



Sistem Verifikasi Hasil Rewinding Motor Listrik Tiga Fasa

Wahyu Arif Abdurrahman¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang
¹Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹wahyuarif1748@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 26 Sep 2025
revisi : 1 Okt 2025
diterima : 18 Nov 2025
dipublish : 30 Nov 2025

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan suatu sistem verifikasi hasil rewinding motor listrik tiga fasa berbasis Internet of Things (IoT) dengan ESP32 dan sensor PZEM-004T. Bengkel rewinding skala kecil hingga menengah umumnya belum memiliki dokumentasi teknis yang akurat dan transparan, sehingga kualitas hasil perbaikan sulit diverifikasi secara objektif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem verifikasi data otomatis yang mengacu pada standar IEC 60034-23:2019, EASA AR100-2020, dan SNI IEC 60034-1:2013. Sistem dirancang untuk melakukan akuisisi data terhadap parameter tegangan, arus, daya aktif, dan frekuensi pada ketiga fasa, kemudian mengirimkan data ke Google Sheets melalui koneksi internet. Data yang terkirim diproses secara otomatis menjadi laporan teknis melalui integrasi Google Apps Script. Hasil pengujian menunjukkan deviasi pengukuran tegangan rata-rata $\pm 0,116\%$ dan deviasi arus 3,03-3,99%, yang masih berada dalam batas toleransi standar IEC 62053-21 untuk alat ukur kelas 2. Sistem mampu menampilkan status kelayakan "OK" atau "Not OK" berdasarkan perbandingan terhadap set point yang telah ditetapkan. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi IoT dan layanan Cloud efektif meningkatkan akurasi pengukuran, mempercepat proses administrasi, dan transparansi dokumentasi teknis. Sistem ini berkontribusi pada peningkatan mutu layanan, efisiensi operasional, dan kepercayaan pelanggan pada bengkel rewinding.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), Rewinding Motor Listrik, Verifikasi Teknis, ESP32, PZEM-004T.

ABSTRACT

This study designed and implemented a verification system for the results of rewinding a three-phase electric motor based on the Internet of Things (IoT) with ESP32 and PZEM-004T sensors. Small to medium-scale rewinding workshops generally do not have accurate and transparent technical documentation, so the quality of repair results is difficult to validate objectively. This research aims to develop an automated data verification system that refers to IEC 60034-23:2019, EASA AR100-2020, and SNI IEC 60034-1:2013 standards. The system is designed to perform data acquisition on voltage, current, active power, and frequency parameters in all three phases, and then transmit the data to



Google Sheets over an internet connection. The data sent is automatically processed into technical reports through the integration of Google Apps Script. The test results showed an average voltage measurement deviation of ±0.116% and a current deviation of 3.03-3.99%, which is still within the tolerance limits of the IEC 62053-21 standard for class 2 measuring instruments. The system is able to display the eligibility status of "OK" or "Not OK" based on a comparison of the set point that has been set. These findings show that the integration of IoT and Cloud services effectively improves measurement accuracy, speeds up administrative processes, and transparency of technical documentation. This system contributes to improving service quality, operational efficiency, and customer trust in the rewinding workshop.

Keywords: Internet of Things (IoT), Electric Motor Rewinding, Technical Verification, ESP32, PZEM.

PENDAHULUAN

Bengkel rewinding motor listrik tiga fasa berperan penting dalam menjaga performa peralatan industri, khususnya untuk mengembalikan fungsi motor yang mengalami kerusakan (Yulanda et al., 2023). Namun, banyak bengkel skala kecil hingga menengah, termasuk Bengkel Karnindo Teknik, masih mengandalkan pencatatan manual atau bahkan tanpa dokumentasi, sehingga menimbulkan masalah kurangnya kejelasan riwayat servis dan lemahnya kontrol kualitas (Tortorella et al., 2024). Kondisi ini sering menimbulkan klaim sepihak dari pelanggan ketika terjadi kerusakan ulang karena bengkel tidak memiliki bukti teknis yang sah (Ahmed et al., 2023).

Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi melalui otomatisasi pengambilan data kelistrikan secara real-time menggunakan sensor seperti PZEM-004T yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 (Syawali & Meliala, 2023). Selain itu, sistem monitoring IoT dapat dikombinasikan dengan sensor suhu dan vibrasi untuk meningkatkan akurasi diagnosis kondisi motor (Dwi Santoso et al., 2024), sekaligus menjadi dasar pengembangan *predictive maintenance* berbasis analisis cloud (Zheng et al., 2020).

Penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan mengintegrasikan IoT dan Google Workspace untuk otomatisasi laporan hasil rewinding motor. Data pengukuran dikirim ke Google Sheets dan diproses secara otomatis oleh Google Apps Script menjadi laporan resmi di Google Docs, sehingga meminimalkan kesalahan input, mencegah manipulasi, dan meningkatkan efisiensi dokumentasi (Mahrus Hidayat et al., 2024; Zealita et al., 2025).

TEORI

Penelitian yang dilakukan oleh Usman et al. (2025) mengembangkan sistem monitoring parameter listrik meliputi tegangan, arus, daya, dan energi pada miniatur rumah menggunakan ESP8266 dan sensor PZEM-004T. Sistem tersebut dilengkapi fitur notifikasi

dini ketika parameter berada di luar batas normal, sehingga mampu meningkatkan aspek keselamatan dan keandalan pemantauan. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pengukuran tegangan rata-rata selisih 0,75%, sedangkan deviasi arus mencapai 17,65% namun masih dapat diterima dalam konteks simulasi lingkungan rumah tangga, yang menegaskan efektivitas kombinasi mikrokontroler IoT dan PZEM-004T untuk aplikasi monitoring skala kecil.

Menurut Kautsar et al. (2024), pengembangan sistem monitoring arus, tegangan, serta deteksi kebakaran pada bangunan dapat dilakukan menggunakan ESP8266, PZEM-004T, sensor PIR, dan MQ-2. Sistem yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk tersebut dilengkapi pemutus saklar otomatis saat terjadi arus lebih atau alarm kebakaran, yang menunjukkan bahwa integrasi multi-sensor dan antarmuka aplikasi seluler mampu meningkatkan fungsi proteksi pada sistem monitoring listrik.

Selanjutnya, Sasmita Susanto et al. (2025) mengembangkan prototipe sistem monitoring dan kontrol peralatan listrik rumah tangga berbasis ESP32 yang dikombinasikan dengan sensor PZEM-004T, solid state relay (SSR), serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna. Hasil pengujian di lingkungan nyata menunjukkan bahwa akurasi pengukuran parameter kelistrikan berada di bawah 5%, sehingga masih dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi domestik. Selain itu, sistem tersebut tidak hanya berfungsi sebagai perangkat monitoring, tetapi juga memungkinkan pengendalian beban secara jarak jauh untuk mendukung efisiensi energi rumah tangga.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penggunaan mikrokontroler berbasis IoT seperti ESP8266 atau ESP32 yang dipadukan dengan sensor PZEM-004T telah terbukti efektif untuk aplikasi monitoring kelistrikan berskala rumah tangga maupun bangunan kecil. Namun, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan sistem monitoring dengan *cloud-based automation* untuk dokumentasi teknis yang standar dan dapat dipertanggungjawabkan.

Pada konteks tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring parameter listrik berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan tiga unit PZEM-004T yang mampu mengirimkan data secara real-time sekaligus mengotomatisasi pencatatan serta pelaporan melalui Google Sheets dan Google Docs. Proses pengukuran disusun mengacu pada SNI IEC 60034-1:2013, IEC 60034-23, dan EASA AR100-2020 untuk memastikan validitas teknis hasil pengukuran. Pendekatan ini menunjukkan bahwa integrasi IoT dengan layanan cloud tidak hanya menghasilkan sistem monitoring yang efisien, tetapi juga menyediakan dokumentasi hasil pengukuran yang sesuai standar industri dan kebutuhan akademik.

