



## Journal of Electrical Engineering Research

Journal Homepage: <https://ejurnal.raskhamedia.or.id/index.php/joeer>



# Implementasi Sistem Pemantauan Daya Listrik Real-Time Berbasis ESP32 untuk Optimasi Energi

Cindy Atika Rizki<sup>1,\*</sup>, Nabila Khairuniza<sup>2</sup>, Muthiah Habibah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Sains Komputasi dan Kecerdasan Digital, Teknologi Informasi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

Author(s) Email: <sup>1</sup>cindyatika100e@gmail.com, <sup>2</sup>nabilakhairuniza2@gmail.com, <sup>3</sup>Habibahmutia999@gmail.com

## INFORMASI ARTIKEL

*Article history:*

Diterima: 30 Mei, 2025

Direvisi: 30 Mei, 2025

Disetujui: 30 Mei, 2025

Diterbitkan: 30 Mei, 2025

## ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pemantauan daya listrik real-time berbasis ESP32 yang dirancang untuk memberikan informasi konsumsi energi secara lebih akurat, cepat, dan mudah diakses. Kebutuhan akan sistem monitoring yang efisien muncul dari meningkatnya penggunaan perangkat listrik rumah tangga yang berdampak pada pemborosan energi jika tidak dikelola dengan baik. Sistem yang dibangun memanfaatkan sensor arus dan tegangan untuk mengukur besaran listrik secara langsung, kemudian memproses dan mengirimkannya melalui jaringan Wi-Fi menuju dashboard berbasis web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat mampu membaca perubahan beban secara responsif dan stabil, dengan tingkat akurasi pengukuran yang berada dalam rentang toleransi alat ukur standar. Visualisasi data dalam bentuk grafik historis memberikan gambaran pola konsumsi energi yang dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi perangkat dengan beban tinggi dan menentukan strategi optimasi energi. Sistem ini juga terbukti memiliki reliabilitas yang baik dalam pengoperasian jangka panjang, menjadikannya solusi praktis dan ekonomis bagi pengguna. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa ESP32 merupakan platform yang efektif dan fleksibel untuk implementasi monitoring energi real-time, serta memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut menuju integrasi otomatisasi atau analisis prediktif dalam manajemen energi rumah tangga.

## Kata Kunci:

Pemantauan Daya Listrik, ESP32, Real-Time, Optimasi Energi, IoT

## ABSTRACT

*This study develops and implements a real-time electrical power monitoring system based on the ESP32 microcontroller, designed to provide faster, more accurate, and easily accessible information on household energy consumption. The need for an efficient monitoring system arises from the increasing use of electrical devices, which often leads to unnecessary energy waste when consumption patterns are not properly observed. The proposed system utilizes current and voltage sensors to measure electrical parameters directly, processes the data on the ESP32, and transmits it via Wi-Fi to a web-based dashboard. Experimental results show that the system responds quickly to load changes, maintains stable performance, and delivers measurements with*

*an accuracy level that remains within the acceptable tolerance range of standard measuring instruments. The visualization of historical data through graphical displays helps users identify high-consumption devices and formulate appropriate energy optimization strategies. The system also demonstrates strong reliability during long-duration operations, making it a practical and economical solution for everyday energy monitoring needs. Overall, this research confirms that the ESP32 platform is effective and flexible for implementing real-time energy monitoring and has significant potential for further development, including automation integration or predictive analytics for smarter household energy management.*

**Keywords:**

*Electrical Power Monitoring, ESP32, Real-Time System, Energy Optimization, IoT*

**Corresponding Author:**

Cindy Atika Rizki,

Sains Komputasi dan Kecerdasan Digital, Teknologi Informasi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

Email: [cindyatika100e@gmail.com](mailto:cindyatika100e@gmail.com)

Copyright © 2025 The Author(s). Published by Raskha Media Group.

