

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK PADA PERALATAN ELEKTRONIK BERBASIS APLIKASI THINGSBOARD****Muhammad Bima Satria Widiyanto<sup>1</sup>, Subuh Isnur Haryudo<sup>2</sup>, Unit Three Kartini<sup>3</sup>, Endryansyah<sup>4</sup>**

Universitas Negeri Surabaya

Email : [muhammadbima.21078@mhs.unesa.ac.id](mailto:muhammadbima.21078@mhs.unesa.ac.id), [subuhisnur@unesa.ac.id](mailto:subuhisnur@unesa.ac.id),  
[unitthree@unesa.ac.id](mailto:unitthree@unesa.ac.id), [endryansyah@unesa.ac.id](mailto:endryansyah@unesa.ac.id)**Abstract (English)**

*This research designed an electrical power monitoring system on electronic devices based on thingsboard applications. It aims to monitor electricity use in voltage, current, power, energy, frequency, and power factor scales. The design was made with a 46 cm x 33 cm x 15.2 cm equipment suitcase consisting of two measurement parts, namely conventional measurement using an ampere meter and a power meter, for monitoring measurement through the PZEM-016 sensor. Measurements were made with the load of 1 40 W incandescent lamp, 2 40 W incandescent lamps, 1 100 W incandescent lamp, 2 140 W incandescent lamps of 100 W and 40 W, respectively. Data on voltage, current, power, energy, frequency, and power factor were obtained with each lamp with a time span of 15 minutes for 2 hours. The sensor accuracy test at voltage obtained a Mean Absolute Error (MAE) value of 0.131. Then the current gets a Mean Absolute Error (MAE) value of 0.006. At power, a Mean Absolute Error (MAE) value of 0.903 was obtained. In energy, a Mean Absolute Error (MAE) value of 0.027 was obtained. At the frequency, a Mean Absolute Error (MAE) value of 0.036 was obtained. In the power factor, a Mean Absolute Error (MAE) value of 0.031 was carried out by comparing the data transmission time between ESP32 and the display time of the thingsboard application dashboard obtained an average delay of 12 ms.*

**Article History**

Submitted: 26 November 2025

Accepted: 29 Desember 2025

Published: 30 Desember 2025

**Key Words**Monitoring, PZEM-016,  
Thingsboard, Accuracy**Abstrak (Indonesia)**

Penelitian ini merancang alat sistem monitoring daya listrik pada alat elektronik berbasis aplikasi thingsboard. Bertujuan untuk monitoring penggunaan listrik dalam skala tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Perancangan dibuat dengan koper peralatan ukuran 46 cm x 33 cm x 15.2 cm yang terdiri dari dua bagian pengukuran yakni pengukuran konvensional dengan memakai ampere meter dan power meter, untuk pengukuran monitoring melalui sensor PZEM-016. Pengukuran dilakukan dengan beban 1 lampu pijar 40 W, 2 lampu pijar 40 W, 1 lampu pijar 100 W, 2 lampu 140 W pijar masing – masing 100 W dan 40 W. Data tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya didapatkan dengan masing – masing lampu dengan rentang waktu 15 menit selama 2 jam. Pengujian akurasi sensor pada tegangan mendapatkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,131. Lalu pada arus mendapatkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,006. Pada daya mendapatkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,903. Pada energi mendapatkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,027. Pada frekuensi mendapatkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,036. Pada faktor daya mendapatkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,031. Pengujian aplikasi dilakukan dengan perbandingan waktu pengiriman data antara ESP32 dengan waktu tampil dashboard aplikasi thingsboard mendapatkan hasil rata – rata delay sebesar 12 ms.

**Sejarah Artikel**

Submitted: 26 November 2025

Accepted: 29 Desember 2025

Published: 30 Desember 2025

**Kata Kunci**Monitoring, PZEM-016,  
Thingsboard, Akurasi**PENDAHULUAN**

Listrik memainkan peran kunci dalam kehidupan manusia karena perangkat modern menggunakan listrik sebagai sumber energi utama mereka. Ini termasuk elektronik rumah tangga, peralatan kantor, mesin pabrik, perangkat olahraga, dan smartphone, yang semuanya

membutuhkan listrik sebagai sumber utama mereka[1]. Saat ini, orang-orang sangat membutuhkan perangkat elektronik untuk mendukung berbagai aktivitas dalam kehidupan sehari-hari mereka. Perangkat ini diterapkan di hampir setiap bidang kehidupan dan tentu saja memerlukan pasokan daya untuk berfungsi dengan baik[2]. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM untuk tahun 2023, rata-rata konsumsi listrik per penduduk Indonesia terhitung 1.285 kWh per kapita. Angka ini mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya yakni 2022, yang tercatat 1.173 kWh per kapita. [3]. Data yang tercatat oleh PLN untuk sektor rumah tangga juga menunjukkan pertumbuhan yang cukup mencolok. Sampai dengan Juni 2024, realisasi penjualan ke pelanggan rumah tangga PLN mencapai 64,42 TWh. Jumlah tersebut meningkat sebesar 5,25 TWh, atau naik 8,87% year on year (YoY) dari tahun 2023[4].

Oleh karena itu, kesadaran masyarakat secara luas untuk berhemat energi listrik sangatlah krusial, terutama dimulai dari penggunaan skala kecil seperti di rumah tangga. Mengawasi penggunaan daya listrik merupakan tindakan penting dalam menekan konsumsi energi. Namun, penggunaan kWh meter dianggap kurang efisien untuk pemantauan karena hanya menunjukkan total daya keseluruhan dan sisa kWh yang ada di rumah[5].

Pemantauan konsumsi daya listrik merupakan bagian utama dari manajemen energi yang baik, baik di lingkungan rumah tangga maupun industri. Konsumsi listrik yang tidak terkendali dapat menyebabkan pemborosan energi, kenaikan biaya, dan dampak lingkungan yang besar akibat peningkatan emisi karbon. Dalam era digital ini, pemantauan konsumsi secara real-time menjadi lebih relevan dan memungkinkan pengelolaan energi yang lebih efektif[6].

Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini pernah dilakukan oleh Risky Sandiari dkk dengan penelitian yang berjudul “Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk” [2]. Lalu, Raja Surya Dharma Lubis dkk. dengan judul “Monitoring Penggunaan Listrik Di Ruang Berbasis Internet of Things” [7], dan Aprilianto Agung Pradana dkk dalam penelitiannya yang berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Daya Listrik 1 Fasa Pada Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things (IoT)” [5]. Namun, pada 3 penelitian tersebut masih terdapat kekurangan, yaitu terdapat kurangnya akurasi pada pengukuran arus, terdapat delay dalam pengiriman data dalam menggunakan aplikasi blynk.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring penggunaan energi listrik berbasis thingsboard yang dapat memantau konsumsi energi secara real-time, memberikan hasil akurasi sensor yang lebih akurat. Dengan adanya sistem ini, diharapkan masyarakat dapat lebih mudah memantau dan mengelola penggunaan listrik, sehingga dapat mengurangi pemborosan penggunaan listrik dan biaya tagihan listrik.

