

**Sistem Monitoring Konsumsi Energi Perangkat Elektronik Ruang
Laboratorium Menggunakan Sensor Pzem-004 Berbasis Internet Of Things
(Energy Consumption Monitoring System of Laboratory Room Electronic
Devices Using Internet of Things Based on Pzem-004 Sensor)**

Muhammad Abdul Faqi¹, Yosi Apriani^{2*}, Ilham Pratama³, Sumardi Sadi⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang, Tangerang
15118.

e-mail penulis : abdulfaqi6@gmail.com, yosi@umt.ac.id, ilham.pratama@umt.ac.id, sumardiumt@umt.ac.id
e-mail: yosi@umt.ac.id, (email korespondensi)

Receive: 20 Juli 2026

Accepted: 19 Agustus 2026

Abstract

Efficient electrical energy consumption in educational environments requires an accurate monitoring system to control power usage and reduce operational costs. This study aims to design and implement an electrical energy consumption monitoring system for electronic devices in the laboratory of SMK Ki Hajar Dewantoro using a PZEM-004T sensor based on the Internet of Things (IoT). The system is built using an ESP32 microcontroller as the main control unit, which retrieves electrical parameter data from the PZEM-004T sensor via UART communication. The data is displayed locally through a 0.96-inch OLED screen and transmitted in real-time to Blynk Cloud server to be monitored via the Blynk application on a smartphone. The system is also integrated with a 5V relay module for remote ON/OFF control of electrical loads. Testing was conducted on three types of electrical loads in the laboratory: a fan, an Air Conditioner (AC), and a computer. Results show that the system successfully read and displayed eight electrical parameters in real-time with 100% connectivity success rate. The relay remote control also functioned well with an average response time of 1-2 seconds. The AC load recorded the highest power consumption, while the computer showed the lowest power factor due to its capacitive load characteristics.

Keywords: Energy Monitoring, Internet of Things, PZEM-004T Sensor, ESP32, Blynk

Abstrak

Konsumsi energi listrik yang efisien di lingkungan pendidikan memerlukan sistem pemantauan yang akurat agar penggunaan daya dapat dikontrol dan biaya operasional dapat ditekan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring konsumsi energi listrik pada perangkat elektronik di ruang laboratorium SMK Ki Hajar Dewantoro menggunakan sensor PZEM-004T berbasis Internet of Things (IoT). Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama yang membaca data parameter kelistrikan dari sensor PZEM-004T melalui komunikasi UART. Data ditampilkan secara lokal melalui layar OLED 0,96 inci dan dikirimkan secara real-time ke server Blynk Cloud untuk dipantau melalui aplikasi Blynk pada smartphone. Sistem juga dilengkapi modul relay 5V untuk kendali ON/OFF beban listrik dari jarak jauh. Pengujian dilakukan terhadap tiga jenis beban, yaitu kipas angin, Air Conditioner (AC), dan komputer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil membaca dan menampilkan delapan parameter kelistrikan secara real-time dengan tingkat keberhasilan konektivitas 100%. Kontrol relay jarak jauh berfungsi baik dengan waktu respons rata-rata 1-2 detik. Beban AC mencatat konsumsi daya tertinggi, sedangkan komputer menunjukkan faktor daya terendah akibat karakteristik beban kapasitif.

Kata Kunci: Monitoring Energi, Internet of Things, Sensor PZEM-004T, ESP32, Blynk

PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam operasional lingkungan pendidikan. Sekolah sebagai institusi pendidikan menggunakan berbagai perangkat elektronik yang beroperasi hampir setiap hari, seperti kipas angin, komputer, Air Conditioner (AC), dan proyektor. Tanpa sistem pemantauan yang terstruktur, penggunaan energi listrik sulit dikendalikan sehingga berdampak pada meningkatnya biaya operasional sekolah (Desky et al., 2022).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang besar untuk menciptakan sistem monitoring energi yang cerdas dan dapat diakses secara real-time melalui jaringan internet. Sistem monitoring daya listrik berbasis IoT mampu memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu mengenai konsumsi energi listrik, membantu pengguna meningkatkan efisiensi penggunaan energi, dan mengurangi biaya operasional (Azizi & Arinal, 2023).