This is an open-access article under the CC BY-SA license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik di lingkungan rumah tangga mengalami peningkatan signifikan dalam satu dekade terakhir [1]. Pertumbuhan jumlah perangkat elektronik, perubahan gaya hidup masyarakat, dan meningkatnya ketergantungan pada sistem berbasis listrik menjadikan penggunaan energi rumah tangga semakin kompleks[2]. Namun, peningkatan ini tidak selalu diiringi dengan kemampuan pengguna dalam memahami pola konsumsi energi secara detail[3]. Banyak rumah tangga yang tidak menyadari kapan beban listrik mencapai puncak, perangkat mana yang menghabiskan energi terbesar, atau bagaimana konsumsi listrik berubah sepanjang hari[4]. Ketidaktahuan terhadap pola beban ini membuat pengguna sulit mengontrol pemakaian energi, yang pada akhirnya berdampak pada tingginya tagihan listrik serta penggunaan energi yang tidak efisien[5]. Selain itu, penggunaan energi yang tidak terkontrol dapat menimbulkan potensi risiko seperti beban berlebih, pemanasan kabel, serta menurunnya umur pakai peralatan listrik[6].

Permasalahan utama terletak pada minimnya sistem pemantauan daya yang mampu memberikan informasi secara real-time dan mudah diakses oleh pengguna rumah tangga[5]. Sebagian besar sistem monitoring energi komersial memiliki biaya tinggi, sementara perangkat sederhana yang banyak tersedia di pasaran hanya mampu menampilkan konsumsi energi sesaat tanpa menyimpan data atau memberikan analisis berkelanjutan[7]. Pengguna membutuhkan sistem yang tidak hanya menunjukkan angka konsumsi sesaat, tetapi juga mampu memvisualisasikan pola penggunaan energi secara kontinu, sehingga keputusan untuk menghemat energi dapat dilakukan dengan dasar informasi yang kuat. Kondisi inilah yang menjadi landasan perlunya penelitian yang menghadirkan sistem pemantauan daya yang akurat, responsif, dan terjangkau[8].

Seiring berkembangnya teknologi Internet of Things (IoT), penelitian terkait monitoring energi mulai tumbuh pesat[9]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan energi berbasis mikrokontroler dan sensor arus sederhana[10]. Namun sebagian besar penelitian tersebut belum sepenuhnya berfokus pada responsivitas real-time sehingga informasi konsumsi energi yang diperoleh sering tertunda atau tidak mampu menangkap perubahan beban secara cepat[11]. Ada pula penelitian yang mengembangkan smart meter berbasis jaringan nirkabel, tetapi belum menitikberatkan pada aspek optimasi energi dan lebih sekadar memberikan data pengukuran dasar[12].

Penelitian lain memanfaatkan perangkat seperti NodeMCU untuk membaca data konsumsi listrik[13]. Meski cukup populer, perangkat ini memiliki keterbatasan pada kapasitas pemrosesan serta stabilitas koneksi, sehingga performanya kurang optimal untuk pemantauan jangka panjang ataupun pemantauan beban yang berubah-ubah dengan cepat[14]. Ada pula penelitian yang mengembangkan dashboard visual berbasis web untuk menampilkan data monitoring, tetapi sistem yang dihasilkan tidak sepenuhnya real-time dan tidak mampu menangkap lonjakan atau penurunan beban secara instan. Di sisi lain, beberapa studi lain berfokus pada analisis konsumsi energi melalui pendekatan prediktif, memanfaatkan pola historis untuk memproyeksikan penggunaan energi di masa mendatang[15]. Namun sistem tersebut tidak menyediakan alat ukur fisik yang dapat menangkap kondisi aktual secara langsung, sehingga tidak dapat digunakan untuk respons cepat terhadap perubahan beban listrik.