## METODE PENELITIAN

### A. Pendekatan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Metode penelitian dan pengembangan atau dikenal dengan istilah Research and Development (R&D) merupakan pendekatan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk sekaligus menguji tingkat keefektifannya. Dalam pengembangannya, tahap awal dilakukan melalui penelitian analisis kebutuhan guna merancang produk yang sesuai. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap keefektifan produk tersebut agar dapat diterapkan secara optimal di masyarakat [18].

Karakteristik utama dari metode penelitian dan pengembangan terletak pada pendekatannya yang berfokus pada penciptaan suatu model atau produk baru yang diawali dengan analisis masalah. Dari hasil analisis tersebut, dikembangkan produk atau model yang bersifat inovatif, kemudian dilakukan validasi oleh pakar serta uji coba dengan melibatkan subjek penelitian guna memperoleh umpan balik atau perbaikan [19].

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN****A. Hasil Perancangan**

Gambar 3.1 Hasil Perancangan Alat

Pada Gambar 3.1 menunjukkan hasil dari perancangan terdapat sebuah pengukuran analog, digital, dan melalui sensor PZEM-016. Tahap yang akan dilakukan selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap sensor PZEM-016 dan pengujian pada aplikasi thingsboard. Hasil perancangan juga gabungan dari desain mekanik dan rangkaian hardware yang sudah di desain sebelumnya

**B. Pembahasan****1. Hasil Desain Mekanik**

Gambar 3.2 Desain Mekanik dari Atas

Pada Gambar 3.2 perancangan desain mekanik memakai koper peralatan berukuran 46 cm x 33 cm x 15.2 cm yang terdiri dari dua bagian pengukuran yakni pengukuran konvensional dengan memakai ampere meter dan power meter lalu untuk pengukuran monitoring melalui sensor PZEM-016. Terdapat juga plug banana untuk rangkaian pada pengukuran konvensional dan untuk pengukuran arus pada sensor PZEM-016. Pada bagian pengukuran konvensional terdapat fitting lampu dan saklar. Pada bagian pengukuran monitoring terdapat komponen sensor PZEM-016, MAX-485, ESP32.





Gambar 3.3 Desain Mekanik dari Samping

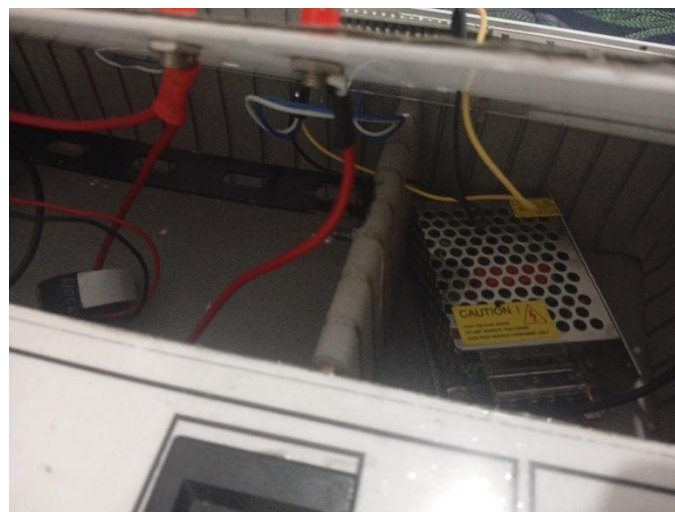
Pada Gambar 3.3 terdapat sebuah mcb untuk proteksi kelistrikan, input 220 V dan lampu indikator sebagai penanda bahwa aliran listrik sudah memasuki koper peralatan.

## 2. Hasil Rangkaian Hardware



Gambar 3.4 Rangkaian Hardware dari Atas

Pada Gambar 3.4 pemasangan dilakukan sesuai dengan wiring komponen pada yang telah dirancang pada rangkaian hardware yang terdapat pada bab 3 metode penelitian hal yang harus diperhatikan adalah output dan input komponen sesuai dengan pin yang telah dirancang.

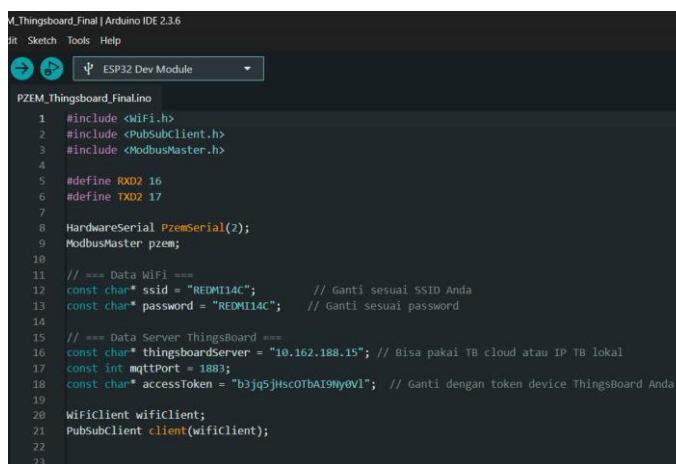


Gambar 3.5 Rangkaian Hardware dari Dalam

Pada Gambar 3.5 posisi *current transformer* dari PZEM-016 dan power supply 5V diletakkan dibawah dari desain mekanik yang sudah di rancang dengan tujuan kerapian pada desain mekanik

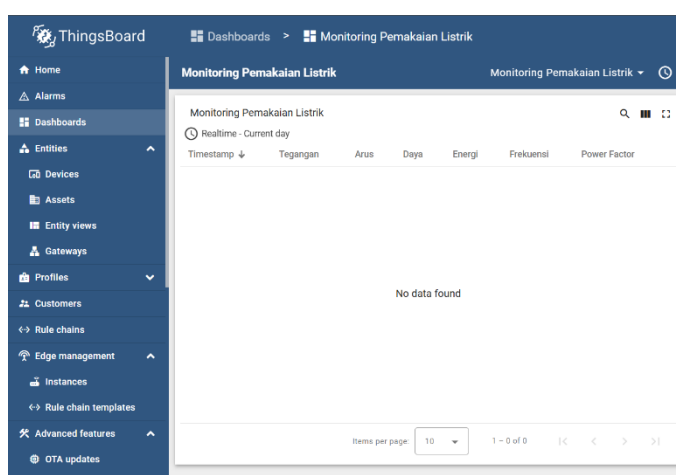
### 3. Program Software

Pembuatan program sistem monitoring daya listrik pada peralatan elektronik berbasis aplikasi thingsboard menggunakan software Arduino Ide dengan bahasa C++. Program dibuat sesuai dengan kebutuhan sistem monitoring daya listrik pada alat elektronik berbasis aplikasi thingsboard dimana terdapat input parameter tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Setelah program dibuat dapat dilakukan verifikasi dan upload program pada ESP32 yang kemudian mengirim data pada aplikasi thingsboard melalui hp dan laptop.



