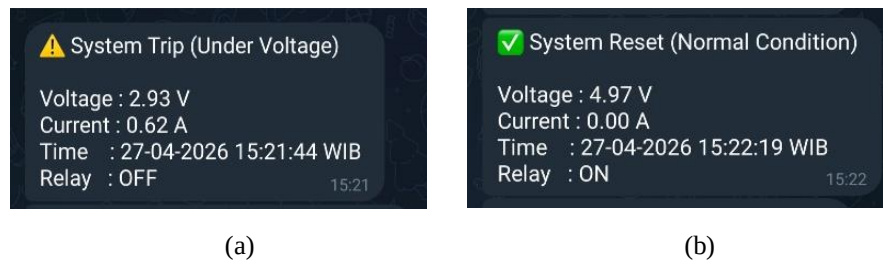
Pengujian under voltage dilakukan dengan menurunkan tegangan PSU hingga di bawah ambang proteksi 4,3 V. Saat tegangan berada dalam rentang normal, sistem berstatus NORMAL dan relay tetap menghubungkan suplai daya ke controller serta dot matrix (Gambar 8.). Ketika tegangan melewati batas proteksi, ESP32 mengubah status menjadi TRIP (Gambar 9.), mengaktifkan relay untuk memutus suplai daya secara otomatis, dan mengirimkan notifikasi gangguan melalui Telegram (Gambar 10.).


Gambar 8. Kondisi Normal a). Tampilan Dashboard b). Kondisi Hardware



Gambar 9. Kondisi TRIP a). Tampilan Dashboard b). Kondisi Hardware

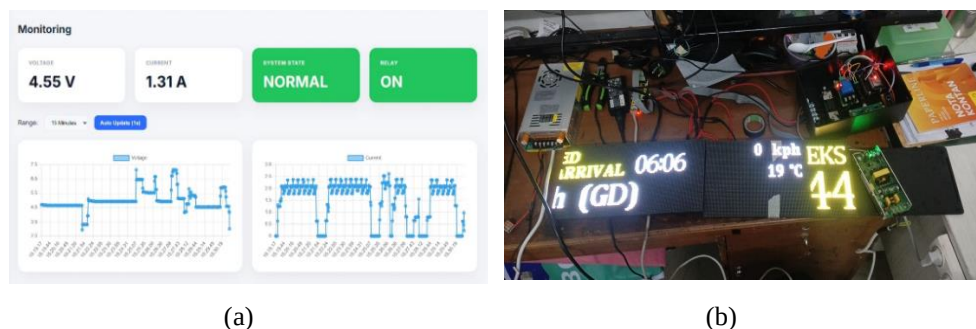
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem proteksi mampu mendeteksi kondisi under voltage sesuai ambang batas yang telah ditetapkan dan memberikan respons secara otomatis berdasarkan logika proteksi yang dirancang. Gangguan pada sistem running text mulai terjadi ketika tegangan berada di bawah 4,0 V, menyebabkan controller tidak mampu menerima data dari sistem PIDS sehingga informasi tidak dapat ditampilkan dengan normal. Pada kondisi tersebut, sistem mengaktifkan mekanisme proteksi, mengirimkan notifikasi kepada pengguna, dan dapat mengembalikan kondisi operasional secara normal setelah proses reset dilakukan.



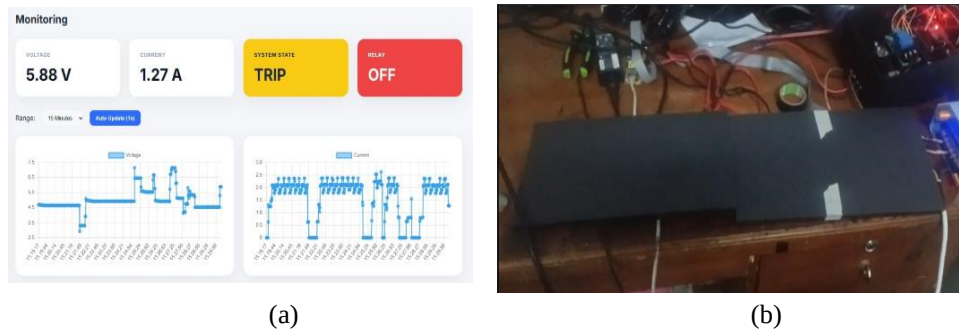
Gambar 10. Notifikasi pada aplikasi Telegram a). TRIP b). Reset

3.2.2 Pengujian Over Voltage

Pengujian over voltage dilakukan dengan menaikkan tegangan PSU hingga melebihi ambang proteksi 5,7 V. Saat kondisi ini terdeteksi, ESP32 mengubah status sistem menjadi TRIP dan mengaktifkan relay untuk memutus suplai daya ke controller serta dot matrix guna mencegah kerusakan akibat tegangan berlebih (Gambar 12.). Secara bersamaan, sistem mengirimkan notifikasi gangguan kepada pengguna melalui Telegram secara real-time (Gambar 13).