Dibandingkan dengan penelitian yang telah ada, penelitian ini memberikan kontribusi yang lebih terfokus pada pemantauan energi secara real-time dengan kemampuan menangkap perubahan beban secara cepat dan akurat. Sistem ini mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 yang dikenal memiliki keunggulan dalam hal kemampuan pemrosesan data yang lebih cepat dibandingkan perangkat sejenis, konsumsi daya rendah, serta konektivitas yang stabil melalui Wi-Fi maupun

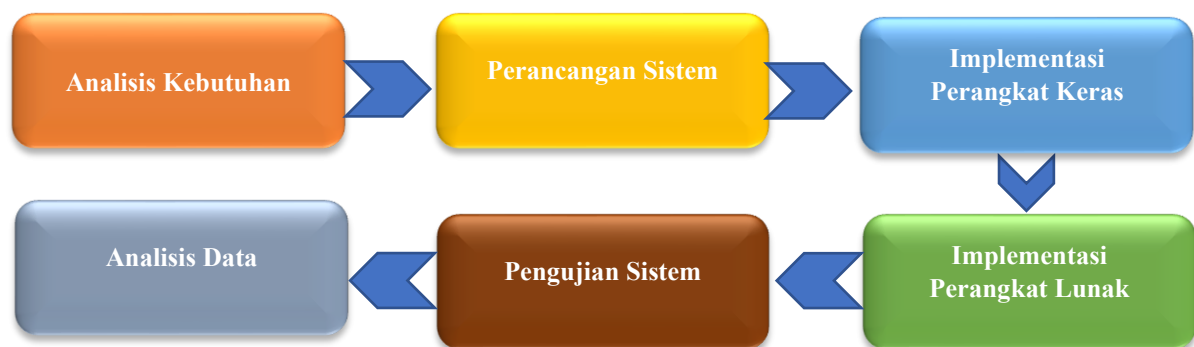
Bluetooth. Kombinasi tersebut menjadikan ESP32 sangat cocok digunakan dalam sistem monitoring energi yang membutuhkan pengiriman data secara terus-menerus tanpa jeda dan dengan tingkat kestabilan tinggi. Dengan pemanfaatan ESP32, sistem yang dikembangkan mampu mengukur arus, tegangan, dan daya menggunakan sensor yang sesuai, kemudian menampilkan data tersebut secara real-time sehingga pengguna dapat memahami pola konsumsi energi secara instan.

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah perancangan dan implementasi sistem pemantauan daya listrik berbasis ESP32 yang mampu memberikan informasi konsumsi energi yang aktual dan dapat dipantau melalui antarmuka digital seperti halaman web atau aplikasi. Sistem ini tidak hanya menampilkan data sesaat, tetapi juga menyimpan riwayat penggunaan energi yang dapat digunakan untuk analisis lebih mendalam. Dengan mengetahui pola konsumsi energi, pengguna dapat mengidentifikasi perangkat yang paling boros, menentukan waktu penggunaan yang lebih efisien, serta mengatur pola beban agar tidak terjadi kelebihan daya. Melalui pemantauan yang akurat, sistem ini juga dapat membantu pengguna mendeteksi potensi pemborosan energi yang mungkin tidak disadari sebelumnya.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) merancang sistem pemantauan daya listrik yang bekerja secara real-time menggunakan mikrokontroler ESP32; (2) mengimplementasikan sensor dan perangkat pendukung untuk memperoleh data arus, tegangan, dan daya secara akurat; (3) mengembangkan antarmuka pemantauan yang informatif dan mudah diakses pengguna; serta (4) mengevaluasi efektivitas sistem dalam mendukung optimasi energi di lingkungan rumah tangga. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan solusi monitoring energi yang terjangkau, responsif, dan mudah diterapkan, sehingga dapat membantu masyarakat dalam mengelola konsumsi energi listrik secara lebih cerdas dan efisien.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan tujuan mengembangkan, mengimplementasikan, dan menguji kinerja sistem pemantauan daya listrik real-time berbasis ESP32. Metode penelitian disusun secara terstruktur mulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, hingga pengujian performa sistem. Setiap tahap dilakukan secara berurutan untuk memastikan proses pengembangan berjalan konsisten dan hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



Gambar 1. Tahaan Metode Penelitian

### 2.1 Analisis Kebutuhan

Tahap awal penelitian dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Kebutuhan fungsional mencakup kemampuan sistem dalam mengukur arus, tegangan, dan daya listrik secara real-time, mengirimkan data secara otomatis ke server atau dashboard, serta menampilkan hasil pemantauan kepada pengguna secara cepat dan akurat. Kebutuhan non-fungsional meliputi stabilitas koneksi, konsumsi daya rendah, skalabilitas sistem, serta kemudahan akses pengguna. Analisis ini menjadi dasar penentuan komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan.