Gambar 3.6 Tampilan Program Arduino Ide

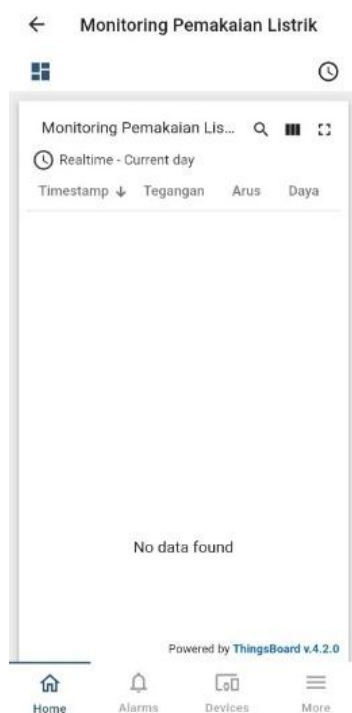
Gambar 3.6 menunjukkan program untuk pengiriman data ke thingsboard. Program menggunakan aplikasi Arduino Ide dengan Bahasa C++. Setelah program selesai dibuat, maka program di upload ke thingsboard untuk mengirim data parameter listrik dari sensor



Gambar 3.7 Tampilan Aplikasi Thingsboard di Laptop

Gambar 3.7 menunjukkan tampilan pada aplikasi thingsboard di laptop, pada tampilan tersebut menunjukkan parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, energi,

frekuensi, faktor daya, dan biaya pemakaian listrik agar pengguna dapat monitoring penggunaan listrik



Gambar 3.8 Tampilan Aplikasi Thingsboard di *Handphone*

Gambar 3.8 menunjukkan tampilan aplikasi pada *handphone*, pada tampilan tersebut sama dengan tampilan di laptop dengan menunjukkan parameter listrik namun dengan tampilan *handphone*

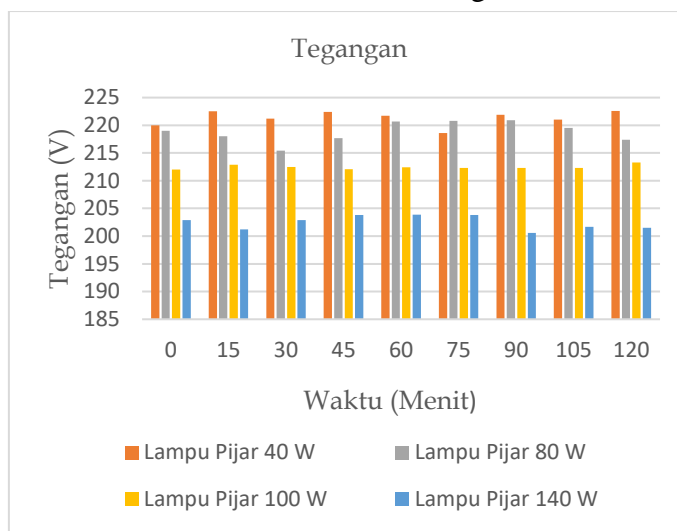
#### 4. Data Hasil Power Meter Digital

Data yang diperoleh terdiri atas nilai tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi beban berupa satu lampu pijar 40 W, dua lampu pijar 40 W, satu lampu pijar 100 W, serta dua lampu pijar yang masing-masing memiliki daya 100 W dan 40 W. Pengambilan data dilakukan selama 2 jam dengan interval pencatatan setiap 15 menit. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Beban	Waktu	Tegangan	Arus	Daya	Energi	Frekuensi	Faktor Daya
Lampu Pijar 40 W	0 Menit	220 V	0,17 A	38,6 W	0 kWh	50 Hz	1 PF
	15 Menit	222,5 V	0,17 A	39,3 W	0 kWh	50 Hz	1 PF
	30 Menit	221,2 V	0,17 A	39 W	0,02 kWh	49,9 Hz	1 PF
	45 Menit	222,4 V	0,17 A	39,3 W	0,02 kWh	49,9 Hz	1 PF
	60 Menit	221,7 V	0,17 A	39,1 W	0,03 kWh	49,9 Hz	1 PF
	75 Menit	218,6 V	0,17 A	38,3 W	0,04 kWh	50 Hz	1 PF
	90 Menit	221,9 V	0,17 A	39,2 W	0,05 kWh	50 Hz	1 PF
	105 Menit	221 V	0,17 A	38,9 W	0,06 kWh	49,9 Hz	1 PF
	120 Menit	222,6 V	0,17 A	39,4 W	0,07 kWh	49,9 Hz	1 PF
Lampu Pijar 80 W	0 Menit	219 V	0,34 A	76,2 W	0 kWh	49,9 Hz	1 PF
	15 Menit	218 V	0,34 A	75,7 W	0,01 kWh	49,9 Hz	1 PF
	30 Menit	215,4 V	0,34 A	74,4 W	0,03 kWh	50 Hz	1 PF
	45 Menit	217,7 V	0,34 A	75,6 W	0,05 kWh	50 Hz	1 PF
	60 Menit	220,7 V	0,34 A	77,1 W	0,07 kWh	50 Hz	1 PF
	75 Menit	220,8 V	0,34 A	77,2 W	0,09 kWh	49,9 Hz	1 PF
	90 Menit	220,9 V	0,34 A	77,2 W	0,11 kWh	50 Hz	1 PF
	105 Menit	219,5 V	0,34 A	76,6 W	0,13 kWh	49,9 Hz	1 PF
	120 Menit	217,4 V	0,34 A	75,4 W	0,15 kWh	49,9 Hz	1 PF
Lampu Pijar 100 W	0 Menit	212 V	0,41 A	88,1 W	0 kWh	49,9 Hz	1 PF
	15 Menit	212,9 V	0,41 A	88,6 W	0,02 kWh	50 Hz	1 PF
	30 Menit	212,5 V	0,41 A	88,4 W	0,04 kWh	50 Hz	1 PF
	45 Menit	212,1 V	0,41 A	88,1 W	0,06 kWh	49,9 Hz	1 PF
	60 Menit	212,4 V	0,41 A	88,3 W	0,08 kWh	49,9 Hz	1 PF
	75 Menit	212,3 V	0,41 A	88,3 W	0,11 kWh	50 Hz	1 PF
	90 Menit	212,3 V	0,41 A	88,3 W	0,13 kWh	49,9 Hz	1 PF
	105 Menit	212,3 V	0,41 A	88,3 W	0,15 kWh	50 Hz	1 PF
	120 Menit	213,3 V	0,41 A	88,9 W	0,17 kWh	49,9 Hz	1 PF
Lampu Pijar 140 W	0 Menit	202,9 V	0,57 A	116,1 W	0 kWh	50 Hz	1 PF
	15 Menit	201,2 V	0,57 A	114,8 W	0,02 kWh	49,9 Hz	1 PF
	30 Menit	202,9 V	0,57 A	116,3 W	0,05 kWh	50 Hz	1 PF
	45 Menit	203,8 V	0,57 A	117 W	0,08 kWh	50 Hz	1 PF
	60 Menit	203,9 V	0,57 A	117 W	0,11 kWh	49,9 Hz	1 PF
	75 Menit	203,8 V	0,57 A	117,1 W	0,14 kWh	50 Hz	1 PF
	90 Menit	200,6 V	0,57 A	114,2 W	0,17 kWh	50 Hz	1 PF
	105 Menit	201,7 V	0,57 A	115,2 W	0,2 kWh	49,9 Hz	1 PF
	120 Menit	201,5 V	0,57 A	115 W	0,23 kWh	49,9 Hz	1 PF

