

# Rancang Bangun dan Implementasi *Energy Monitoring System* di Sekolah Darul Hikam

Ayu Laksmi Padmadewi<sup>1\*</sup>, Mugni Labib Edypoerwa<sup>2</sup>, Umar Hanif Ramadhani<sup>3</sup>, Yadi Mulyadi<sup>4</sup>, Bambang Trisno<sup>5</sup>

Teknik Energi Terbarukan<sup>1,2,3,4,5</sup>  
Universitas Pendidikan Indonesia<sup>1,2,3,4,5</sup>

Jl. Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung

ayulaksmi@upi.edu<sup>1</sup>, mugnile@upi.edu<sup>2</sup>, umar.hanif@upi.edu<sup>3</sup>, yadielektro@upi.edu<sup>4</sup>, bambangtrisno@upi.edu<sup>5</sup>

## Abstrak

Penggunaan energi listrik di lembaga pendidikan terus meningkat seiring berkembangnya sarana pembelajaran dan penggunaan perangkat elektronik. Tanpa sistem monitoring yang memadai, evaluasi penggunaan energi secara real-time menjadi sulit dilakukan sehingga berpotensi menimbulkan pemborosan energi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Energy Monitoring System (EMS) berbasis sensor PZEM-004T pada Sekolah Darul Hikam. Sistem yang dikembangkan mampu memantau parameter kelistrikan secara real-time melalui dashboard berbasis web. Metode penelitian meliputi perancangan sistem, pengembangan perangkat, implementasi, serta pengujian kinerja. Hasil menunjukkan bahwa sistem bekerja stabil dengan tegangan 218–228 V, arus hingga 20 A, dan daya puncak sekitar 4300 W. Estimasi konsumsi energi harian berada pada kisaran 30–50 kWh, dengan akurasi pengukuran  $\pm 2\text{--}5\%$  dan keberhasilan pengiriman data di atas 98%. Sistem ini mampu membantu identifikasi pola konsumsi energi serta mendukung strategi efisiensi energi di lingkungan sekolah.

Kata kunci :

Energy Monitoring System, PZEM-004T, monitoring energi, efisiensi energi, IoT

## Abstract

*The use of electrical energy in educational institutions continues to increase with the expansion of facilities and electronic equipment usage. Without*

*an adequate monitoring system, real-time evaluation of energy consumption becomes difficult and may lead to inefficiency. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based Energy Monitoring System (EMS) using a PZEM-004T sensor at Darul Hikam School. The system monitors electrical parameters in real time through a web-based dashboard. The methodology includes system design, development, implementation, and performance testing. Results show stable operation with voltage ranging from 218–228 V, current up to 20 A, and peak power of approximately 4300 W. The estimated daily energy consumption is 30–50 kWh, with measurement accuracy of  $\pm 2\text{--}5\%$  and data transmission reliability above 98%. The system supports energy consumption analysis and improves energy efficiency strategies.*

## Keywords:

*Energy Monitoring System, PZEM-004T, energy monitoring, energy efficiency, IoT*

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di sektor pendidikan terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya sarana pembelajaran, laboratorium, penggunaan perangkat teknologi informasi, serta sistem pendingin ruangan. Secara global, sektor bangunan menyumbang sekitar 30% dari total konsumsi energi, sehingga memiliki peran penting dalam upaya peningkatan efisiensi energi melalui penerapan sistem manajemen energi yang tepat (International Energy Agency, 2023). Peningkatan ini juga berdampak langsung pada naiknya konsumsi

energi listrik di lingkungan sekolah. Namun, tanpa adanya sistem monitoring yang memadai, lembaga pendidikan mengalami kesulitan dalam mengevaluasi penggunaan energi secara real-time serta mengidentifikasi potensi pemborosan listrik. Kondisi ini menyebabkan pengelolaan energi menjadi kurang optimal dan berpotensi meningkatkan biaya operasional sekolah.

