

Pengembangan Sistem Proteksi Dan Monitoring Arus Listrik Pada Power Outlet Berbasis Internet of Things (IoT)

¹Rudi Aditya Zein, ²Martiano
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia
zainrudi41@gmail.com

Submit : 08 Des 2025 | **Diterima** : 27 Des 2025 | **Terbit** : 07 Jan 2026

ABSTRAK

Permasalahan umum pada instalasi listrik rumah tangga adalah tidak tersedianya sistem proteksi otomatis yang dapat merespons gangguan seperti arus berlebih, beban berlebih, dan tegangan tidak stabil. Power outlet yang digunakan secara simultan tanpa sistem pengamanan berisiko menimbulkan bahaya kebakaran dan kerusakan perangkat elektronik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem proteksi dan monitoring arus listrik berbasis Internet of Things (IoT) dengan fitur otomatisasi dan pemantauan real-time melalui aplikasi Blynk dan tampilan lokal LCD. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor PZEM-004T v3.0 untuk pembacaan parameter listrik (tegangan, arus, daya, energi), serta modul relay sebagai aktuator pemutus arus ketika parameter melebihi ambang batas. Sistem ini juga dilengkapi dengan proteksi berlapis, meliputi overcurrent, overload, dan overvoltage/undervoltage, serta indikator visual berupa LED dan buzzer. Implementasi sistem dilakukan melalui perancangan perangkat keras dan lunak yang saling terintegrasi, kemudian diuji dalam lingkungan simulasi rumah tangga. Parameter proteksi dikalibrasi sesuai standar keamanan, dan pengujian dilakukan terhadap reaksi sistem dalam kondisi abnormal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memutus arus secara otomatis dalam waktu singkat saat terjadi anomali kelistrikan, serta memberikan peringatan melalui notifikasi di aplikasi Blynk dan pesan visual di LCD. Selain itu, sistem dapat memantau data kelistrikan secara real-time dan menyajikan informasi penggunaan daya kepada pengguna, sehingga meningkatkan efisiensi energi. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem proteksi berbasis IoT dapat menjadi solusi andal untuk meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan kemudahan pengendalian kelistrikan di lingkungan rumah tangga yang mengarah pada konsep smart home.

Kata Kunci: Proteksi Listrik, Internet of Things, ESP32, PZEM-004T, Relay, Blynk, Monitoring Energi, Smart Home, Power Outlet.

PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya kebutuhan energi listrik di lingkungan rumah tangga dan industri, muncul pula potensi risiko gangguan arus seperti arus berlebih, serta tegangan tidak stabil. Salah satu titik rawan terjadinya gangguan tersebut adalah pada power outlet yang digunakan secara simultan untuk banyak perangkat tanpa sistem proteksi yang memadai. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi teknologi yang mampu memantau sekaligus melindungi perangkat dari gangguan arus secara otomatis dan real-time (Tama & Winardi, 2022).

Sistem proteksi listrik tradisional seperti MCB atau sekering memang umum digunakan, namun tidak memiliki kemampuan untuk terhubung ke jaringan atau memberikan notifikasi langsung kepada pengguna. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi baru dengan memanfaatkan

mikrokontroler dan koneksi internet untuk melakukan pemantauan dan pengendalian jarak jauh, serta memberikan notifikasi ketika terjadi anomali arus (Kurniawan & Amirullah, 2024).

Teknologi ini telah diterapkan dalam berbagai sistem monitoring listrik berskala besar, termasuk pada mikrogrid dan sistem smart home. Dengan mengombinasikan sensor-sensor arus, tegangan, dan relay otomatis, IoT memungkinkan sistem proteksi merespons kondisi abnormal secara cepat dan akurat, sekaligus mencatat data untuk evaluasi penggunaan energi (Md. Ibne Joha et al., 2024).

Sensor PZEM-004T merupakan salah satu sensor populer dalam sistem monitoring berbasis IoT karena mampu mengukur tegangan, arus, daya, dan faktor daya secara akurat. Sensor ini sangat cocok dikombinasikan dengan ESP32 yang memiliki konektivitas Wi-Fi serta mendukung pengiriman data secara real-time ke platform monitoring seperti Blynk (Ma'ruf et al., 2021).

Selain itu, sistem proteksi berbasis IoT juga dapat membantu pengguna memantau pola penggunaan daya sehari-hari dan mengoptimalkan konsumsi listrik. Data real-time ini sangat berguna dalam pengambilan keputusan terkait efisiensi energi serta menjaga stabilitas instalasi listrik secara umum (Mohd & Paramytha, 2024).