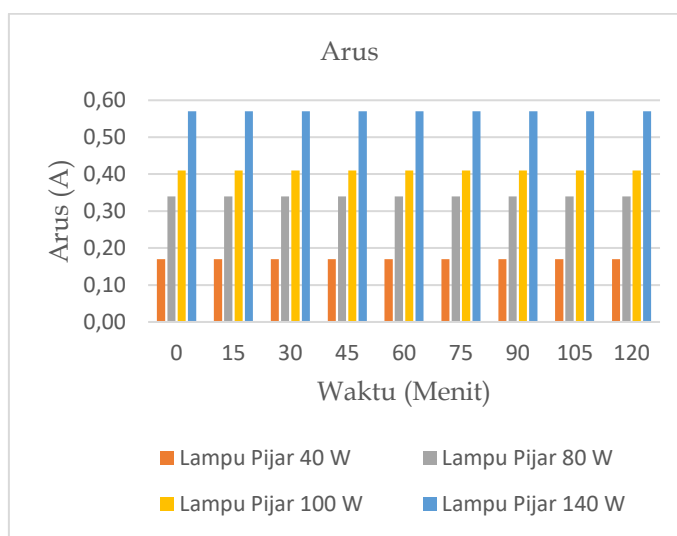
Tabel 3.1 Data Hasil Power Meter Digital

Pada Tabel 3.1 menyajikan data hasil power meter digital dengan beban 1 lampu pijar 40 W, 2 lampu pijar 40 W, 1 lampu pijar 100 W, dan 2 lampu pijar masing – masing 1 lampu pijar 100 W dan 1 lampu 40 W dengan kurun waktu 2 jam dan rentang waktu 15 menit. Pada tabel tersebut menunjukkan data dari tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya.



Gambar 3.9 Grafik Data Tegangan Power Meter Digital

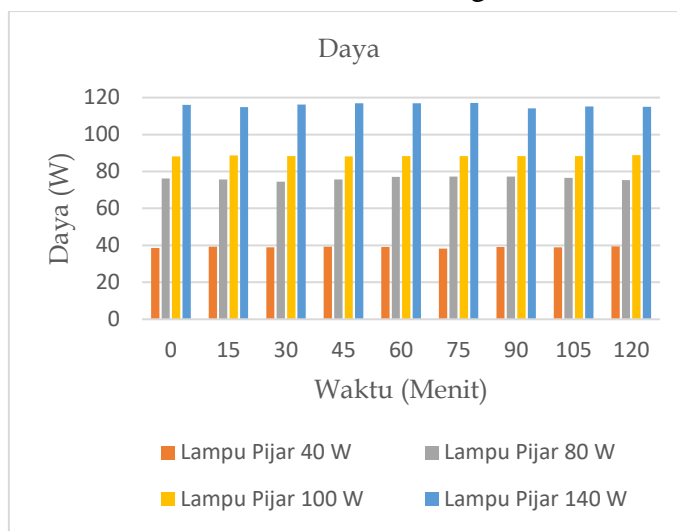
Grafik pada Gambar 3.9 menunjukkan perubahan nilai tegangan terhadap waktu. Secara umum, seluruh kurva menunjukkan bahwa tegangan relatif stabil pada setiap variasi beban, hanya mengalami fluktuasi kecil di sekitar nilai rata-rata, sehingga penambahan beban hingga 140 W tidak menimbulkan penurunan tegangan yang signifikan dan kualitas suplai tegangan tetap terjaga.



Gambar 3.10 Grafik Data Arus Power Meter Digital

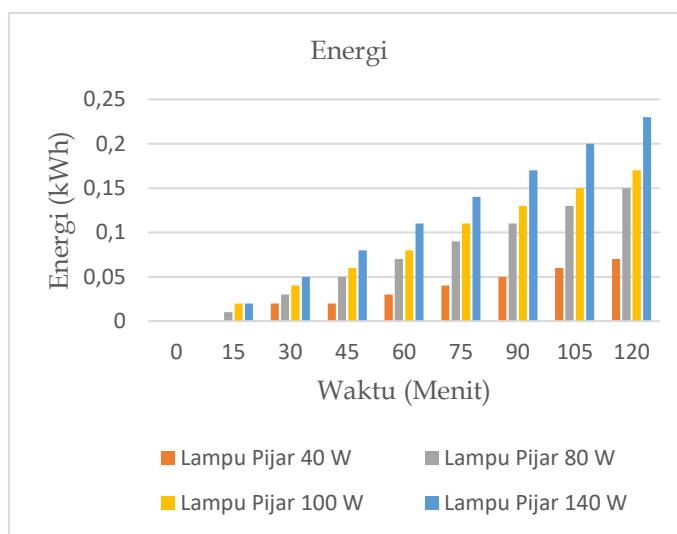
Dari grafik 4.10 terlihat bahwa nilai arus untuk setiap beban relatif konstan sepanjang waktu, dan secara umum semakin besar daya beban maka semakin besar pula arus yang mengalir,