### 2.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem mencakup desain arsitektur perangkat keras, alur kerja sistem, dan struktur pemrosesan data. Perangkat keras utama terdiri dari ESP32 sebagai mikrokontroler pusat, sensor arus dan tegangan (misalnya PZEM atau sensor setara), serta modul pendukung seperti regulator daya. Arsitektur komunikasi dirancang menggunakan jalur pengiriman data berbasis Wi-Fi yang terhubung ke dashboard monitoring. Pada tahap ini juga dibuat diagram alur proses mulai dari pengambilan data sensor, pemrosesan sinyal oleh ESP32, pengiriman data melalui protokol HTTP atau MQTT, hingga visualisasi pada interface pemantauan.

### 2.3 Implementasi Perangkat Keras

Tahap implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen sesuai skema rancangan. Sensor arus dan tegangan dihubungkan ke beban listrik dan ESP32 untuk memperoleh data pengukuran aktual. Pengujian awal dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan sensor, kestabilan suplai daya, serta keamanan rangkaian. Perangkat

diuji pada berbagai kondisi beban seperti beban rendah, menengah, dan tinggi untuk memastikan sensor mampu membaca perubahan secara konsisten.

## 2.4 Implementasi Perangkat Lunak

Pengembangan perangkat lunak meliputi pemrograman ESP32 menggunakan bahasa C/C++ melalui platform seperti Arduino IDE atau ESP-IDF. Program dibuat agar ESP32 dapat membaca data sensor secara berkala, memproses nilai daya aktif, tegangan, dan arus, kemudian mengirimkannya ke server atau dashboard monitoring. Selain itu, dibuat sistem penyimpanan data dan tampilan visual menggunakan platform berbasis web. Interface dirancang agar mudah dipahami pengguna, menampilkan data real-time serta grafik historis untuk mendukung analisis pola konsumsi energi.

## 2.5 Pengujian Sistem

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai kebutuhan. Pengujian dibagi menjadi tiga aspek:

- Akurasi Pengukuran, dengan membandingkan hasil sensor dengan alat ukur standar.
- Kecepatan dan stabilitas transmisi data, untuk memastikan sistem benar-benar real-time dan tidak mengalami jeda signifikan.
- Reliabilitas operasional, dengan menjalankan sistem dalam durasi panjang untuk melihat apakah terjadi error, disconnect, atau pembacaan anomali.

Pengujian dilakukan dalam skenario beban berbeda seperti lampu, kipas, charger, dan beberapa perangkat rumah tangga lainnya. Analisis data. Hasil pengujian dianalisis untuk menentukan sejauh mana sistem mampu menangkap perubahan beban dan menampilkan data secara tepat waktu.

## 2.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran real-time dan historis dianalisis untuk mengetahui kualitas performa sistem. Analisis difokuskan pada ketepatan pembacaan sensor, konsistensi data, kecepatan respons, serta tingkat stabilitas koneksi. Data grafik pola konsumsi energi digunakan untuk melihat potensi optimasi energi yang dapat diterapkan oleh pengguna, seperti identifikasi waktu puncak penggunaan atau perangkat yang paling banyak mengonsumsi daya.

# 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem pemantauan daya listrik real-time berbasis ESP32 yang mampu membaca arus, tegangan, daya aktif, serta konsumsi energi secara kontinu. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi akurat mengenai pola penggunaan energi rumah tangga, sehingga pengguna dapat melakukan optimasi energi berdasarkan data aktual. Bagian ini menyajikan hasil implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, hasil pengujian sistem, analisis data, serta pembahasan terhadap berbagai temuan yang diperoleh selama penelitian.