METODOLOGI

Penggunaan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali dalam sistem monitoring berbasis IoT telah banyak diterapkan karena kemampuannya dalam memproses data sensor, konektivitas Wi-Fi, serta dukungannya terhadap berbagai protokol komunikasi digital (Suryawan & Raharja, 2023). Mikrokontroler ini memungkinkan pengambilan data

multi-sensor secara simultan sehingga cocok digunakan dalam sistem pemantauan parameter listrik pada lingkungan industri maupun rumah tangga.

Sensor PZEM-004T secara luas digunakan untuk membaca parameter analisis daya seperti tegangan, arus, daya aktif, faktor daya, dan frekuensi, karena akurasi yang memadai serta kemampuannya berkomunikasi melalui protokol UART (Santoso et al., 2024). Komunikasi UART memberikan keandalan tinggi pada proses pertukaran data antara mikrokontroler dan modul sensor karena mekanisme komunikasi serial yang sederhana namun stabil (Winata & Prabowo, 2022). Dalam implementasi multi-sensor, pemisahan jalur RX dan TX untuk tiap modul diperlukan untuk menghindari tabrakan data (*data collision*) yang dapat mempengaruhi akurasi pembacaan (Kurniawan, 2024).

Integrasi sistem IoT dengan layanan cloud semakin berkembang, khususnya melalui penggunaan Google Sheets sebagai media penyimpanan data real-time yang mudah diakses serta Google Apps Script untuk otomatisasi pemrosesan data menjadi laporan teknis (Wijaya & Fadillah, 2023). Pendekatan ini dianggap efektif karena mampu mengurangi kesalahan input manual serta meningkatkan keandalan dokumentasi digital dalam kegiatan industrial maupun akademik.

Untuk memastikan hasil verifikasi yang sesuai standar, perbandingan parameter kelistrikan dengan nilai set point mengacu pada standar internasional IEC 60034-23:2019, EASA AR100-2020, dan SNI IEC 60034-1:2013 yang menjadi pedoman utama dalam evaluasi performa motor listrik (Bureau of Indian Standards, 2020). Tampilan hasil verifikasi melalui LCD I2C 16x2 umum digunakan karena konsumsi daya yang rendah serta kemampuan menampilkan informasi dengan jelas pada perangkat monitoring lapangan (Harsono et al., 2022).

Dengan demikian, teori-teori tersebut mendukung pengembangan sistem monitoring dan verifikasi parameter listrik berbasis IoT yang terintegrasi secara otomatis dan sesuai standar industri modern.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem verifikasi hasil rewinding motor listrik dilakukan di PT. Duta Karnindo Teknik pada Juli 2025 menggunakan perangkat ESP32 dan tiga sensor PZEM-004T yang masing-masing dipasang pada fasa R, S, dan T. Sistem ini dirancang untuk mengirimkan data parameter listrik secara otomatis ke Google Sheets melalui koneksi internet, sehingga proses dokumentasi dapat berlangsung tanpa intervensi manual sebagaimana direkomendasikan oleh pendekatan otomasi berbasis cloud Status verifikasi motor ditentukan berdasarkan deviasi maksimum $\pm 10\%$ terhadap nilai set point yang berasal dari name plate motor, mengacu pada praktik evaluasi performa motor listrik menurut standar IEC 60034 dan EASA AR100. Sampel pengujian berupa dua motor blower berkapasitas 0,5 HP, yaitu Motor A yang memiliki name plate dan Motor B yang dianggap identik secara spesifikasi.