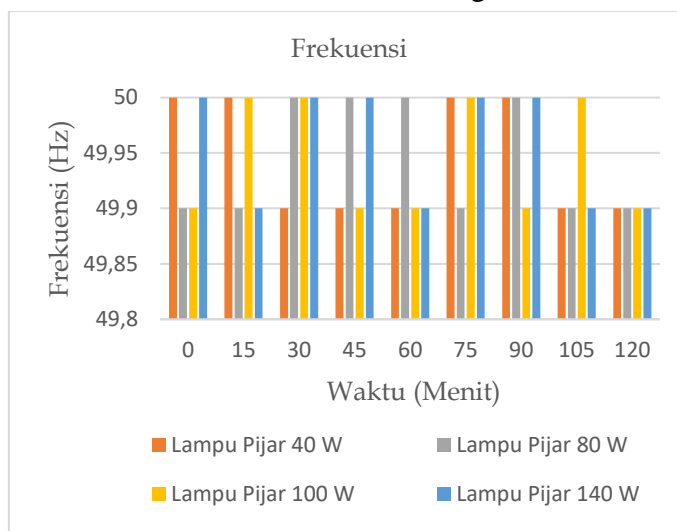
Gambar 3.11 Grafik Data Daya Power Meter Digital

Grafik pada Gambar 3.11 terlihat bahwa nilai daya untuk setiap beban relatif konstan sepanjang waktu dan berada di sekitar nilai dayanya masing-masing, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem mampu mempertahankan daya keluaran sesuai spesifikasi beban tanpa terjadi perubahan signifikan selama periode pengujian.



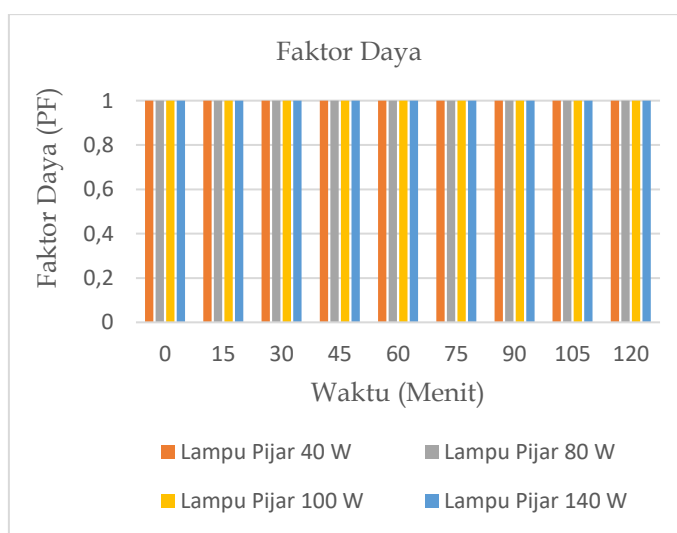
Gambar 3.12 Grafik Data Energi Power Meter Digital

Pada Gambar 3.12 ditunjukkan sebuah grafik energi dari masing – masing beban. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beban maka semakin besar energi yang terpakai dalam waktu yang sama



Gambar 3.13 Grafik Data Frekuensi Power Meter Digital

Grafik pada Gambar 3.13 menunjukkan Nilai frekuensi yang terukur berada di sekitar 49,9–50 Hz dan hanya mengalami fluktuasi yang sangat kecil untuk setiap variasi beban.



Gambar 3.14 Grafik Data Faktor Daya Power Meter Digital

Grafik pada Gambar 3.14 terlihat bahwa faktor daya untuk seluruh variasi beban bernilai tetap sekitar 1 pada setiap waktu pengukuran, sehingga dapat disimpulkan bahwa beban lampu pijar yang digunakan bersifat hampir sepenuhnya resistif