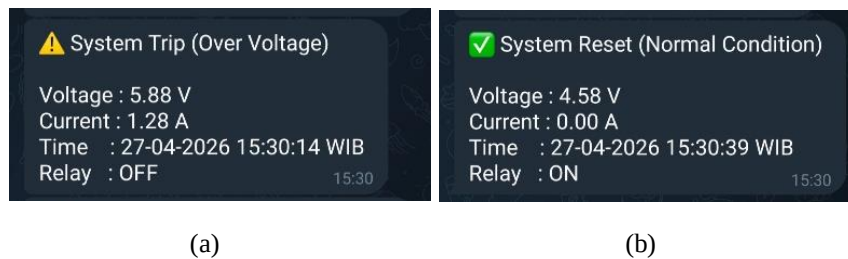


Gambar 11. Kondisi Normal a). Tampilan Dashboard b). Kondisi Hardware



Gambar 12. Kondisi TRIP a). Tampilan Dashboard b). Kondisi Hardware

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi over voltage dan mengaktifkan mekanisme proteksi secara otomatis. Gangguan mulai terjadi ketika tegangan melebihi 6,0 V, menyebabkan controller dan dot matrix berhenti beroperasi akibat melampaui batas kerja perangkat. Oleh karena itu, ambang proteksi ditetapkan pada rentang 4,3–5,7 V sebagai margin keamanan. Ketika tegangan berada di luar rentang tersebut, sistem mengubah status menjadi TRIP, memutus suplai daya melalui relay, mengirimkan notifikasi gangguan kepada pengguna, dan dapat dipulihkan ke kondisi NORMAL melalui fungsi reset setelah tegangan kembali berada pada rentang aman. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan perlindungan dini terhadap gangguan tegangan yang berpotensi mengganggu kinerja running text.



Gambar 13. Notifikasi pada aplikasi Telegram a). TRIP b). Reset

Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi under voltage dan over voltage, kemudian mengaktifkan mekanisme proteksi secara otomatis dengan mengubah status menjadi TRIP dan memutus suplai daya melalui relay. Sistem juga berhasil mengirimkan notifikasi gangguan melalui Telegram serta memulihkan kondisi operasional ke status NORMAL melalui fungsi reset setelah tegangan kembali berada pada rentang aman.

4. KESIMPULAN

Penelitian telah berhasil mengembangkan sistem proteksi dan monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk running text Kereta 612. Sistem mampu mendeteksi kondisi under voltage dan over voltage secara real-time serta mengaktifkan mekanisme proteksi otomatis melalui relay pada rentang tegangan aman 4,3–5,7 V. Sistem telah menyediakan monitoring berbasis web yang terintegrasi dengan ThingsBoard, Firebase Realtime Database, dan Telegram Bot untuk mendukung pemantauan, penyimpanan data historis, dan notifikasi gangguan secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan rancangan, dengan akurasi pengukuran yang baik setelah kalibrasi (faktor koreksi 0,981 dan selisih rata-rata 0,02 V terhadap multimeter). Secara keseluruhan, sistem mampu meningkatkan keandalan, keselamatan, dan kontinuitas operasional running text pada Passenger Information Display System (PIDS) Kereta 612 serta berpotensi mendukung penerapan pemeliharaan prediktif pada sistem informasi penumpang berbasis IoT.