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada lingkungan Sekolah, di mana penggunaan energi listrik terus meningkat seiring dengan aktivitas pembelajaran dan penggunaan berbagai perangkat listrik seperti AC, komputer, dan peralatan laboratorium. Namun, sistem pencatatan konsumsi energi masih dilakukan secara konvensional melalui data tagihan listrik bulanan, sehingga tidak mampu memberikan informasi rinci mengenai pola penggunaan energi harian maupun identifikasi beban puncak. Akibatnya, pihak sekolah mengalami kesulitan dalam menyusun strategi efisiensi energi yang tepat dan berbasis data aktual.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, berbagai penelitian telah mengembangkan sistem monitoring energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu menyediakan data konsumsi energi secara real-time. Pangestu et al. (2019) mengembangkan sistem monitoring beban listrik berbasis NodeMCU ESP8266 yang mampu menampilkan data konsumsi energi secara langsung melalui media web. Penelitian oleh Hudan dan Rijianto (2019) juga menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT dapat membantu pengguna dalam memantau penggunaan daya listrik secara lebih efektif pada skala kamar kos. Selanjutnya, Mawali dan Aribowo (2020) serta Putra dan Mukhaiyar (2020) mengembangkan sistem monitoring daya listrik real-time yang mampu memberikan informasi penggunaan energi secara langsung kepada pengguna.

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem monitoring energi juga mengalami peningkatan dari sisi integrasi sistem dan kemudahan akses data. Alfian et al. (2021) mengembangkan sistem monitoring dan kontrol daya listrik berbasis IoT yang terintegrasi dengan informasi tarif listrik, sedangkan Jokanan et al. (2022) memanfaatkan platform Firebase dan aplikasi Android untuk meningkatkan aksesibilitas data secara real-time. Selain itu, Khaeri et al. (2025) telah mengembangkan sistem monitoring energi berbasis IoT yang dilengkapi dengan analisis konsumsi daya, dan Atmanto et al. (2025) mengusulkan pendekatan berbasis fuzzy logic

Mamdani untuk meningkatkan kemampuan analisis dalam pengelolaan energi listrik.

Meskipun berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring energi berbasis IoT mampu menyediakan data konsumsi listrik secara real-time, sebagian besar implementasi masih terbatas pada skala rumah tangga, kamar kos, atau prototipe laboratorium. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan sistem monitoring dengan analisis pola konsumsi energi pada lingkungan sekolah secara nyata masih relatif terbatas, padahal karakteristik penggunaan energi di sektor pendidikan sangat dipengaruhi oleh aktivitas operasional harian.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan *Energy Monitoring System* (EMS) berbasis IoT menggunakan sensor PZEM-004T yang diimplementasikan secara langsung pada lingkungan Sekolah Darul Hikam. Sistem ini tidak hanya berfungsi untuk memantau konsumsi energi listrik secara real-time, tetapi juga menganalisis pola penggunaan energi untuk mengidentifikasi beban puncak serta potensi efisiensi energi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem *Energy Monitoring System* (EMS) berbasis sensor PZEM-004T pada lingkungan sekolah, serta melakukan analisis pola konsumsi energi listrik sebagai dasar pengambilan keputusan dalam manajemen energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem monitoring energi yang tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai pendukung strategi efisiensi energi yang lebih efektif dan berkelanjutan di lingkungan pendidikan.

## II. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini disusun secara terstruktur yang meliputi tahap identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan dan implementasi, serta pengujian dan analisis data. Alur ini bertujuan untuk memastikan sistem *Energy Monitoring System* (EMS) yang dikembangkan mampu bekerja secara optimal dalam memantau dan menganalisis konsumsi energi listrik di lingkungan sekolah. Gambar 1 menunjukkan diagram alur dari metode penelitian.



**Gambar 1. Alur Penelitian**

### II.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan dan implementasi sistem untuk mengembangkan *Energy Monitoring System* (EMS) berbasis Internet of Things (IoT) pada lingkungan sekolah. Pendekatan ini mencakup proses perancangan arsitektur sistem, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem pada kondisi nyata, serta pengujian kinerja sistem.

### II.2 Arsitektur Sistem EMS

Sistem EMS yang dikembangkan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu akuisisi data, komunikasi data, dan visualisasi data. Pada bagian akuisisi data, sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur parameter kelistrikan yang meliputi tegangan, arus, daya, energi listrik, frekuensi, dan faktor daya. Data hasil pengukuran kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP8266 yang berfungsi sebagai unit pengolah sekaligus pengirim data.