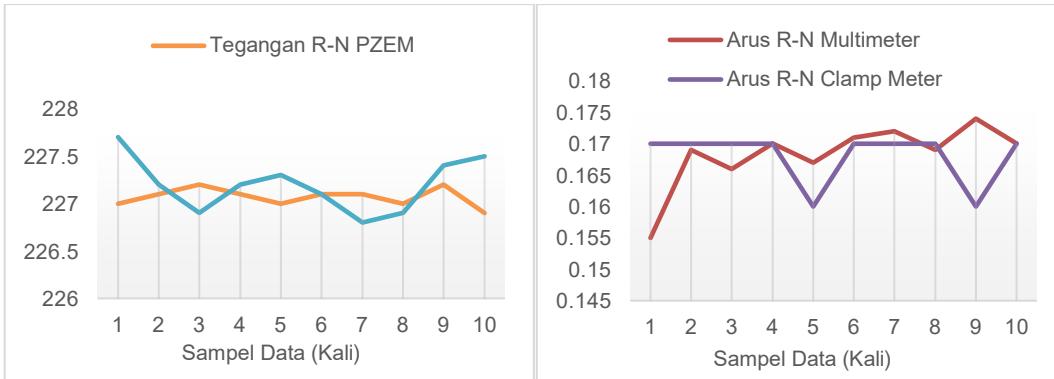
Uji akurasi sensor PZEM-004T dilakukan dengan metode *comparison test* menggunakan multimeter Sanwa CD800a yang sudah melalui proses kalibrasi standar laboratorium. Penggunaan metode perbandingan ini lazim digunakan dalam validasi sensor monitoring energi sebagaimana dijelaskan oleh Santoso et al. (2024). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata error pembacaan tegangan hanya sebesar 0,116%, yang berada jauh di bawah batas toleransi $\pm 0,5\%$ berdasarkan standar IEC 61557-12 dan IEC 62053 untuk perangkat ukur kelas monitoring. Temuan ini memperkuat bahwa PZEM-004T mampu memberikan ketelitian tinggi pada pembacaan tegangan, sejalan dengan laporan akurasi pada penelitian serupa yang memanfaatkan sensor yang sama.

Sementara itu, error pembacaan arus berada pada rentang 3,03% hingga 3,99%. Nilai ini masih dapat diterima karena sesuai dengan batas toleransi $\pm 5\%$ untuk aplikasi monitoring non-komersial yang tidak digunakan sebagai dasar penagihan energi, sebagaimana dijelaskan oleh Winata & Prabowo (2022). Meski error arus lebih tinggi dibanding pengukuran tegangan, tingkat deviasi tersebut tetap dianggap stabil dan operasional untuk sistem monitoring industri skala kecil dan menengah. Hal ini juga konsisten dengan temuan Kautsar et al. (2024) yang menyatakan bahwa PZEM-004T tetap layak digunakan meskipun terdapat variasi deviasi pada parameter arus.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki performa yang memadai untuk implementasi monitoring energi dalam sistem verifikasi hasil rewinding. Integrasi antara ESP32, sensor PZEM-004T, serta otomasi dokumentasi berbasis Google Workspace terbukti mampu menghasilkan sistem yang akurat, stabil, dan efisien dalam mendukung transparansi proses servis motor listrik. Temuan ini memperkuat argumentasi bahwa teknologi IoT dapat digunakan sebagai instrumen yang andal dalam proses evaluasi kinerja motor listrik pasca-rewinding.

Tabel 1. Perbandingan pengukuran tegangan multimeter dan PZEM.

Sampel	Multimeter	Tegangan (V)		
		PZEM	Selisih	Error (%)
1	227,0	227,7	0,7	0,31
2	227,1	227,2	0,1	0,04
3	227,2	226,9	0,3	0,13
4	227,1	227,2	0,1	0,04
5	227,0	227,3	0,3	0,13
6	227,1	227,1	0,0	0,00
7	227,1	226,8	0,3	0,13
8	227,0	226,9	0,1	0,04
9	227,2	227,4	0,2	0,08
10	226,9	227,5	0,6	0,26
Rata - rata				0,116



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil pengukuran tegangan dan arus.

Hasil verifikasi sistem menunjukkan bahwa perangkat yang dikembangkan mampu melakukan pembacaan parameter kelistrikan secara real-time dan membandingkannya dengan nilai set point standar operasional motor listrik. Parameter acuan yang digunakan adalah tegangan nominal 380V (line) atau 220V (phase-neutral), arus nominal 0,95A, frekuensi 50Hz, dan estimasi daya keluaran sebesar 0,37kW sesuai kapasitas motor blower 0,5HP. Sistem kemudian memberikan keluaran berupa status “OK” atau “Not OK” melalui tampilan LCD I2C maupun dashboard Google Sheets, sehingga memudahkan teknisi dalam melakukan evaluasi kondisi motor pasca rewinding. Secara umum, hasil pengujian memperlihatkan bahwa sebagian besar parameter berada pada kategori “OK”, dengan sedikit deviasi pada arus yang disebabkan kondisi beban saat pengujian.



