UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Berbasis Internet of Things (IoT)
Ayub Abdullah, Muhammad Rifqi Al Fauzan, S.Si., M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Penggunaan kWh meter konvensional dalam pemantauan konsumsi energi listrik rumah tangga hanya mampu melakukan pengukuran tanpa disertai kemampuan pengontrolan beban listrik secara otomatis. Kondisi ini menyebabkan pemakaian energi listrik yang tidak terkontrol, efisiensi penggunaan listrik yang rendah, serta tingginya biaya tagihan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *monitoring* konsumsi energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau parameter listrik secara *real-time* serta mengendalikan beban listrik secara otomatis dan jarak jauh.

Sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolah data, sensor PZEM-004T sebagai alat ukur parameter listrik, modul *relay* 5V sebagai aktuator pemutus beban, dan Aplikasi Blynk sebagai antarmuka pemantauan dan pengendalian jarak jauh berbasis *smartphone*. Sistem mampu memantau enam parameter listrik tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya secara *real-time* melalui lima fitur kontrol, yaitu *ON/OFF* langsung, batas energi, batas daya, durasi nyala (*timer*), dan jadwal waktu nyala-mati. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap alat ukur standar Wattmeter Taffware KWE-PM01 pada empat variasi waktu (06:00, 09:00, 13:00, dan 20:00) menggunakan tiga jenis beban (*charger* laptop, *magic com*, dan motor), serta menguji waktu respon *relay* dan efisiensi penghematan energi selama satu pekan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh nilai persentase *error* pengukuran sensor PZEM-004T berada di bawah batas toleransi ±5%, dengan *error* maksimum sebesar 4,3283% pada parameter daya beban *magic com* pukul 13:00–13:58. Parameter energi dan frekuensi menghasilkan persentase *error* sebesar 0% pada seluruh kondisi pengujian. Waktu respon *relay* berkisar antara 0,242 detik (fitur *ON/OFF* langsung) hingga 1,396 detik (fitur batas energi) bergantung pada kompleksitas proses pengolahan data masing-masing fitur. Pengujian keandalan sistem menunjukkan penghematan energi sebesar 31,01% pada beban Lampu LED dan 30,83% pada beban Kipas Angin, keduanya melampaui target penghematan awal sebesar 30%. Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian, sistem *monitoring* konsumsi energi listrik berbasis IoT yang dirancang dinyatakan andal dan efektif sebagai solusi pengendalian konsumsi energi listrik pada instalasi rumah tangga.

Kata kunci: *Internet of Things*, ESP32, PZEM-004T, Blynk, *monitoring* dan kontrol energi listrik, penghematan energi

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Berbasis Internet of Things (IoT)
Ayub Abdullah, Muhammad Rifqi Al Fauzan, S.Si., M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The use of conventional kWh meters for household electrical energy monitoring is limited to measurement functions only, lacking the capability for automatic load control. This condition leads to uncontrolled energy consumption, low electrical efficiency, and high electricity bills. This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based electrical energy monitoring system capable of measuring electrical parameters in real-time and controlling electrical loads both automatically and remotely.

The designed system employs an ESP32 microcontroller as the central data processing unit, a PZEM-004T sensor module for electrical parameter measurement, a 5V relay module as the load-switching actuator, and the Blynk application as the smartphone-based monitoring and remote control interface. The system is capable of monitoring six electrical parameters — voltage, current, power, energy, frequency, and power factor — in real-time through five control features: direct ON/OFF switching, energy limit, power limit, timer duration, and scheduled on/off time. Testing was conducted by comparing sensor readings against the Taffware KWE-PM01 Wattmeter standard measuring instrument across four time variations (06:00, 09:00, 13:00, and 20:00) using three types of loads (laptop charger, rice cooker, and motor), as well as evaluating relay response time and energy-saving efficiency over a one-week period.

The results show that all percentage error values of the PZEM-004T sensor measurements are below the ±5% tolerance threshold, with a maximum error of 4.3283% recorded for the power parameter of the rice cooker load at 13:00–13:58. The energy and frequency parameters yielded a 0% error across all test conditions. Relay response time ranged from 0.242 seconds (direct ON/OFF feature) to 1.396 seconds (energy limit feature), depending on the complexity of the data processing involved in each feature. System reliability testing demonstrated energy savings of 31.01% for the LED lamp load and 30.83% for the electric fan load, both exceeding the initial target of 30% energy reduction. Based on the overall test results, the IoT-based electrical energy monitoring and control system is concluded to be reliable and effective as a solution for electrical energy management in residential installations.

Key words: Internet of Things, ESP32, PZEM-004T, Blynk, electrical energy monitoring and control, energy saving