Selanjutnya, pada bagian komunikasi data, informasi dikirimkan ke server melalui jaringan internet menggunakan protokol HTTP. Pada sisi server, data disimpan dalam basis data dan ditampilkan melalui dashboard berbasis web sehingga dapat diakses secara real-time oleh pengguna. Alur sistem dimulai dari proses pengukuran oleh sensor, dilanjutkan dengan pengolahan data oleh mikrokontroler, pengiriman data ke server, hingga visualisasi data pada dashboard.

### II.3 Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem dilakukan melalui integrasi perangkat keras dan perangkat lunak. Pada sisi perangkat keras, dilakukan perakitan sensor PZEM-004T dengan mikrokontroler ESP8266 yang terhubung ke sistem kelistrikan sekolah. Pada sisi perangkat lunak, dikembangkan firmware pada ESP8266 untuk membaca data dari sensor dan mengirimkannya ke server. Selain itu, dikembangkan aplikasi web berbasis PHP dan JavaScript yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna dalam memonitor konsumsi energi listrik secara real-time. Dashboard ini menampilkan data dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan analisis.

### II.4 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan memasang perangkat pada panel listrik utama Sekolah Darul Hikam. Sensor dihubungkan langsung dengan jalur distribusi listrik untuk memperoleh data konsumsi energi secara aktual. Setelah instalasi, dilakukan proses kalibrasi sensor untuk memastikan akurasi pengukuran. Sistem kemudian diintegrasikan dengan server daring sehingga proses pengiriman dan penyimpanan data dapat berlangsung secara kontinu. Pengambilan data dilakukan secara otomatis dengan interval pencatatan setiap 5 menit.

### II.5 Pengambilan dan Pengolahan Data

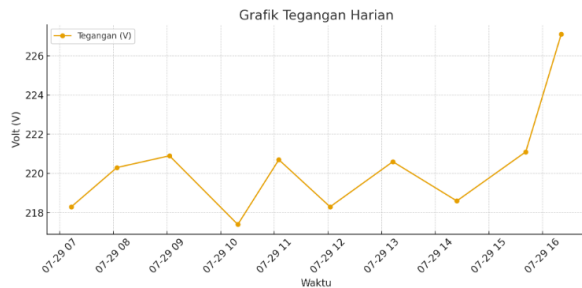
Parameter yang direkam dalam penelitian ini meliputi tegangan, arus, daya, energi listrik, frekuensi, dan faktor daya. Data yang diperoleh disimpan dalam basis data dan digunakan untuk menganalisis pola konsumsi energi listrik di lingkungan sekolah, termasuk identifikasi beban puncak dan variasi penggunaan energi harian.

### II.6 Pengujian Kinerja Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja EMS yang dikembangkan. Pengujian meliputi uji akurasi sensor dengan membandingkan hasil pembacaan terhadap alat ukur standar, uji kestabilan komunikasi data dengan mengamati tingkat keberhasilan pengiriman data serta waktu tunda (delay), serta uji performa sistem pada kondisi operasional yang berbeda, yaitu saat beban rendah, sedang, dan tinggi. Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai keandalan sistem dalam melakukan monitoring energi secara real-time pada kondisi nyata.

### III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

#### III.1 Data Tegangan

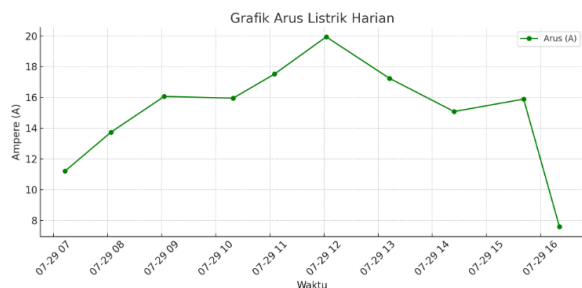


**Gambar 2. Grafik Tegangan Harian**

Gambar 2 menunjukkan hasil pencatatan PZEM, nilai tegangan di Sekolah Darul Hikam berada pada rentang 217 V – 229 V. Rata-rata tegangan harian tercatat sekitar 221–223 V, yang masih berada dalam batas standar tegangan PLN ( $\pm 10\%$  dari 220 V). Tegangan relatif stabil sepanjang hari, meskipun terdapat fluktuasi kecil saat beban puncak siang hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas pasokan listrik di sekolah cukup baik, sehingga kecil kemungkinan terjadi kerusakan perangkat akibat tegangan drop atau lonjakan berlebih.