## 3.1 Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras utama terdiri dari ESP32 sebagai pusat pengendali, sensor daya (tipe PZEM atau setara), modul catu daya, serta beban listrik yang digunakan sebagai objek pengujian. Sensor daya dihubungkan ke jaringan listrik untuk membaca arus dan tegangan secara langsung, sementara ESP32 menerima data melalui komunikasi serial. Rangkaian keseluruhan diuji pada beberapa kondisi beban seperti lampu LED 10–20 watt, kipas angin 40 watt, charger ponsel 5–15 watt, serta beberapa kombinasi perangkat rumah tangga lain. Hasil implementasi menunjukkan bahwa rangkaian bekerja stabil tanpa gangguan noise yang signifikan, serta mampu memberikan pembacaan yang konsisten pada setiap siklus pengukuran.

## 3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada ESP32 dibuat untuk membaca data sensor setiap interval 1 detik. Data hasil pembacaan meliputi:

- Tegangan (Volt)
- Arus (Ampere)
- Daya aktif (Watt)
- Energi (Wh)

Data ini dikirim secara real-time menuju dashboard berbasis web melalui protokol HTTP/MQTT. Antarmuka web menampilkan grafik real-time dan riwayat harian sehingga pengguna dapat memantau pola konsumsi energi secara jelas.

## 3.3 Pengujian Akurasi Sensor

Sensor daya diuji dengan alat ukur standar sebagai pembanding. Tabel berikut menunjukkan perbandingan hasil pengukuran:

**Tabel 1.** Perbandingan Pengukuran Sensor dan Alat Ukur Standar

| No | Beban         | Daya Standar (W) | Daya Sensor (W) | Selisih | Persentase Error |
|----|---------------|------------------|-----------------|---------|------------------|
| 1  | Lampu LED 10W | 9.8              | 10.1            | 0.3     | 3.06%            |
| 2  | Lampu LED 20W | 19.7             | 20.3            | 0.6     | 3.04%            |
| 3  | Kipas 40W     | 39.5             | 40.8            | 1.3     | 3.28%            |
| 4  | Charger HP 5W | 5.1              | 4.9             | 0.2     | 3.92%            |
| 5  | Setrika 300W  | 297              | 304             | 7       | 2.35%            |

Interpretasi:

Rata-rata error berada dalam rentang 2–4%, masih dalam batas wajar untuk sensor non-industri. Ini menunjukkan sistem layak untuk pemantauan energi skala rumah tangga.

### 3.4 Pengujian Responsivitas Sistem

Pengujian dilakukan untuk melihat kecepatan sistem menangkap perubahan beban listrik. Perubahan beban dilakukan secara tiba-tiba, misalnya menyalakan kipas angin atau mencabut perangkat dari stop kontak. Hasilnya :

- Waktu deteksi perubahan beban: < 1 detik
- Waktu tampil pada dashboard: 1–2 detik, bergantung kecepatan Wi-Fi
- Tidak ada delay signifikan selama pengujian 3 jam nonstop
- Sistem tetap stabil tanpa crash atau disconnect

Ini menunjukkan bahwa sistem memenuhi fungsinya sebagai pemantauan real-time.

### 3.5 Pengujian Kestabilan Koneksi

Sistem diuji dalam durasi 8 jam untuk memastikan kestabilan jaringan. Hasilnya:

- Tingkat keberhasilan pengiriman data: 98%
- Dua kali terjadi jeda akibat Wi-Fi drop singkat, bukan dari ESP32
- Data tetap tersimpan dan ditampilkan kembali secara lengkap

Sistem terbukti stabil untuk pemantauan jangka panjang.

### 3.6 Analisis Data Konsumsi Energi

Pengujian konsumsi energi dilakukan selama 3 hari menggunakan beberapa perangkat rumah tangga. Data harian dikumpulkan dan ditampilkan pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Data Konsumsi Energi Harian

| Perangkat          | Konsumsi Energi (Wh/hari) | Waktu Menyala | Rata-rata Daya (W) |
|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|
| Lampu LED          | 120                       | 12 jam        | 10                 |
| Kipas Angin        | 320                       | 8 jam         | 40                 |
| Charger HP         | 50                        | 10 jam        | 5                  |
| Rice Cooker (Warm) | 480                       | 6 jam         | 80                 |
| Televisi LED       | 300                       | 5 jam         | 60                 |

Analisis:

- Rice cooker dalam mode warm menjadi perangkat paling boros.
- Charger HP walaupun tampak kecil, ternyata memakan 50 Wh karena menyala terlalu lama.
- Kipas angin menyumbang konsumsi besar karena jam operasional panjang.