REFERENCES

- [1] G. Min, D. Ka, and C. Lee, "Development of a PID controller for passenger inflow control in congested metro stations using elliptic bivariate relationship," *Transportation Letters*, pp. 1–21, Jun. 2026, doi: 10.1080/19427867.2026.2694446.
- [2] M. Begum *et al.*, "Internet of Things (IoT)-Based Solutions for Uneven Roads and Balanced Vehicle Systems Using YOLOv8," *Future Internet*, vol. 17, no. 6, p. 254, Jun. 2025, doi: 10.3390/fi17060254.
- [3] M. El Gamal, "Visible light communication (VLC) using Internet of Things (IoT) in Dark Light system for Smart Room," *Alexandria Journal of Managerial Research and Information Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 129–140, Sep. 2023, doi: 10.21608/ajmris.2023.317552.
- [4] M. Z. Arifin, K. B. Utomo, and A. R. Hakim, "Design and Construction of Hydroponic Plant Cultivation Based on the Internet of Things on Lettuce".
- [5] M. H. Ridwan, M. Yuhendri, and J. Sardi, "Sistem Kendali Dan Monitoring Pompa Air Otomatis Berbasis Human Machine Interface," vol. 4, no. 2, 2023.
- [6] B. Triyono, Y. Prasetyo, B. Winarno, and H. H. Wicaksono, "Electrical Motor Interference Monitoring Based On Current Characteristics," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1845, no. 1, p. 012044, Mar. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1845/1/012044.
- [7] H. Al Islami, A. F. Irawan, and S. D. Y. Kusuma, "Implementasi Sistem Monitoring Jaringan dan Server Menggunakan Nagios Berbasis Linux," *Jitekh*, vol. 13, no. 1, pp. 63–70, Apr. 2025, doi: 10.35447/jitekh.v13i1.1139.
- [8] I. Rifaldo and M. Yuhendri, "Sistem Monitoring Kecepatan Motor Induksi dengan HMI Berbasis PLC," vol. 3, no. 2, 2022.
- [9] T. Arifianto *et al.*, "Edukasi Keselamatan Perkeretaapian melalui Visualisasi Deteksi Dini Kerusakan Rel untuk Transportasi Berkelanjutan di SMK Negeri 1 Ngawi," vol. 3, no. 2, 2026.
- [10] A. Pradipta, S. Triwijaya, F. Winjaya, A. Darmawan, and A. Prasetyo Edi W, "Study Quality of Voltage on Single Track AC Railway Traction Electrification," *jrtt*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, May 2023, doi: 10.37367/jrtt.v2i1.21.
- [11] A. Pradipta, A. Suharjono, S. Triwijaya, T. Arifianto, and F. Rozaq, "Feasibility Evaluation of a Microcontroller-Based SCADA Prototype as an Operational Traction Substation Monitoring System," vol. 5, no. 1, 2026.
- [12] S. Triwijaya, A. Pradipta, Y. Prasetyo, and T. Wati, "Comparison OCV, CC and Integration OCV-CC Method for Estimated SOC Battery for RTU System," no. 1, 2025.
- [13] B. Henriquez-Jara, J. Arriagada, and A. Tirachini, "Impact of real-time information on passenger satisfaction across varying public transport quality levels in 13 Chilean cities," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 200, p. 104622, Oct. 2025, doi: 10.1016/j.tra.2025.104622.
- [14] D. I. Tyastama, S. Suakanto, and D. Pramesti, "Development of a Real-Time Passenger Information Display System for Trains Using IoT and GPS Technologies," in *2025 International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, Bandung, Indonesia: IEEE, Jul. 2025, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICoICT66265.2025.11193043.
- [15] X. Wang, X. Xu, M. Wong, and J. Liu, "Distributed dynamic route guidance via passenger information display systems for subway disruption management," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 179, p. 105316, Oct. 2025, doi: 10.1016/j.trc.2025.105316.
- [16] G. Abdelmoaty and S. Soliman, "Smart Technology Applications in Tourism and Hospitality Industry of The New Administrative Capital, Egypt.," *Journal of Association of Arab Universities for Tourism and Hospitality*, vol. 0, no. 0, pp. 0–0, Nov. 2020, doi: 10.21608/jaauth.2020.47549.1085.
- [17] E. Churniawan, T. Masdini Agustriana, and S. Priyanto, "Railroad Crossings Seen from Indonesia's Positive Law," *JWS*, vol. 1, no. 11, pp. 1031–1037, Nov. 2022, doi: 10.58344/jws.v1i11.110.
- [18] Y. Prasetyo, D. N. Prakoso, R. Wicaksono, B. Triyono, and S. Triwijaya, "Analysis of Transformer Protection Systems Using Smart Relays for Electrical Energy Stability," vol. 07, no. 03, 2023.
- [19] Y. Prasetyo, B. Triyono, B. Artono, S. Triwijaya, A. Khakim, and A. N. Ramadhan, "Development of an internet of things-based monitoring system for small vertical axis wind turbine," no. 2.
- [20] Y. Prasetyo, S. Triwijaya, A. Khakim, and D. N. Prakoso, "Integrated IoT System for Real-Time Electrical Load Monitoring," no. 1.
- [21] D. Permata Sari, Jhofy Ricardo P Sitindaon, Dewi Permata Sari, and Rd. Kusumanto, "Implementasi Sistem Monitoring Air Dengansensor Ultrasonik Hc-Sr04 Dan Water Flow Di Asone Hidroponik Berbasis Internet



- Of Things (IoT) Menggunakan Energi Panel Surya(PLTS),” *JASENS*, vol. 5, no. 1, pp. 22–28, Sep. 2024, doi: 10.52158/jasens.v5i1.918.
- [22] M. I. Hermayandi, R. R. Yacoub, and J. Marpaung, “Pemantauan Laju Arus Air Anak Sungai Kapuas di Tayan Hilir Berbasis IoT dan Nirkabel,” *Jitekh*, vol. 13, no. 1, pp. 54–62, Mar. 2025, doi: 10.35447/jitekh.v13i1.1141.
- [23] M. F. Majid and N. Nadhiroh, “Pengujian Kinerja Sensor PZEM-004 & PZEM-017 Pada Sistem PLTS,” vol. 10, 2024.
- [24] A. Mubarak, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, “Implementasi Sensor Pzem-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone”.
- [25] Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya Indonesia *et al.*, “Perancangan Tensimeter Digital dan Pengiriman Data Ke Monitoring Pusat,” *wt*, vol. 5, no. 2, pp. 82–88, Nov. 2022, doi: 10.33508/wt.v21i2.4477.
- [26] B. Zurifqaldi, T. Hasannuddin, and T. Zulfadli, “Perancangan Sistem Monitoring Arus Dan Tegangan Menggunakan Iot Pada Plts Off Grid,” 2025.