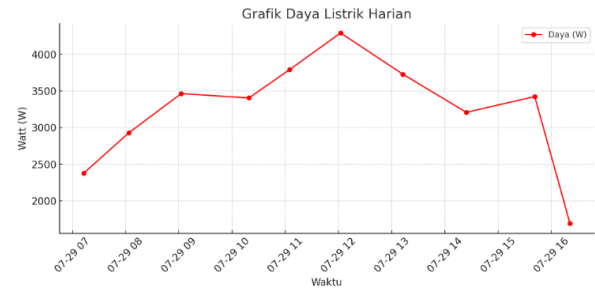
#### III.2 Data Arus

Gambar 3 menunjukkan grafik arus harian. Arus listrik yang terukur bervariasi antara 0 A – 20 A, tergantung jumlah peralatan yang beroperasi. Pada jam-jam sibuk (07.00–15.00), arus cenderung meningkat signifikan karena penggunaan AC, komputer, proyektor, dan perangkat laboratorium. Pada malam hari, arus hampir mendekati nol karena sebagian besar fasilitas sekolah tidak digunakan. Pola ini membuktikan bahwa konsumsi arus listrik sangat dipengaruhi oleh aktivitas belajar mengajar.



**Gambar 3. Grafik Arus Listrik Harian**

#### III.3 Data Daya (W)



**Gambar 4. Grafik Daya Listrik Harian**

Gambar 4 menunjukkan grafik daya listrik harian. Beban daya yang tercatat menunjukkan kisaran 500 W – 4300 W. Beban rata-rata pada pagi hingga siang hari berada di atas 3000 W, sedangkan pada malam hari turun hingga di bawah 1000 W. Puncak beban terjadi pada 28 Juli 2025 pukul 11.05 dengan nilai mencapai 4308 W. Hal ini bertepatan dengan waktu seluruh ruang kelas dan laboratorium aktif secara bersamaan. Pola beban ini dapat menjadi dasar bagi sekolah untuk mengelola penggunaan perangkat listrik, misalnya dengan penjadwalan pemakaian AC atau distribusi beban antar-ruang agar lebih merata.

#### III.4 Data Energi (kWh)

Akumulasi energi listrik yang diperoleh dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsumsi energi harian di Sekolah Darul Hikam berada pada kisaran sekitar 30–50 kWh per hari, tergantung pada intensitas penggunaan peralatan listrik. Nilai ini diperoleh berdasarkan profil beban harian yang didominasi oleh penggunaan energi pada jam operasional sekolah, khususnya pada periode siang hari.

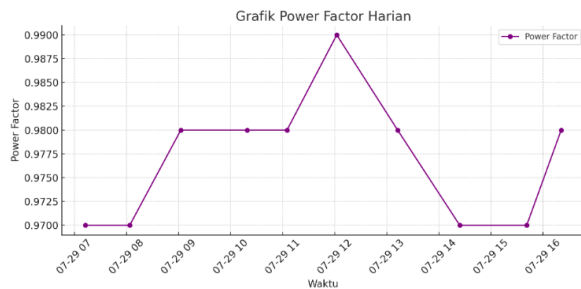
Jika diakumulasikan dalam skala bulanan, konsumsi energi listrik diperkirakan mencapai sekitar 900–1500 kWh per bulan. Konsumsi ini memberikan kontribusi signifikan terhadap biaya operasional sekolah, terutama pada penggunaan perangkat dengan daya besar seperti AC dan peralatan laboratorium.

Data konsumsi energi ini menjadi dasar penting dalam evaluasi efisiensi penggunaan listrik. Dengan mengetahui pola konsumsi energi, pihak sekolah dapat mengidentifikasi peluang penghematan, seperti pengaturan waktu penggunaan peralatan listrik, pengurangan beban tidak aktif, serta penggunaan perangkat yang lebih efisien energi.