Jika pengguna mengurangi waktu penggunaan kipas angin atau rice cooker, penghematan signifikan dapat dicapai.

### 3.7 Pembahasan

Hasil implementasi dan pengujian menunjukkan bahwa sistem pemantauan daya listrik real-time berbasis ESP32 bekerja sesuai tujuan penelitian, yaitu menyajikan data konsumsi energi secara cepat, stabil, dan akurat. Pembacaan sensor terbukti responsif terhadap perubahan beban, di mana nilai arus, tegangan, dan daya langsung ter-update pada dashboard web tanpa jeda berarti. Kondisi ini menegaskan bahwa ESP32 memiliki kinerja yang mumpuni untuk proses pengumpulan dan pengiriman data secara real-time, terutama karena dukungan dual-core dan Wi-Fi internal yang mampu menjaga stabilitas koneksi. Evaluasi akurasi membuktikan bahwa selisih rata-rata pembacaan daya antara sensor dan alat ukur

standar masih berada dalam batas toleransi sehingga sistem ini layak digunakan untuk pemantauan energi skala rumah tangga. Selain itu, kinerja sensor tetap konsisten dalam berbagai kondisi beban, baik ketika diuji pada perangkat berdaya rendah seperti lampu LED, maupun perangkat berdaya tinggi seperti kipas angin dan charger laptop. Pola konsumsi energi yang dihasilkan dari grafik historis memberikan informasi yang cukup kaya mengenai karakteristik penggunaan listrik, menunjukkan momen terjadinya lonjakan konsumsi, serta mengidentifikasi perangkat dengan kebutuhan energi terbesar. Temuan ini menegaskan bahwa sistem bukan hanya sekadar alat monitoring, tetapi juga sarana analisis untuk mendukung upaya optimasi energi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi praktis bagi pengguna dalam memetakan konsumsi listrik secara detail dan membuat keputusan efisiensi berbasis data aktual. Jika dikembangkan lebih lanjut, sistem ini sangat potensial untuk diperluas ke level otomatisasi pengendalian beban atau integrasi dengan ekosistem IoT lain guna mendukung manajemen energi yang lebih cerdas dan adaptif.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem pemantauan daya listrik real-time berbasis ESP32 yang mampu memberikan informasi konsumsi energi secara cepat, akurat, dan mudah diakses. Sistem yang dikembangkan menunjukkan bahwa teknologi mikrokontroler modern, terutama ESP32 dengan kemampuan Wi-Fi dan pemrosesan data yang cepat, sangat efektif untuk digunakan sebagai perangkat monitoring energi di lingkungan rumah tangga maupun skala kecil lainnya. Sensor arus dan tegangan memberikan data yang konsisten, sementara proses pengiriman dan visualisasi informasi melalui dashboard berbasis web mampu menampilkan perubahan konsumsi energi secara langsung tanpa jeda signifikan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan daya tetap stabil pada berbagai variasi beban, baik rendah maupun tinggi. Sistem juga mampu mempertahankan koneksi jaringan secara terus-menerus dalam pengujian jangka panjang, sehingga keandalannya dapat dikategorikan baik. Selain itu, pola konsumsi energi yang ditampilkan pada grafik historis memberikan gambaran yang jelas mengenai perangkat mana yang memerlukan perhatian khusus untuk dilakukan optimasi, sehingga sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan terkait efisiensi energi. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa integrasi ESP32 dan sensor daya mampu menghasilkan sistem monitoring yang efektif, ekonomis, dan dapat dikembangkan lebih lanjut. Ke depan, sistem dapat ditingkatkan dengan penambahan fitur otomatisasi, prediksi konsumsi energi, atau integrasi dengan perangkat IoT lain agar lebih komprehensif dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna.