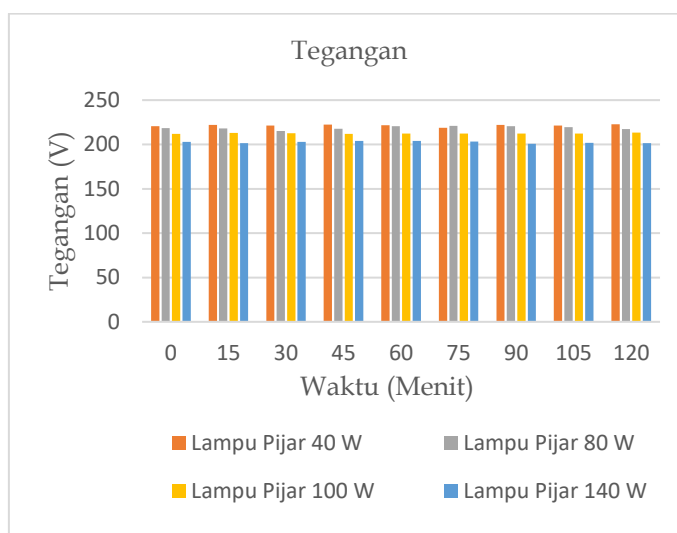
## 5. Data Hasil Sensor PZEM-016

Data yang diperoleh terdiri atas nilai tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi beban berupa satu lampu pijar 40 W, dua lampu pijar 40 W, satu lampu pijar 100 W, serta dua lampu pijar yang masing-masing memiliki daya 100 W dan 40 W. Pengambilan data dilakukan selama 2 jam dengan interval pencatatan setiap 15 menit. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Beban	Waktu	Tegangan	Arus	Daya	Energi	Frekuensi	Faktor Daya
Lampu Pijar 40 W	0 Menit	220,6 V	0,18 A	38,5 W	0 kWh	50 Hz	0,92 PF
	15 Menit	222,2 V	0,18 A	38,5 W	0 kWh	49,9 Hz	0,92 PF
	30 Menit	221,4 V	0,18 A	38,5 W	0,02 kWh	50 Hz	0,92 PF
	45 Menit	222,4 V	0,18 A	38,5 W	0,02 kWh	50 Hz	0,91 PF
	60 Menit	221,8 V	0,18 A	38,5 W	0,04 kWh	49,9 Hz	0,92 PF
	75 Menit	218,7 V	0,18 A	37,5 W	0,05 kWh	50 Hz	0,91 PF
	90 Menit	221,9 V	0,18 A	38,5 W	0,06 kWh	50 Hz	0,92 PF
	105 Menit	221,2 V	0,18 A	38,5 W	0,07 kWh	50 Hz	0,93 PF
	120 Menit	222,7 V	0,18 A	37,6 W	0,08 kWh	50 Hz	0,95 PF
Lampu Pijar 80 W	0 Menit	218,4 V	0,33 A	73,2 W	0 kWh	49,9 Hz	0,98 PF
	15 Menit	218 V	0,33 A	73,2 W	0,01 kWh	50 Hz	0,99 PF
	30 Menit	215,3 V	0,33 A	72,3 W	0,03 kWh	50 Hz	0,99 PF
	45 Menit	217,7 V	0,33 A	73,2 W	0,05 kWh	50 Hz	0,99 PF
	60 Menit	220,5 V	0,34 A	75,1 W	0,07 kWh	50 Hz	0,97 PF
	75 Menit	220,8 V	0,34 A	75,1 W	0,09 kWh	49,9 Hz	0,97 PF
	90 Menit	220,7 V	0,34 A	75,1 W	0,11 kWh	50 Hz	0,97 PF
	105 Menit	219,4 V	0,34 A	74,2 W	0,13 kWh	50 Hz	0,97 PF
	120 Menit	217,5 V	0,33 A	73,2 W	0,15 kWh	50 Hz	0,99 PF
Lampu Pijar 100 W	0 Menit	212 V	0,42 A	88 W	0 kWh	49,9 Hz	0,98 PF
	15 Menit	212,9 V	0,42 A	88 W	0,02 kWh	50 Hz	0,98 PF
	30 Menit	212,5 V	0,42 A	88 W	0,04 kWh	50 Hz	0,98 PF
	45 Menit	212 V	0,42 A	88 W	0,07 kWh	50 Hz	0,98 PF
	60 Menit	212,2 V	0,42 A	88 W	0,09 kWh	49,9 Hz	0,98 PF
	75 Menit	212,2 V	0,42 A	88 W	0,11 kWh	50 Hz	0,98 PF
	90 Menit	212,2 V	0,42 A	88 W	0,13 kWh	50 Hz	0,98 PF
	105 Menit	212,2 V	0,42 A	88 W	0,15 kWh	50 Hz	0,98 PF
	120 Menit	213,2 V	0,41 A	88 W	0,18 kWh	49,9 Hz	1 PF
Lampu Pijar 140 W	0 Menit	202,9 V	0,57 A	116 W	0 kWh	50 Hz	1 PF
	15 Menit	201,3 V	0,57 A	114 W	0,03 kWh	50 Hz	0,99 PF
	30 Menit	202,9 V	0,57 A	116 W	0,06 kWh	50 Hz	1 PF
	45 Menit	203,9 V	0,57 A	117 W	0,09 kWh	50 Hz	1 PF
	60 Menit	204 V	0,57 A	116 W	0,12 kWh	50 Hz	0,99 PF
	75 Menit	203,1 V	0,57 A	116 W	0,15 kWh	50 Hz	0,99 PF
	90 Menit	200,6 V	0,57 A	114 W	0,18 kWh	50 Hz	0,99 PF
	105 Menit	201,8 V	0,57 A	115 W	0,21 kWh	50 Hz	0,99 PF
	120 Menit	201,5 V	0,57 A	115 W	0,24 kWh	50 Hz	0,99 PF

Tabel 3.2 Data Hasil Sensor

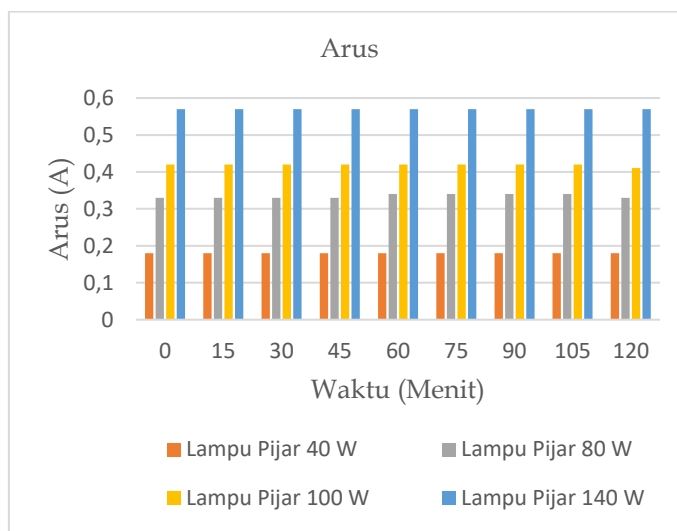
Pada Tabel 3.2 ditunjukkan data hasil sensor PZEM-016 dengan beban 1 lampu pijar 40 W, 2 lampu pijar 40 W, 1 lampu pijar 100 W, dan 2 lampu pijar masing – masing 1 lampu pijar 100 W dan 1 lampu 40 W dengan kurun waktu 2 jam dan rentang waktu 15 menit. Pada tabel tersebut menunjukkan data dari tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya.



Gambar 3.15 Grafik Data Tegangan Sensor

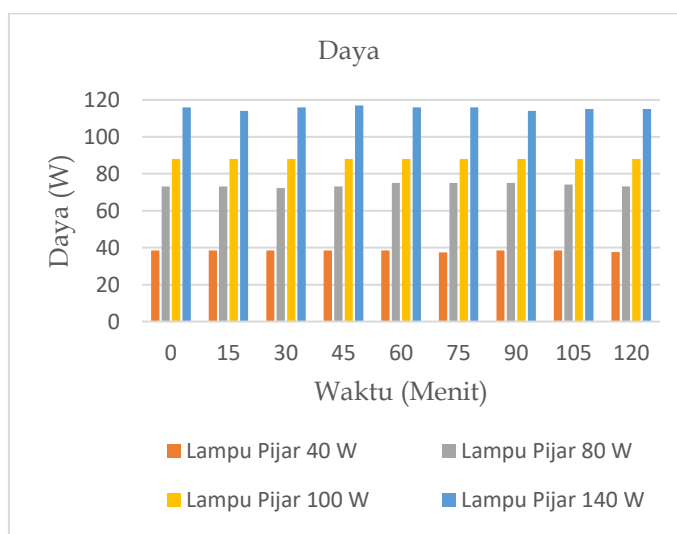
Grafik pada Gambar 3.15 menunjukkan tegangan yang terbaca sensor pada setiap variasi beban berada pada kisaran sekitar 200–225 V dan hanya mengalami

fluktuasi kecil di sekitar nilai rata-ratanya, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor mampu mengukur tegangan dengan cukup stabil meskipun terjadi perubahan beban.