Sensor PZEM-004T merupakan modul pengukur daya AC yang mampu mengukur delapan parameter kelistrikan sekaligus, yaitu tegangan (V), arus (A), daya aktif (W), daya semu (VA), daya reaktif (VAR), faktor daya (PF), frekuensi (Hz), dan energi kumulatif (kWh). Sensor ini memiliki tingkat akurasi pembacaan yang baik dan berkomunikasi melalui protokol UART serial (Jokanan & Teknikelektro UNESA, n.d.). Dikombinasikan dengan mikrokontroler ESP32 yang memiliki kemampuan WiFi built-in, data pengukuran dapat dikirimkan secara nirkabel ke platform IoT Blynk dan dipantau melalui smartphone secara real-time (Udara, 2023).

Sistem monitoring daya listrik berbasis IoT mampu memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu mengenai konsumsi energi listrik, membantu pengguna untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi, dan mengurangi biaya operasional yang terkait dengan konsumsi listrik. Selain itu, sistem ini memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau dan mengendalikan penggunaan daya listrik melalui perangkat seluler mereka, yang pada gilirannya dapat berkontribusi pada pengelolaan energi yang lebih berkelanjutan dan berkesinambungan. (Azizi & Arinal, 2023). Pada penelitian ini menggunakan sensor PZEM-004T sebagai sensornya karena tingkat keakuratan dalam pembacaannya yang cukup baik dan dapat mengukur nilai tegangan, arus, daya, dan energi listrik hanya dalam satu sensor saja. Untuk memonitoring nilai dari sensor tersebut. (Jokanan & Teknikelektrofakultasteknikuniversitasnegerisurabaya, n.d.).

Relay yang digunakan Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. (Wijayanti, 2022)



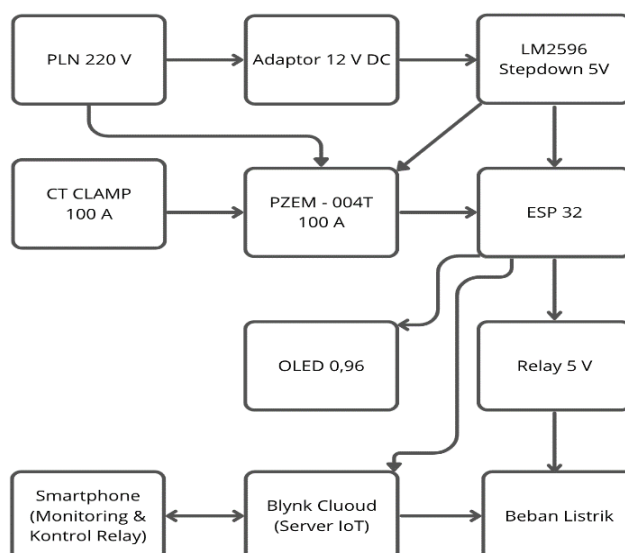
Gambar 1 Modul Relay 5V

Berdasarkan hasil kajian dan observasi lapangan di SMK Ki Hajar Dewantoro, belum terdapat sistem monitoring konsumsi energi listrik yang terstruktur pada ruang laboratorium. Pengelolaan penggunaan listrik masih dilakukan secara manual sehingga sulit mengetahui konsumsi energi secara real-time. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring konsumsi energi listrik pada perangkat elektronik di ruang laboratorium SMK Ki Hajar Dewantoro menggunakan sensor PZEM-004T berbasis IoT.