### III.5 Power Factor (PF)

Gambar 5 menunjukkan grafik power factor (PF) harian. Nilai power factor yang tercatat berada pada rentang 0,82 – 0,99. Pada kondisi beban tinggi, nilai PF cenderung mendekati 0,98–0,99, yang menunjukkan bahwa penggunaan energi listrik berlangsung relatif efisien dengan rugi-rugi daya yang kecil. Namun, pada kondisi beban rendah, khususnya pada malam hari, nilai PF mengalami penurunan hingga sekitar 0,82. Hal ini disebabkan oleh dominasi beban induktif dari peralatan listrik yang masih terhubung meskipun tidak digunakan secara aktif (idle load). Kondisi ini menunjukkan adanya potensi peningkatan efisiensi energi melalui perbaikan faktor daya.

Upaya yang dapat dilakukan antara lain adalah pemasangan kapasitor bank untuk koreksi faktor daya serta pengurangan beban tidak aktif. Dengan peningkatan nilai power factor, sistem kelistrikan dapat bekerja lebih efisien dan mengurangi rugi-rugi daya.



**Gambar 5. Grafik Power Factor Harian**

### III.6 Analisis Pola Harian

Pola konsumsi energi di Sekolah Darul Hikam menunjukkan karakteristik khas bangunan pendidikan yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas operasional harian. Pada pagi hari (07.00–09.00), beban listrik mulai meningkat dengan kisaran 2000–2500 W seiring dimulainya kegiatan belajar mengajar. Memasuki siang hari (10.00–14.00), konsumsi energi mencapai titik puncak dengan kisaran 3500–4000 W. Kondisi ini dipicu oleh penggunaan perangkat listrik secara simultan, seperti AC, komputer, proyektor, dan peralatan laboratorium. Puncak beban yang tinggi dalam periode ini menunjukkan adanya konsentrasi penggunaan energi yang signifikan.

Pada sore hari (15.00–17.00), beban listrik mulai menurun ke kisaran 1500–2500 W seiring berkurangnya aktivitas pembelajaran. Sementara itu,

pada malam hari setelah pukul 19.00, konsumsi energi turun drastis hingga di bawah 1000 W, yang menunjukkan minimnya aktivitas di lingkungan sekolah. Perbedaan yang signifikan antara beban puncak dan beban rendah menunjukkan adanya peluang optimasi penggunaan energi, terutama melalui pengaturan distribusi beban dan pengurangan konsumsi energi pada kondisi tidak aktif.

### III.7 Implikasi Manajemen Energi

Hasil monitoring energi memberikan informasi penting bagi pihak manajemen sekolah dalam mengelola penggunaan energi listrik secara lebih efektif. Identifikasi beban puncak dapat digunakan sebagai dasar untuk menerapkan strategi load shifting, sehingga distribusi penggunaan energi menjadi lebih merata dan tidak terpusat pada waktu tertentu.

Selain itu, penggunaan perangkat listrik seperti AC dan komputer yang menjadi kontributor utama konsumsi energi perlu dioptimalkan melalui pengaturan waktu operasional dan peningkatan efisiensi penggunaan. Data real-time yang dihasilkan oleh sistem EMS juga dapat dimanfaatkan sebagai sarana edukasi bagi warga sekolah untuk meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya penghematan energi.

Dengan adanya data yang akurat dan kontinu, pihak sekolah juga dapat melakukan estimasi konsumsi energi dan biaya listrik secara lebih tepat, sehingga mendukung perencanaan program efisiensi energi yang berorientasi pada pengendalian biaya operasional.

### III.8 Evaluasi Kinerja dan Analisis Kuantitatif Sistem EMS

Untuk menilai kinerja sistem *Energy Monitoring System* (EMS) yang dikembangkan, dilakukan evaluasi terhadap aspek akurasi pengukuran, kestabilan sistem, dan performa operasional. Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor PZEM-004T terhadap alat ukur standar. Hasil menunjukkan bahwa tingkat kesalahan pengukuran berada pada kisaran  $\pm 2-5\%$ , yang masih dalam batas toleransi untuk aplikasi monitoring energi.

Dari sisi komunikasi data, sistem menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data yang tinggi, dengan persentase keberhasilan lebih dari 98% dan waktu tunda (delay) rata-rata kurang dari 2 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara

stabil dalam mengirimkan data secara real-time ke server.