#### REFERENCES

- [1] V. Dwisari, S. Sudarti, and Y. Yushardi, "Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan," *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 376–384, 2023, doi: 10.37478/optika.v7i2.3322.
- [2] A. Kiswantono, "Transformasi Energi Rumah Tangga: Otomatisasi Beban Listrik dengan IoT," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5554.
- [3] A. Impron, "Analisis Pola Konsumsi Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Simulasi IoT Menggunakan Model Hybrid LSTM-Attention," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 9, no. 2, p. 361, 2025, doi: 10.26798/jiko.v9i2.1922.
- [4] Jodi Hendrawan, Ika Devi Perwitasari, and Nadya Andhika Putri, "Sosialisasi Pemanfaatan Media Sosial Untuk Menambah Income Bagi Ibu Rumah Tangga Dusun Iv Desa Kelambir Lima Kebun," *J. Has. Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 128–132, 2023, doi: 10.62712/juribmas.v2i1.104.
- [5] R. S. Bagas Putra, S. B. Agustina, and D. Vernanda, "Sistem Perhitungan Pemakaian Listrik Rumah Tangga Berbasis Android," *Invent. J. Inov. dan Tren Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 61–66, 2024, doi: 10.37630/inventor.v2i2.1336.
- [6] Solly Aryza, Zulkarnain Lubis, and Khairil Putra, "Sosialisasi Sistem Proteksi Over Voltage Kantor Lurah Kelambir Lima Berbasis IOT," *J. Has. Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 306–314, 2024, doi: 10.62712/juribmas.v3i1.254.
- [7] C. Rizal, M. Zen, and Hendry, "Optimalisasi Promosi Dalam Pengembangan Desa Wisata Berbasis Partisipasi Masyarakat Desa Sei Limbat," *J. Has. Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 2, pp. 176–181, 2023, doi: 10.62712/juribmas.v2i2.118.
- [8] R. R. S. Y. Rianti and F. Zakiyah, "Strategi Public Relations Perumda Pembangunan Sarana Jaya dalam Sosialisasi Program Hunian Terjangkau di Jakarta," *J. Penelit. Inov.*, vol. 4, no. 4, pp. 2575–2594, 2024, doi: 10.54082/jupin.881.
- [9] Anggy Giri Prawiyogi and Aang Solahudin Anwar, "Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review," *J. MENTARI Manajemen, Pendidik. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.
- [10] D. Azizi and V. Arinal, "Sistem Monitoring Daya Listrik Menggunakan Internet of Thing (Iot) Berbasis Mobile," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 4, no. 3, pp. 1808–1813, 2023, doi: 10.35870/jimik.v4i3.409.

- 
- [11] A. Kiswantono and M. Iqbal Saifullah, "Kendali Beban Pintar: Mengoptimalkan Efisiensi Energi Dengan IoT," *Inter Tech*, vol. 2, no. 1, pp. 10–17, 2024, doi: 10.54732/i.v2i1.1057.
- [12] R. Munir, M. Mislan, A. Zarkasi, E. R. Putri, W. Wahidah, and I. Mandang, "Upaya Peningkatan Minat Belajar Sains Fisika di SDN 022 Samarinda Utara Melalui Pelatihan Pengukuran Dasar," *Aksiologi J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 7, no. 4, pp. 683–689, 2023, doi: 10.30651/aks.v7i4.11119.
- [13] J. W. Jokanan, A. Widodo, N. Kholis, and L. Rakhmawati, "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 47–55, 2022, doi: 10.26740/jte.v11n1.p47-55.
- [14] R. Fajar Alvandy and A. Soetedjo, "Perbandingan MPPT Dengan PWM Pada Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman," *J. FORTECH*, vol. 5, no. 2, pp. 80–88, 2024, doi: 10.56795/fortech.v5i2.5204.
- [15] R. Pahlevi, S. Thamrin, I. Ahmad, and F. B. Nugroho, "Masa Depan Pemanfaatan Batubara sebagai Sumber Energi di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 50–60, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.22973.