Gambar 3.16 Grafik Data Arus Sensor

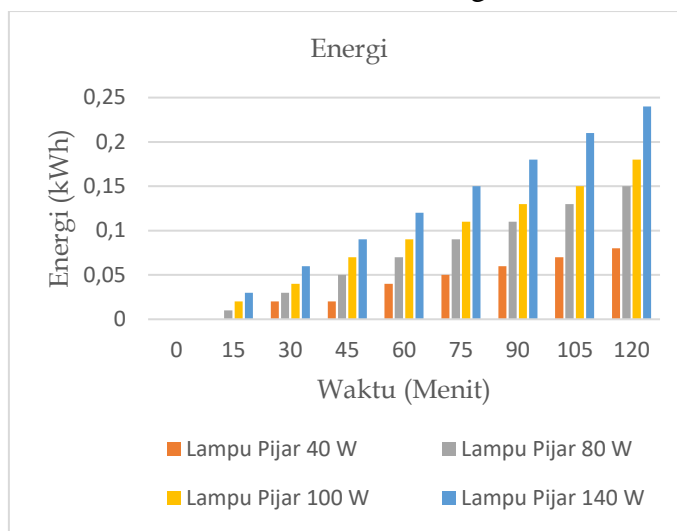
Grafik pada Gambar 3.16 terlihat bahwa nilai arus untuk masing-masing beban relatif konstan dan naik seiring dengan pertambahan daya beban, sehingga dapat dikatakan bahwa sensor arus mampu mengukur perubahan arus sesuai karakteristik beban dan tetap stabil selama periode pengujian.



Gambar 3.17 Grafik Data Daya Sensor

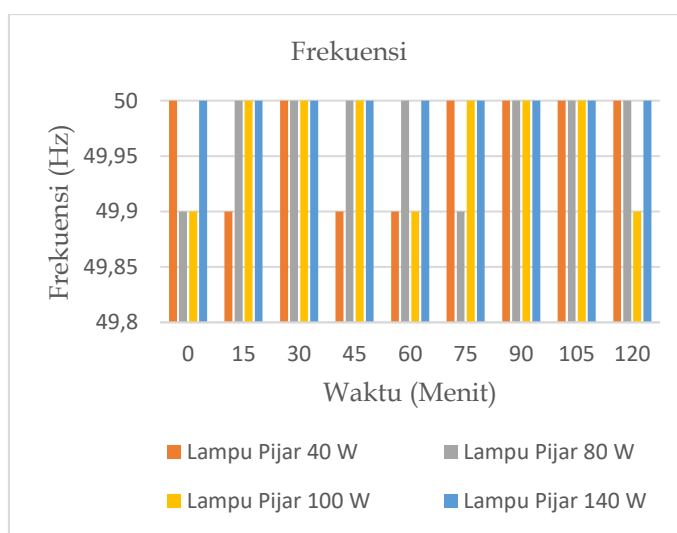
Grafik pada Gambar 3.17 Terlihat bahwa nilai daya hasil pembacaan sensor untuk setiap variasi beban berada di sekitar nilai dayanya masing-masing dan hanya mengalami perubahan kecil sepanjang waktu, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor daya mampu mengukur besaran daya dengan cukup stabil dan sesuai karakteristik beban selama proses pengujian.





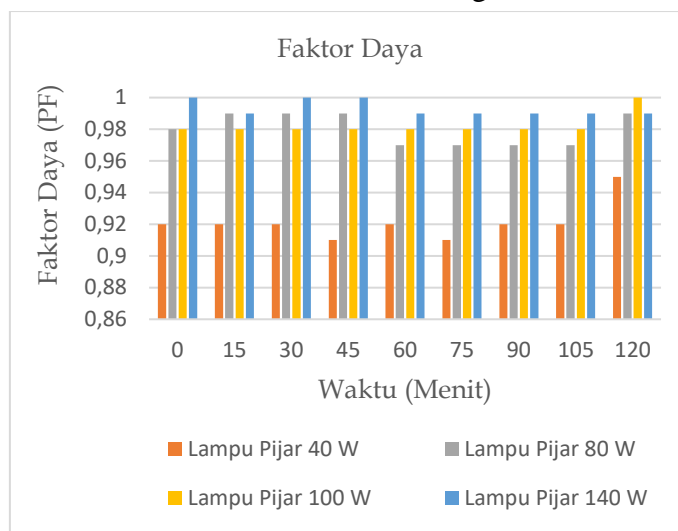
Gambar 3.18 Grafik Data Energi Sensor

Pada Gambar 3.12 ditunjukkan sebuah grafik energi dari masing – masing beban. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beban maka semakin besar energi yang terpakai dalam waktu yang sama



Gambar 3.19 Grafik Data Frekuensi Sensor

Grafik pada Gambar 3.19 terlihat bahwa nilai frekuensi hasil pembacaan sensor berada di sekitar 49,9–50 Hz dan hanya mengalami fluktuasi yang sangat kecil pada setiap variasi beban, namun pada beban 100 W nilai frekuensi stabil dari awal pengujian hingga akhir pengujian dengan nilai frekuensi sebesar 50 Hz



Gambar 3.20 Grafik Data Faktor Daya Sensor

Grafik pada Gambar 3.20 terlihat bahwa faktor daya untuk beban 80 W, 100 W, dan 140 W berada pada kisaran sekitar 0,97–1,00 sehingga bersifat mendekati resistif murni, sedangkan pada beban 40 W nilai faktor daya sedikit lebih rendah namun masih relatif stabil, yang menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan faktor daya sesuai variasi beban.

#### 6. Pengujian Sensor PZEM-016

Pada pengujian sensor terbagi menjadi beberapa pembagian pengujian yaitu pengujian tegangan, pengujian arus, pengujian daya, pengujian energi, pengujian frekuensi, dan pengujian faktor daya. Pada pengujian ini menggunakan beban 1 lampu pijar 40 W, 2 lampu pijar 40 W, 1 lampu pijar 100 W, dan 2 lampu pijar dengan masing – masing 1 lampu pijar 100 W dan 1 lampu pijar 40 W. Pada masing – masing pengujian menjelaskan mengenai tingkat akurasi pembacaan sensor dengan dalam kurun waktu 2 jam dan setiap 15 menit akan di catat hasil pembacaannya.

Perhitungan tingkat kesalahan pengukuran sensor PZEM-016 dilakukan menggunakan parameter *Mean Absolute Error* (MAE). MAE dipilih karena mampu memberikan gambaran rata-rata besar penyimpangan absolut antara nilai pengukuran sensor dan nilai pengukuran power meter digital tanpa mempermasalahkan arah selisihnya (lebih besar atau lebih kecil). Dengan demikian, semakin kecil nilai MAE yang diperoleh, maka semakin tinggi tingkat keakuratan pengukuran sensor PZEM-016 terhadap alat ukur standar. Rumus MAE dapat dilihat di persamaan 4.1:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (4.1)$$