Melihat fakta-fakta tersebut, pengembangan sistem proteksi dan monitoring arus listrik berbasis IoT pada power outlet menjadi langkah yang strategis. Dengan kemampuan untuk mendeteksi berbagai jenis gangguan serta melakukan pemutusan otomatis, sistem ini tidak hanya meningkatkan keamanan tetapi juga kenyamanan dan efisiensi penggunaan listrik di berbagai skala lingkungan.

Selain itu, keberadaan sistem seperti ini juga sejalan dengan arah perkembangan teknologi smart home yang mengedepankan otomatisasi dan kontrol penuh terhadap kondisi rumah. Melalui inovasi ini, pengguna diharapkan dapat memiliki sistem proteksi kelistrikan yang murah, andal, dan mudah dioperasikan secara mandiri dari perangkat ponsel pintar atau laptop.

TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things

Internet of Things merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik melalui internet, memungkinkan pertukaran data dan kontrol jarak jauh. IoT bertujuan untuk memperluas manfaat konektivitas internet ke berbagai aspek kehidupan sehari-hari, seperti pengendalian peralatan elektronik di rumah atau gedung melalui jaringan komputer. Dengan memanfaatkan teknologi ini, pengguna dapat mengendalikan peralatan elektronik seperti lampu ruangan dari jarak jauh melalui jaringan komputer, sehingga meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari (Efendi, 2018).

Selain pengendalian perangkat, IoT juga berperan penting dalam sistem monitoring energi listrik. Dengan mengembangkan sistem monitoring daya listrik berbasis IoT dan aplikasi mobile, pengguna dapat memantau konsumsi energi secara real-time, meningkatkan efisiensi penggunaan listrik, dan mengurangi pemborosan energi. Hal ini sangat relevan dalam konteks kebutuhan yang semakin mendesak untuk memantau dan mengoptimalkan konsumsi energi listrik di lingkungan domestik dan industri (Azizi & Veri Arinal, 2023).

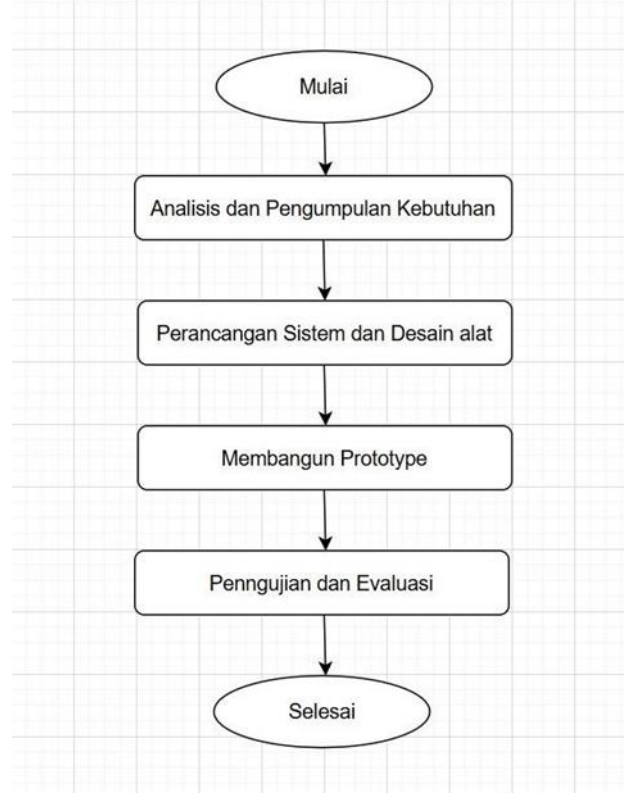
Sistem Monitoring

Sistem monitoring energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan pengguna untuk memantau konsumsi daya secara real-time, meningkatkan efisiensi penggunaan energi, dan mendeteksi anomali yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahaya. Dalam penelitian oleh Andrianto et al. (2024), dikembangkan platform sistem pemantauan penggunaan energi listrik menggunakan ESP32 dan Digital Power Meter (DPM) yang terhubung melalui protokol Modbus. Data arus, tegangan, dan daya dikirimkan ke platform daring, memungkinkan pemantauan energi listrik secara efisien dan akurat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat berhasil membaca dan mengirimkan data ke platform, yang kemudian menampilkan informasi tersebut dalam antarmuka web yang mudah diakses.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