METODE PENELITIAN

Desain Sistem

Penelitian ini menggunakan pendekatan rancang bangun (design and build) dengan tahapan: identifikasi masalah, studi literatur, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan analisis data. Blok diagram sistem monitoring energi listrik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Blok Diagram Sistem Monitoring Konsumsi Energi

Sistem terdiri dari sensor PZEM-004T 100A dengan CT clamp eksternal, mikrokontroler ESP32, modul OLED 0,96 inci I2C, relay 5V, modul step-down LM2596,

dan adaptor 12V sebagai sumber daya utama. ESP32 membaca data dari PZEM-004T melalui komunikasi UART pada pin GPIO16 (RX2) dan GPIO17 (TX2), kemudian menampilkan data pada OLED melalui I2C (GPIO21/SDA, GPIO22/SCL) dan mengirimkannya ke Blynk Cloud melalui WiFi 2,4 GHz. Relay dikontrol melalui GPIO26.

Instrumen Penelitian

Instrumen perangkat keras yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Instrumen Perangkat Keras

	Nama Komponen	Sfsifikasi	Fungsi
1	Mikrokontroler ESP32	Dual-core, WiFi 2,4GHz	Pusat kendali system
2	Sensor PZEM-004T	100A, CT clamp eksternal	Mengukur 8 parameter kelistrikan
3	Modul OLED 0,96 inci	I2C, 128x64 piksel	Tampilan local
4	Relay 5V	1 ch, 10A/250VAC	Kendali ON/OFF beban
5	Step-down LM2596	Input 12V, Output 5V	Regulator tegangan
6	Adaptor 12V	DC 12V output	Sumber daya utama

Berdasarkan Tabel 1, perangkat keras yang digunakan dalam sistem terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk mendukung proses pengukuran, pengendalian, dan pemantauan sistem kelistrikan. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kendali sistem dengan spesifikasi dual-core dan konektivitas Wi-Fi 2,4 GHz. Sensor PZEM-004T 100A digunakan untuk mengukur delapan parameter kelistrikan melalui CT clamp eksternal. Data hasil pengukuran kemudian dapat ditampilkan secara lokal menggunakan modul OLED berukuran 0,96 inci dengan resolusi 128×64 piksel dan komunikasi I2C.

Selain perangkat pengukuran dan pemantauan, sistem dilengkapi relay 5V 1 channel dengan kemampuan hingga 10A/250VAC yang berfungsi sebagai pengendali ON/OFF beban. Modul step-down LM2596 digunakan untuk menurunkan dan menstabilkan tegangan dari input 12V menjadi output 5V agar sesuai dengan kebutuhan beberapa komponen elektronik. Sementara itu, adaptor 12V DC digunakan sebagai sumber daya utama sistem.

Prosedur Pengujian

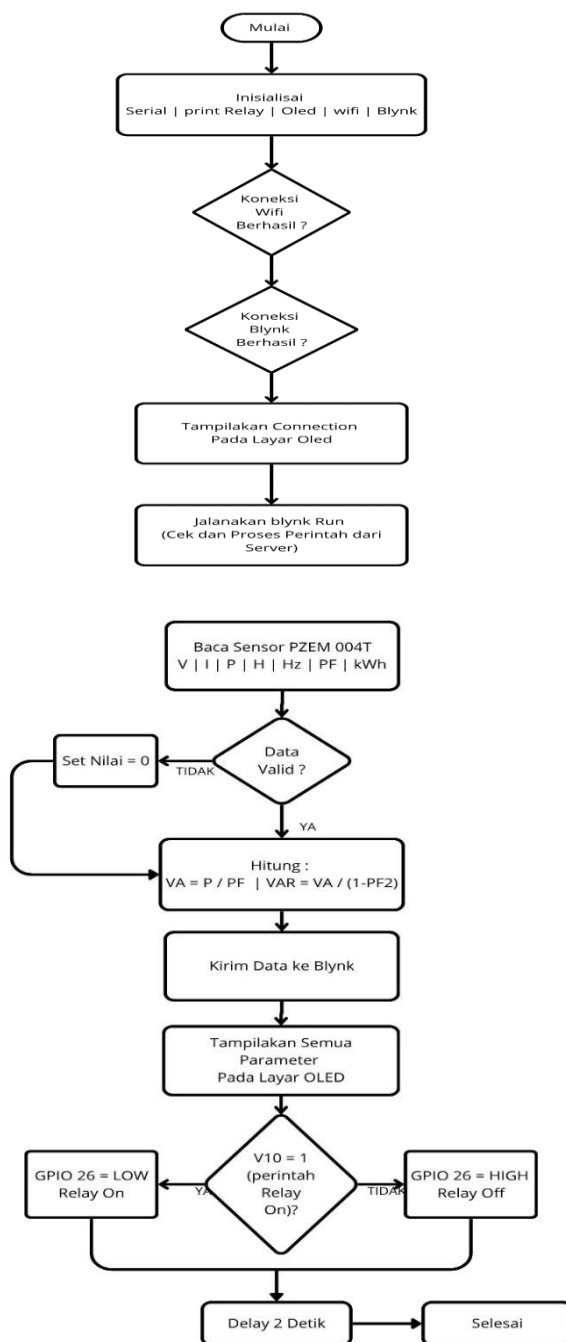
Pengujian dilakukan terhadap tiga jenis beban di ruang laboratorium SMK Ki Hajar Dewantoro. Prosedur pengujian adalah sebagai berikut:

- Beban dihubungkan ke terminal output relay sistem monitoring.
- Relay diaktifkan (kondisi ON) melalui tombol pada aplikasi Blynk.
- Setelah kondisi beban stabil, data parameter kelistrikan dicatat dari dashboard Blynk.
- Pencatatan dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap jenis beban.

- Hasil pencatatan direkap ke dalam tabel untuk dianalisis.

Flowchart penelitian

Flowchart program menggambarkan alur logika dan urutan proses yang dijalankan oleh mikrokontroler ESP32 dalam mengendalikan seluruh fungsi sistem monitoring energi listrik. Flowchart program sistem ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.

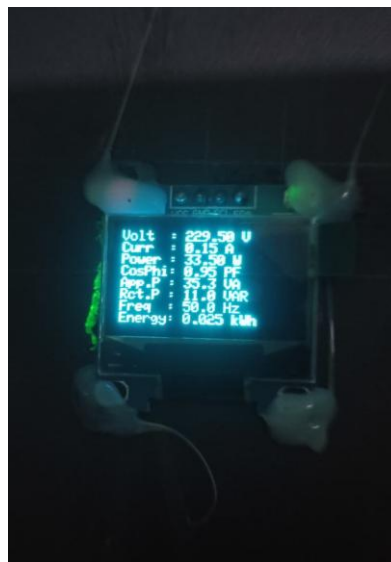
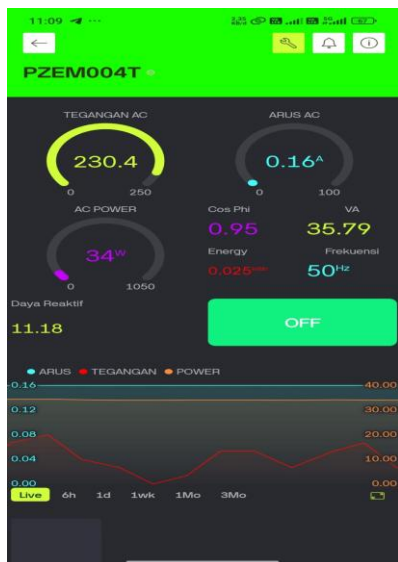


Gambar 3 Flowchart proses pengoperasian alat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Sistem berhasil diimplementasikan dan terhubung ke server Blynk Cloud melalui jaringan WiFi. Tampilan dashboard monitoring pada aplikasi Blynk ditunjukkan pada Gambar 5, sedangkan tampilan layar OLED ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampilan Dashboard Blynk

Gambar 6 Tampilan *Dashboard* layar OLED

Dashboard Blynk berhasil menampilkan delapan parameter kelistrikan secara real-time dilengkapi grafik SuperChart dan tombol kontrol relay ON/OFF. Layar OLED menampilkan seluruh parameter setelah sistem berhasil terhubung ke Blynk Cloud.