Gambar 2. Hasil verifikasi.

Pada pengujian Motor A, tegangan terukur berada pada rentang 227,3-228,7 V untuk setiap fasa. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi $\pm 10\%$ sebagaimana ditetapkan dalam SNI IEC 60034-1:2013, sehingga menunjukkan kestabilan suplai tegangan pada motor. Arus terukur pada ketiga fasa berkisar antara 0,77-0,88 A, mendekati nilai arus nominal 0,95 A. Perbedaan kecil ini dapat disebabkan oleh karakteristik motor yang diuji

tanpa beban penuh. Daya aktif yang terbaca adalah 90-96W per fasa atau total sekitar 278W dengan keseimbangan antar fasa yang baik. Frekuensi suplai juga menunjukkan kestabilan pada rentang 49,9-50Hz. Konsistensi parameter-parameter tersebut menunjukkan bahwa Motor A setelah proses rewinding layak untuk dioperasikan sesuai standar industri dan tidak menunjukkan indikasi kerusakan internal.

Hasil pengujian Motor B juga menunjukkan pola performa yang serupa. Tegangan pada ketiga fasa berada pada rentang 226,6-228,7V dan relatif simetris, sesuai dengan batas toleransi standar internasional. Arus terukur berkisar 0,77-0,88A dan menunjukkan keseragaman antar fasa. Konsumsi daya aktif juga stabil pada nilai 90-96W per fasa, sedangkan frekuensi tetap berada pada kisaran 49,9-50Hz. Dengan demikian, Motor B dinyatakan memenuhi kriteria verifikasi teknis pasca proses rewinding dan dapat dioperasikan secara aman.

Secara keseluruhan, hasil uji membuktikan bahwa sistem verifikasi berbasis ESP32 dan PZEM-004T mampu melakukan monitoring parameter kelistrikan dengan akurasi yang memadai untuk kebutuhan inspeksi teknis bengkel rewinding. Semua parameter yang diuji pada kedua motor berada dalam batas kelayakan yang ditetapkan oleh standar internasional seperti EASA AR100-2020, IEC 60034-23:2019, serta SNI IEC 60034-1:2013. Sistem penilaian otomatis “OK/Not OK” terbukti meningkatkan efisiensi proses verifikasi sekaligus memberikan dokumentasi digital terstruktur yang penting untuk audit kualitas dan pelacakan riwayat perawatan. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi IoT dalam proses verifikasi motor rewinding dapat menjadi solusi efektif bagi bengkel kecil hingga menengah untuk meningkatkan akurasi, akuntabilitas, dan kualitas layanan teknis secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa sistem verifikasi hasil rewinding motor listrik berbasis ESP32, sensor PZEM-004T, dan integrasi Google Workspace mampu menyediakan proses evaluasi teknis yang lebih akurat, efisien, dan terdokumentasi dengan baik. Hasil pengujian pada dua sampel motor blower 0,5 HP menunjukkan bahwa seluruh parameter utama tegangan, arus, daya aktif, dan frekuensi berada dalam rentang toleransi yang ditetapkan oleh SNI IEC 60034-1:2013, IEC 60034-23:2019, dan EASA AR100-2020, sehingga motor hasil rewinding dinyatakan layak untuk dioperasikan. Sensor PZEM-004T terbukti memiliki tingkat akurasi yang memadai untuk kegiatan monitoring non-komersial, dengan error tegangan di bawah 0,2% dan error arus masih dalam batas toleransi $\pm 5\%$. Sistem ini juga berhasil mengirimkan data secara real-time ke Google Sheets dan menghasilkan laporan otomatis melalui Google Docs, yang secara signifikan mengurangi potensi kesalahan pencatatan dan meningkatkan akuntabilitas proses verifikasi. Secara keseluruhan, integrasi IoT dalam prosedur verifikasi rewinding motor memberikan peningkatan signifikan terhadap kualitas kontrol, transparansi teknis, serta kemudahan pelacakan riwayat servis. Sistem ini dapat menjadi solusi yang aplikatif dan *scalable* bagi bengkel skala kecil hingga menengah yang ingin meningkatkan standar operasional tanpa investasi perangkat mahal.



UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pamulang, khususnya Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing, Bapak Ojak Abdul Rozak, S.T., M.T., serta dosen penguji, Bapak Ir. Ariyawan Sunardi, S.Si., M.T., M.Si dan Bapak Luki Utomo, S.T., M.T., yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan berharga selama proses penyusunan penelitian ini. Tidak lupa, penulis juga berterima kasih kepada pihak bengkel PT. Duta Karnindo Teknik yang telah menyediakan fasilitas dan sarana pengujian sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, U., Carpitella, S., Certa, A., & Izquierdo, J. (2023). A Feasible Framework for Maintenance Digitalization. Processes, 11(2). <https://doi.org/10.3390/pr11020558>
- Dwi Santoso, A., Eka Mahendra, D., & Dirhamsyah, D. (2024). Temperature and Vibration Monitoring System on Electric Motors From Wireless Remote Control Using Blynk App. SAINSTECH NUSANTARA, 1(1), 21-29. <https://doi.org/10.71225/jstn.v1i1.40>
- Kautsar, M., Zalasena, R., & Paramytha, N. (2024). Sistem Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis IoT. Zetroem, 06(02), 85. <https://doi.org/10.36526/ztr.v6i2.3627>
- M Mahrus Hidayat, Agus Dwi Santoso, & Maulidiah Rahmawati. (2024). Rancang Bangun Sistem Monitoring Cuaca Berbasis Google Spreadsheet Untuk Nelayan Di Wilayah Pesisir Pantai. Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika, 3(2), 11-27. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i2.3748>
- Sasmita Susanto, E., Bulan, S., & Dinola. (2025). Perancangan prototype alat monitoring dan kontrol peralatan listrik berbasis internet of things (IoT) pada rumah tangga menggunakan sensor Pzem-004T The design of a prototype monitoring and control device for household electrical appliances based on the internet of things (IoT) using Pzem-004T sensor. Jurnal SimanteC, 13(2), 91.
- Syawali, R., & Meliala, S. (2023). IoT-Based Three-Phase Induction Motor Monitoring System. Journal of Renewable Energy, Electrical, and Computer Engineering, 3(1), 12. <https://doi.org/10.29103/jreece.v3i1.9811>
- Tortorella, G. L., Saurin, T. A., Fogliatto, F. S., Tlapa Mendoza, D., Moyano-Fuentes, J., Gaiardelli, P., Seyedghorban, Z., Vassolo, R., Cawley Vergara, A. F. M., Sunder M, V., Sreedharan, V. R., Sena, S. A., Forstner, F. F., & Macias de Anda, E. (2024). Digitalization of maintenance: exploratory study on the adoption of Industry 4.0 technologies and total productive maintenance practices. Production Planning and Control, 35(4), 352-372. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2083996>
- Usman, D., Hadisantoso, F. S., Hasanah, N. K., Azferi, & Darwin, M. R. P. (2025). Implementasi Sistem Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Energi Untuk Miniatur Rumah Berbasis IoT 1. Jurnal RAMATEKNO, 5(1), 19-27.
- Yulanda, E. A., Dinata, S., Susilo, J. T., & Setiawan, W. (2023). Analisis Pergeseran Phase Motor Induksi 3 Phase Hasil Rewinding Dengan Pemodelan Finite Element. EPIC



DOI: <https://doi.org/10.32493/yepei.v3i2.53700>

Journal of Electrical Power Instrumentation and Control, 6(2), 142.
<https://doi.org/10.32493/epic.v6i2.36368>

Zealita, Z., Prasetya, V., Studi Teknik Listrik, P., Negeri Cilacap, P., & Soetomo No, J. (2025). Monitoring Konsumsi Daya Listrik Menggunakan Google Spreadsheet. 16(01). <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v16i1.2523>

Zheng, H., Paiva, A. R., & Gurciullo, C. S. (2020). Advancing from Predictive Maintenance to Intelligent Maintenance with AI and IoT. <https://doi.org/xxxxx/yyyyy>