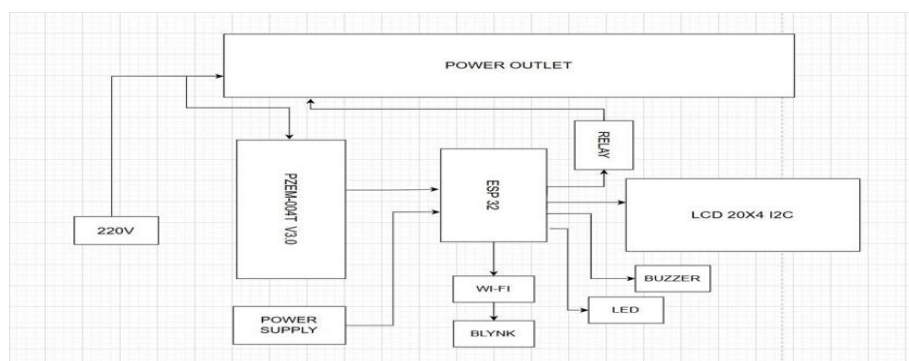
Prosedur penelitian dalam pengembangan sistem proteksi dan monitoring daya listrik berbasis IoT ini meliputi beberapa tahapan yakni seperti yang di tunjukkan pada diagram alir sebagai berikut.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Diagram Blok Perancangan Alat dan Sistem

Perancangan alat dilakukan untuk menggabungkan komponen perangkat keras dan perangkat lunak ke dalam satu sistem yang dapat melakukan proteksi serta monitoring parameter kelistrikan secara otomatis dan real-time. Sistem ini dirancang agar mampu memberikan peringatan saat terjadi arus berlebih, tegangan tidak stabil, atau indikasi kebocoran arus, serta mengirimkan data monitoring ke aplikasi Blynk menggunakan koneksi internet.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

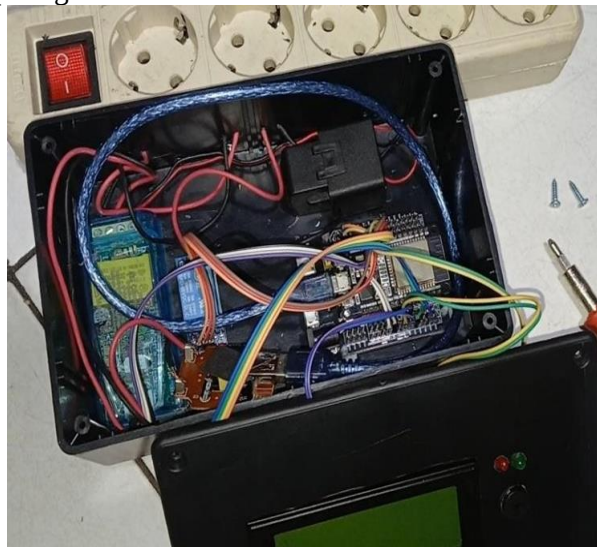
Diagram blok pada Gambar 2 berikut menggambarkan alur kerja sistem secara umum dalam proyek "Pengembangan Sistem Proteksi dan Monitoring Arus Listrik pada Power Outlet Berbasis IoT". Sistem ini dirancang untuk memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya pada power outlet, serta memberikan proteksi otomatis terhadap kondisi berbahaya seperti arus berlebih atau tegangan tidak stabil. Data hasil pengukuran ditampilkan secara lokal melalui LCD dan notifikasi visual maupun suara melalui LED dan buzzer. Selain itu, data juga dikirimkan ke platform Blynk melalui koneksi Wi-Fi, sehingga pengguna dapat memantau kondisi power outlet secara real-time melalui smartphone. Proses kendali utama dilakukan oleh mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor PZEM-004T, modul relay, serta antarmuka output lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras dirakit pada sebuah box proyek dengan dimensi yang telah disesuaikan sedemikian rupa, agar seluruh komponen elektronik dapat dipasang dengan rapi, aman, dan mudah diakses saat proses perawatan maupun pengujian. Box ini dirancang agar mampu menampung seluruh modul dan sensor tanpa menimbulkan gangguan antar komponen. Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini meliputi:

1. ESP32 sebagai pengendali utama.
2. Sensor PZEM-004T untuk membaca tegangan, arus, dan daya.
3. Modul relay 1 channel sebagai pengendali pemutusan arus.
4. LCD I2C 20x4 untuk menampilkan informasi secara real-time.
5. LED indikator (hijau untuk normal, merah untuk proteksi).
6. Buzzer sebagai alarm peringatan.