Hasil Pengujian Konektivitas

Hasil pengujian konektivitas sistem ditunjukkan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Hasil Pengujian Konektivitas Sistem

No	Aspek	Hasil	Keterangan
1	Koneksi WiFi ESP32	Berhasil ✓	±3-5 detik, jaringan 2,4 GHz
2	Koneksi ke Blynk Cloud	Berhasil ✓	Status online pada aplikasi
3	Komunikasi UART PZEM-ESP32	Berhasil ✓	Data terbaca tiap 2 detik
4	Tampilan data OLED	Berhasil ✓	8 parameter tampil bersamaan
5	Pengiriman data ke Blynk V1-V9	Berhasil ✓	Semua widget menampilkan data
6	Kontrol relay via Blynk V10	Berhasil ✓	Respons ±1-2 detik

Hasil Pengujian Beban Kipas Angin

Pengujian pertama dilakukan terhadap beban kipas angin. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Beban Kipas Angin

Pengukura n	V(v)	I(A)	P(w)	S(VA)	Q(VAR)	PF	F(Hz)
1	230.4	0.16	34.0	35.79	11.18	0.95	50.0
2	230.2	0.15	33.5	35.3	11.0	0.95	50.0
3	229.8	0.16	33.8	35.58	11.12	0.95	50.0
4	229.8	0.16	33.6	35.37	10.95	0.95	50.0
5	230.1	0.15	34.1	35.89	11.22	0.95	50.0
Rata-rata	230.0	0.156	33.8	35.59	11.09	0.95	50.0

Hasil Pengujian Beban Komputer

Pengujian kedua dilakukan terhadap beban komputer (PC desktop) di laboratorium. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Beban Komputer

Pengukura n	V(v)	I(A)	P(w)	S(VA)	Q(VAR)	PF	F(Hz)
1	233.3	0.28	45.5	65.0	46.42	0.7	50.0
2	233.1	0.28	46.6	65.63	46.22	0.7	50.0
3	233.0	0.28	44.7	63.9	45.6	0.7	50.0
4	234.0	0.28	47.1	67.3	48.1	0.7	50.0
5	234.0	0.29	46.5	66.43	47.44	0.7	50.0
Rata-rata	233.5	0.282	46.08	65.65	46.76	0.7	50.0

Hasil Pengujian Beban AC

Pengujian ketiga dilakukan terhadap beban AC di ruang laboratorium. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Beban AC

Pengukuran	V(v)	I(A)	P(w)	S(VA)	Q(VAR)	PF	F(Hz)
1	230.6	2.2	470.4	505.81	185.91	0.93	50.0
2	230.5	2.19	467.1	502.26	184.61	0.93	50.0
3	230.4	2.18	467.2	502.4	185.6	0.93	50.0
4	230.8	2.2	470.3	505.7	185.87	0.93	50.0
5	231.8	2.27	490.5	527.42	193.86	0.93	50.0
Rata-rata	230.8	2.208	473.1	508.72	187.17	0.93	50.0

Rekapitulasi dan Analisis

Data rata-rata dari seluruh pengujian dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Rata-Rata Hasil Pengujian Seluruh Beban

No	Jenis Beban	V(V)	I(A)	P(W)	S(VA)	PF	Jenis Beban
1	Kipas Angin	230.0	0.156	33.8	35.59	0.95	Resistif-Induktif
2	Komputer	233.5	0.282	46.08	65.65	0.7	Kapasitif
3	AC	230.8	2.208	473.1	508.72	0.93	Induktif

Berdasarkan hasil pengujian, tegangan PLN yang terukur berkisar 229-234V, berada dalam rentang toleransi standar PLN Indonesia ($220V \pm 5\%$). Frekuensi stabil pada 50,0 Hz. Nilai faktor daya kipas angin sebesar 0,95 tergolong sangat baik karena unit yang diuji telah dilengkapi kapasitor koreksi faktor daya internal yang mengkompensasi sifat induktif motor (Wijayanti, 2022). Komputer menunjukkan faktor daya terendah (0,70) akibat karakteristik kapasitif dari switching power supply-nya. AC memiliki faktor daya 0,93 yang baik karena sudah dilengkapi kapasitor koreksi faktor daya. Beban AC mencatat konsumsi daya tertinggi rata-rata 473,10W, jauh di atas kipas angin (33,80W) dan komputer (46,08W).