Berdasarkan data konsumsi energi yang diperoleh, dilakukan analisis untuk mengidentifikasi potensi efisiensi energi. Dengan mempertimbangkan profil beban harian, potensi penghematan energi diperkirakan berada pada kisaran 10–15% melalui optimasi penggunaan peralatan listrik, pengurangan beban tidak aktif, serta pengaturan waktu operasional. Hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa sistem EMS tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai alat bantu analisis yang mampu mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen energi secara lebih efektif dan berbasis data.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan *Energy Monitoring System* (EMS) berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor PZEM-004T pada lingkungan Sekolah Darul Hikam. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan parameter kelistrikan secara real-time, meliputi tegangan, arus, daya, energi listrik, frekuensi, dan faktor daya, serta menampilkan data melalui dashboard berbasis web.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik di lingkungan sekolah memiliki pola yang dipengaruhi oleh aktivitas operasional harian, dengan beban puncak terjadi pada siang hari dan penurunan signifikan pada malam hari. Estimasi konsumsi energi harian berada pada kisaran 30–50 kWh per hari, yang menunjukkan adanya potensi pengelolaan energi yang lebih optimal.

Dari sisi kinerja sistem, EMS menunjukkan tingkat akurasi pengukuran yang baik dengan tingkat kesalahan dalam rentang  $\pm 2$ –5%, serta kestabilan komunikasi data dengan tingkat keberhasilan pengiriman di atas 98% dan waktu tunda yang relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara andal dalam kondisi operasional nyata.

Selain berfungsi sebagai alat monitoring, sistem yang dikembangkan juga mampu mendukung analisis pola konsumsi energi listrik. Berdasarkan hasil analisis, terdapat potensi efisiensi energi pada kisaran 10–15% melalui pengaturan penggunaan perangkat listrik, pengurangan beban tidak aktif, serta peningkatan faktor daya.

Dengan demikian, *Energy Monitoring System* (EMS) yang dikembangkan tidak hanya berperan sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan manajemen energi yang lebih efektif dan berbasis data. Implementasi sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam mendukung pengelolaan energi yang efisien serta penerapan budaya hemat energi di lingkungan pendidikan.

#### REFERENSI

- Ahmad, W. (2024). *Design of Electrical Energy Monitoring System Using NodeMCU ESP8266 and PZEM-004T for Controlling Electricity Usage*. FORTECH Journal.
- Al-Ali, A. R., El-Hag, A., Bahadiri, M., Harbaji, M., & Ali, Y. (2017). Smart home renewable energy management system. *Energy Procedia*, 141, 327–333.
- Atmanto, D. A., Nanditama, R. W., Suteddy, W., & Adiwilaga, A. (2025). Sistem monitoring konsumsi energi listrik berbasis IoT menggunakan fuzzy logic Mamdani. *TELKA*, 11(2), 151–166.
- Choi, C., et al. (2023). Design and fabrication of an IoT-based smart electrical meter using PZEM-004T and ESP32. *Indonesian Journal of Electrical Engineering & Computer Science*, 30(3), 1259–1268.
- Hudan, I. S., & Rijianto, T. (2019). Rancang bangun sistem monitoring daya listrik pada kamar kos berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), 91–99.
- International Energy Agency. (2023). *Energy Efficiency 2023*.
- Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang bangun alat monitoring daya listrik berbasis IoT menggunakan Firebase dan aplikasi Android. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 47–55.
- Khaeri, S., Pratama, B. G., & Handayani, T. (2025). Rancang bangun sistem monitoring energi listrik berbasis IoT untuk pemantauan dan analisis konsumsi daya. *TELKA*, 6(2).
- Mawali, A. R., & Aribowo, W. (2020). Rancang bangun pemantauan pembayaran dan

- konsumsi listrik jarak jauh berbasis Arduino UNO R3 dan modul Bluetooth. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 285–291.
- Mylonas, G., Amaxilatis, D., Tsampas, S., Pocero, L., & Gunneriusson, J. (2019). A methodology for saving energy in educational buildings using an IoT infrastructure. *arXiv preprint arXiv:1907.07760*.
- Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem monitoring beban listrik berbasis Arduino NodeMCU ESP8266. *Jurnal Ampere*, 4(1), 187–197.
- Putra, D. A., & Mukhaiyar, R. (2020). Monitoring daya listrik secara realtime. *Jurnal Vokasional Teknik Elektronika dan Informatika*, 8(2), 26–34.