Gambar 3. Perangkat Fisik Pada Box Proyek

Rangkaian disusun sesuai diagram blok dan wiring yang telah direncanakan. Setiap komponen dihubungkan ke ESP32 menggunakan jumper wire dengan jalur terorganisir agar menghindari short circuit.

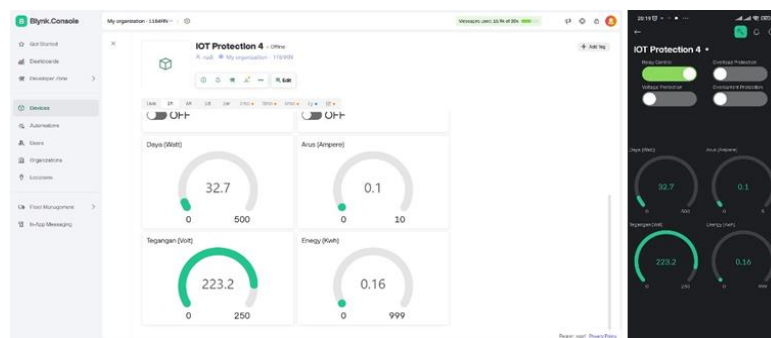
Tampilan Antarmuka Sistem

Antarmuka sistem dirancang untuk memberikan informasi secara real-time kepada pengguna, baik secara lokal melalui layar LCD maupun jarak jauh melalui platform IoT Blynk. Terdapat dua media utama dalam tampilan antarmuka sistem ini:

1. LCD menampilkan tegangan (V), arus (A), daya (W), energi(kWh) dan status proteksi (Normal/Proteksi Aktif).
2. Blynk menampilkan data secara real-time melalui dashboard web dan mobile. Terdapat widget gauge untuk tegangan, arus, dan daya, serta notifikasi ketika proteksi aktif.



Gambar 4. Tampilan Data Pada LCD



Gambar 5. Tampilan Dashboard Pada Aplikasi Blynk

Pengujian Tampilan Data Pada LCD

LCD I2C 20x4 diharapkan menampilkan data tegangan (V), arus (A), daya (W), dan status proteksi. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban normal dan memantau tampilan LCD. LCD menampilkan informasi secara real-time dengan pembaruan cepat (<1 detik). Status proteksi berubah menjadi NORMAL saat kondisi aman, dan PROTEKSI AKTIF saat gangguan terdeteksi.



Gambar 6. Tampilan LCD Saat Kondisi Normal



Gambar 7. Tampilan LCD Saat Proteksi Aktif

LCD mampu menampilkan informasi sesuai parameter sistem. Perubahan status proteksi terlihat jelas, memudahkan pengguna mengetahui kondisi sistem tanpa membuka aplikasi.

Pengujian Monitoring

Pengujian sistem monitoring dilakukan untuk memastikan bahwa alat mampu menampilkan data parameter listrik (tegangan, arus, daya) secara real-time melalui LCD I2C dan platform Blynk, serta mengirimkan notifikasi saat proteksi aktif. Pengujian ini melibatkan tiga tahap:

1. Pengujian tampilan data pada LCD
2. Pengujian tampilan data pada aplikasi Blynk (mobile & web)
3. Pengujian Validasi Akurasi Data dengan alat ukur konvensional (Sensor vs Clamp Meter)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, terdapat beberapa poin penting yang dapat disimpulkan sebagaimana dijelaskan berikut ini:

1. Kinerja Sistem Proteksi

Sistem proteksi yang dirancang mampu bekerja sesuai parameter yang ditetapkan. Saat terjadi kondisi abnormal seperti daya berlebih (overwatt), arus berlebih (overcurrent), dan tegangan tidak stabil (overvoltage/undervoltage) sistem memutuskan arus listrik melalui relay secara otomatis. Waktu respon pemutusan arus sangat cepat, yaitu kurang dari satu detik. Aktivasi buzzer dan LED merah juga berjalan normal, sehingga memberikan tanda peringatan kepada pengguna.