Estimasi Biaya Konsumsi Energi

Estimasi biaya listrik bulanan dihitung dengan asumsi 8 jam/hari, 22 hari kerja, tarif Rp 1.444,70/kWh, ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Estimasi Konsumsi dan Biaya Listrik per Bulan

No	Jenis Beban	P(W)	Kwh/Hari	Kwh/Bulan	Estimasi Biaya/Bulan
1	Kipas Angin	33.8	0,270	5,95	Rp 8.596
2	Komputer	46.08	0,369	8,11	Rp 11.717
3	AC	473.1	3,785	83,27	Rp 120.294
	Total	552.98	4,424	97,33	Rp 140.607

Beban AC memberikan kontribusi biaya listrik terbesar (85,6% dari total). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan AC perlu menjadi perhatian utama dalam upaya penghematan energi listrik di sekolah. Dengan adanya sistem monitoring ini, pihak sekolah dapat mengidentifikasi beban yang paling boros energi dan mengambil langkah penghematan yang lebih terukur.

SIMPULAN DAN SARAN

Sistem monitoring konsumsi energi listrik berbasis sensor PZEM-004T dan mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan pada perangkat elektronik di ruang laboratorium SMK Ki Hajar Dewantoro. Sistem berhasil membaca dan menampilkan delapan parameter kelistrikan secara real-time melalui dashboard Blynk dan layar OLED dengan tingkat keberhasilan konektivitas 100%. Kontrol relay jarak jauh berfungsi baik dengan waktu respons 1-2 detik. Beban AC mencatat konsumsi daya tertinggi (473,10W) dengan estimasi biaya Rp 120.294/bulan, sedangkan kipas angin terendah (33,80W) dengan Rp 8.596/bulan.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan menambahkan penyimpanan data historis ke database eksternal, fitur notifikasi otomatis via Telegram, pengembangan

<http://jurnal.umat.ac.id/index.php/jt/index>

menjadi sistem multi-channel untuk pemantauan beberapa ruangan, serta pengujian akurasi menggunakan alat ukur standar kalibrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizi, D., & Arinal, V. (2023). Sistem Monitoring Daya Listrik Menggunakan IoT. Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi, 4(3), 1808-1813.
- Berbasis, O., Wahyu, G., & Effendi, R. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Berbasis OLED I2C. Jurnal Teknik Elektro, 11(1).
- Desky, F.S., Hardi, S., & Harahap, M. (2022). Intensitas Konsumsi Energi Listrik dan Analisa Peluang Hemat Energi. Jurnal Energi, 4(2), 104-108.
- Fartino, N., & Syukri, M. (2020). Kajian Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Otomatis. Jurnal Teknik Elektro, 5(1), 11-18.
- Hudan, I.S. et al. (2018). Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis IoT. Jurnal Teknik Elektro UNESA.
- Jokanan, J.W., & Teknikelektro UNESA. (n.d.). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi Android, 47-55.
- Sistem, P., Konsumsi, M., & Listrik, E. (2022). Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Serta Estimasi Biaya Berbasis IoT. Jurnal Teknik, 06(1), 32-41.
- Syahfitri, A. (2025). Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya. Jurnal Teknologi Informasi.
- Udara, T. (2023). Mikrokontroler ESP32 pada Sistem IoT. Jurnal Simetrik, 181-187.
- Wijayanti, M. (2022). Prototype Smart Home dengan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT. Jurnal Teknik Informatika, 1(2), 101-107.