2. Pengiriman Notifikasi Blynk

Pada setiap pengujian proteksi, aplikasi Blynk berhasil menampilkan status proteksi secara real-time dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna dengan keterlambatan rata-rata ± 2 detik. Hal ini membuktikan bahwa konektivitas antara perangkat dan platform IoT berjalan stabil.

3. Kinerja Sistem Monitoring

Sistem monitoring melalui LCD dan aplikasi Blynk berjalan baik. LCD menampilkan data tegangan, arus, daya, dan status proteksi secara langsung. Blynk menampilkan parameter serupa dengan grafik dan widget yang memudahkan pemantauan jarak jauh.

REFERENSI

- Tama, A. R., & Winardi, S. (2022). MONITORING ARUS LISTRIK DAN KONTROL CIRCUIT BREAKER UNTUK ARUS LEBIH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). JURNAL TEKNOLOGI DAN ILMU KOMPUTER PRIMA(JUTIKOMP), 5(2), 87–93.
<https://doi.org/10.34012/jutikomp.v5i2.3152>
- Kurniawan, A., & Amirullah Amirullah. (2024). Implementasi Sistem Proteksi Arus Beban Lebih pada Rumah Tinggal Sederhana menggunakan Internet of Thinks (IoT) dengan Aplikasi Blynk. Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer Dan Kecerdasan Buatan), 7(2), 130–140.
<https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v7i1.579>
- Md. Ibne Joha, Rahman, M. M., & Zubair, M. I. (2024). IoT-Based Smart Energy Monitoring, Management, and Protection System for a Smart MicroGrid.
<https://doi.org/10.1109/icpc2t60072.2024.10474733>
- Wardani., S, & Dewantoro., RW. (2024). Internet of Things: Home Security System based on Raspberry Pi and Telegram Messenger. Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science 1 (1), 7-13
- Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., Hariani, P.P., Perdana, A., & Manurung, A.A. (2023). Implementation And Design of Security System On Motorcycle Vehicles Using Raspberry Pi3-Based GPS Tracker And Facedetection. Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika 8 (3), 2003-2007
- Rahman, S., & Abcorry Aula. (2022). Sistem Monitoring dan Proteksi pada Stop Kontak Berbasis IoT. Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN), 8(1), 104–104.
<https://doi.org/10.26418/jp.v8i1.48052>
- Amar Ma'ruf, Rangsang Purnama, & Kunto Eko Susilo. (2021). Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, dan Faktor Daya Berbasis IoT. Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer Dan Kecerdasan Buatan), 5(1), 81–86. <https://doi.org/10.47970/siskom-kb.v5i1.219>
- Sari, I.P., Basri, M., Ramadhani, F., & Manurung, A.A. (2023). Penerapan Palang Pintu Otomatis Jarak Jauh Berbasis RFID di Perumahan. Blend Sains Jurnal Teknik 2 (1), 16-25
- Deni Wijayanto, Subuh Isnur Haryudo, Tri Wrahatnolo, & Nurhayati Nurhayati. (2022). Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts Sistem On Grid Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram. JURNAL TEKNIK ELEKTRO, 11(3), 447–453. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n3.p447-453>
- Mohd, N., & None Nina Paramytha. (2024). Sistem Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis IoT. JOURNAL ZETROEM, 6(2), 85–90.
<https://doi.org/10.36526/ztr.v6i2.3627>
- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. JURNAL ILMIAH ILMU KOMPUTER, 4(1), 19–26.
<https://doi.org/10.35329/jiik.v4i1.48>
- Azizi, D., & Veri Arinal. (2023). SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN INTERNET OF THING (IOT) BERBASIS MOBILE. Jurnal Indonesia, 4(3), 1808–1813. <https://doi.org/10.35870/jimik.v4i3.409>
- Syahputra, R. (n.d.). PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA 2022. <https://elektro.umy.ac.id/wp-content/uploads/2023/04/Ramadoni-Syahputra-Proteksi-Sistem-Tenaga-Listrik-DIKTAT.pdf>
- None Heri Andrianto. (2024). Platform Sistem Pemantauan Penggunaan Energi Listrik Berbasis IoT. Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 23(2). <https://doi.org/10.31358/techne.v23i2.422>
- Sari, I.P., & Batubara, I.H. (2020). Aplikasi Berbasis Teknologi Raspberry Pi Dalam Manajemen Kehadiran Siswa Berbasis Pengenalan Wajah. JMP-DMT 1 (4), 6

- Pal, A. (2024, August 28). Monitor Air Quality in Real-Time Using ESP32 and Blynk IoT Platform - CompileIoT. CompileIoT. <https://compileiot.online/monitor-air-quality-in-real-time-using-esp32-and-blynk-iot-platform>
- Hübschmann, I. (2020, August 28). ESP32 for IoT: A Complete Guide. Nabto. <https://www.nabto.com/guide-to-iot-esp-32>
- Zulherry, A. (2023). Decision making for network security with simple additive weighting method. *Journal of Intelligent Decision Support System (IDSS)*, 6(3), 155-159.
- Zulherry, A., Siregar, F. A., Gultom, Z. A., & Raihan, E. A. (2023). Optimalisasi Website untuk Monitoring Jaringan OPD di Dinas Kominfo Kota Medan dengan Metode Triangulasi. *Bulletin of Computer Bisono*,
- A. T., & Zulherry, A. (2025). Analisis Sentimen Game Genshin Impact untuk Mengetahui Reaksi dan Harapan Pemain Menggunakan Metode Naïve Bayes. *sudok Jurnal Teknik Informatika*, 4(2), 183-193. *Science Research*, 3(5), 357-363.
- Ichsan, A., Zulherry, A., Lubis, T. A., & Shahnaz, B. A. Z. (2025). Utilization of Mobile Applications to Speed Up The Search for Android-Based Index Places. *IJATCoS: Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science*, 2(1).
- Zulherry, A., Gunawan, T. S., & Wanayumini, W. (2021). Analisis Hasil Pendukung Keputusan Mendapatkan Rumah Dinas Perusahaan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 5(2), 695-704.
- Basri, M., & Zulherry, A. (2025). Analysis of the Impact of Gambling and Online Loans in the Perspective of Informatics, Islam, and Kemuhammadiyah. *AR-RASYID: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 5(1).
- Desi Arista Ratnasari, Bambang Suprianto, & Farid Baskoro. (2022). Monitoring Daya Listrik Pada Panel Surya Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.26740/inajet.v5n1.p1-10>
- El-Khozondar, H. J., Mtair, S. Y., Qoffa, K. O., Qasem, O. I., Munyarawi, A. H., Nassar, Y. F., Bayoumi, E. H. E., & Halim, A. A. E. B. A. E. (2024). A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 9, 100666. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100666>
- Sabo, A., Suleiman, H. O., Yakubu Dahiru, Jatau, N. D., Yusuf, A., & Ashaheme Temple Chikodi. (2024). Development and Implementation of an ESP32 IOT-Based Smart Grid for Enhanced Energy Efficiency and Management. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 2(3), 565-576. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2\(3\).43](https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2(3).43)
- Sari, I.P., Batubara, I.H., & Basri, M. (2022). Implementasi Internet of Things Berbasis Website dalam Pemesanan Jasa Rumah Service Teknisi Komputer dan Jaringan Komputer. *Blend Sains Jurnal Teknik* 1 (2), 157-163
- Matondang, M.H.A., Asadel, A., Fauzan, D., & Setiawan, A.R. (2024). Smart Helmet for Motorcycle Safety Internet of Things Based. *Tsabit Journal of Computer Science* 1 (1), 35-39
- Sari, I.P., Novita, A., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3. *Blend Sains Jurnal Teknik* 2 (4), 337-343
- Husaini, A., & Sari, I.P. (2023). Konfigurasi dan Implementasi RB750Gr3 sebagai RT-RW Net pada Dusun V Suka Damai Desa Sei Meran. *sudok Jurnal Teknik Informatika* 2 (4), 151-158
- Rizakir, F., & Sukarno, S. A. (2025). SISTEM KUNCI OTOMATIS PADA CASING ROKOK BERBASIS ARDUINO NANO DENGAN LCD I2C. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5661>

-
- Yani, A., Gunawan, I., Rafiq Dewy, Widodo Saputra, & Siregar, Z. A. (2021). Otomatisasi Suhu Tubuh Menggunakan Sensor Suhu dan Buzzer Berbasis Arduino Uno. *JUKI Jurnal Komputer Dan Informatika*, 3(2), 82–88. <https://doi.org/10.53842/juki.v3i2.67>
- Fabricio, J., & Tri. (2021). Prototype of Home Power Monitoring Tool for Electrical Outlet Using ESP32. <https://doi.org/10.1109/iciss53185.2021.9533189>
- Indah Purnama Sari. *Algoritma dan Pemrograman*. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.