$x_i$  = hasil pengukuran sensor ke – i

$y_i$  = hasil pengukuran power meter digital ke – i

$n$  = jumlah sampel pengukuran

## a. Pengujian Tegangan

Beban	Waktu	Tegangan (V)		Selisih (Absolut)
		Sensor PZEM-016	Power Meter Digital	
Lampu Pijar 40 W	0 Menit	220,6	220	0,6
	15 Menit	222,2	222,5	0,3
	30 Menit	221,4	221,2	0,2
	45 Menit	222,4	222,4	0
	60 Menit	221,8	221,7	0,1
	75 Menit	218,7	218,6	0,1
	90 Menit	221,9	221,9	0
	105 Menit	221,2	221	0,2
	120 Menit	222,7	222,6	0,1
Lampu Pijar 80 W	0 Menit	219	218,4	0,6
	15 Menit	218	218	0
	30 Menit	215,3	215,4	0,1
	45 Menit	217,7	217,7	0
	60 Menit	220,5	220,7	0,2
	75 Menit	220,8	220,8	0
	90 Menit	220,7	220,9	0,2
	105 Menit	219,4	219,5	0,1
	120 Menit	217,5	217,4	0,1
Lampu Pijar 100 W	0 Menit	212	212	0
	15 Menit	212,9	212,9	0
	30 Menit	212,5	212,5	0
	45 Menit	212	212,1	0,1
	60 Menit	212,2	212,4	0,2
	75 Menit	212,2	212,3	0,1
	90 Menit	212,2	212,3	0,1
	105 Menit	212,2	212,3	0,1
	120 Menit	213,2	213,3	0,1
Lampu Pijar 140 W	0 Menit	202,9	202,9	0
	15 Menit	201,3	201,2	0,1
	30 Menit	202,9	202,9	0
	45 Menit	203,9	203,8	0,1
	60 Menit	204	203,9	0,1
	75 Menit	203,1	203,8	0,7
	90 Menit	200,6	200,6	0
	105 Menit	201,8	201,7	0,1
	120 Menit	201,5	201,5	0
Mean Absolute Error				0,131

Tabel 3.3 Pengujian Tegangan

Tabel 3.3 tersebut menyajikan hasil pengukuran tegangan listrik menggunakan sensor PZEM-016 yang dibandingkan dengan power meter digital pada beberapa jenis beban lampu pijar dan berbagai waktu pengamatan. Nilai selisih antara hasil pengukuran sensor dan power meter digital dinyatakan sebagai selisih absolut pada setiap titik pengukuran, yang kemudian dihitung rata-ratanya sehingga diperoleh nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,131. Besarnya MAE yang relatif kecil tersebut menunjukkan bahwa akurasi pengukuran tegangan oleh sensor PZEM-016 sangat akurat berada sangat dekat dengan nilai tegangan yang dibaca power meter digital.

## b. Pengujian Arus

Beban	Waktu	Arus (A)		Selisih (Absolut)
		Sensor PZEM-016	Power Meter Digital	
Lampu Pijar 40 W	0 Menit	0,18	0,17	0,01
	15 Menit	0,18	0,17	0,01
	30 Menit	0,18	0,17	0,01
	45 Menit	0,18	0,17	0,01
	60 Menit	0,18	0,17	0,01
	75 Menit	0,18	0,17	0,01
	90 Menit	0,18	0,17	0,01
	105 Menit	0,18	0,17	0,01
	120 Menit	0,18	0,17	0,01
Lampu Pijar 80 W	0 Menit	0,33	0,34	0,01
	15 Menit	0,33	0,34	0,01
	30 Menit	0,33	0,34	0,01
	45 Menit	0,33	0,34	0,01
	60 Menit	0,34	0,34	0
	75 Menit	0,34	0,34	0
	90 Menit	0,34	0,34	0
	105 Menit	0,34	0,34	0
	120 Menit	0,33	0,34	0,01
Lampu Pijar 100 W	0 Menit	0,42	0,41	0,01
	15 Menit	0,42	0,41	0,01
	30 Menit	0,42	0,41	0,01
	45 Menit	0,42	0,41	0,01
	60 Menit	0,42	0,41	0,01
	75 Menit	0,42	0,41	0,01
	90 Menit	0,42	0,41	0,01
	105 Menit	0,42	0,41	0,01
	120 Menit	0,41	0,41	0
Lampu Pijar 140 W	0 Menit	0,57	0,57	0
	15 Menit	0,57	0,57	0
	30 Menit	0,57	0,57	0
	45 Menit	0,57	0,57	0
	60 Menit	0,57	0,57	0
	75 Menit	0,57	0,57	0
	90 Menit	0,57	0,57	0
	105 Menit	0,57	0,57	0
	120 Menit	0,57	0,57	0
Mean Absolute Error				0,006

Tabel 3.4 Pengujian Arus

Tabel 3.4 tersebut menyajikan hasil pengukuran arus listrik menggunakan sensor PZEM-016 yang dibandingkan dengan power meter digital pada beberapa jenis beban lampu pijar dan berbagai waktu pengamatan. Nilai selisih antara hasil pengukuran sensor dan power meter digital dinyatakan sebagai selisih absolut pada setiap titik pengukuran, yang kemudian dihitung rata-ratanya sehingga diperoleh nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,006. Besarnya MAE yang relatif kecil tersebut menunjukkan bahwa akurasi pengukuran tegangan oleh sensor PZEM-016 sangat akurat dikarenakan berada sangat dekat dengan nilai tegangan yang dibaca power meter digital



## c. Pengujian Daya

Beban	Waktu	Daya (W)		Selisih (Absolut)
		Sensor PZEM-016	Power Meter Digital	
Lampu Pijar 40 W	0 Menit	38,5	38,6	0,1
	15 Menit	38,5	39,3	0,8
	30 Menit	38,5	39	0,5
	45 Menit	38,5	39,3	0,8
	60 Menit	38,5	39,1	0,6
	75 Menit	37,5	38,3	0,8
	90 Menit	38,5	39,2	0,7
	105 Menit	38,5	38,9	0,4
	120 Menit	39,4	39,4	0
Lampu Pijar 80 W	0 Menit	73,2	76,2	3
	15 Menit	73,2	75,7	2,5
	30 Menit	72,3	74,4	2,1
	45 Menit	73,2	75,6	2,4
	60 Menit	75,1	77,1	2
	75 Menit	75,1	77,2	2,1
	90 Menit	75,1	77,2	2,1
	105 Menit	74,2	76,6	2,4
	120 Menit	73,2	75,4	2,2
Lampu Pijar 100 W	0 Menit	88	88,1	0,1
	15 Menit	88	88,6	0,6
	30 Menit	88	88,4	0,4
	45 Menit	88	88,1	0,1
	60 Menit	88	88,3	0,3
	75 Menit	88	88,3	0,3
	90 Menit	88	88,3	0,3
	105 Menit	88	88,3	0,3
	120 Menit	88	88,9	0,9
Lampu Pijar 140 W	0 Menit	116	116,1	0,1
	15 Menit	114	114,8	0,8
	30 Menit	116	116,3	0,3
	45 Menit	117	117	0
	60 Menit	116	117	1
	75 Menit	116	117,1	1,1
	90 Menit	114	114,2	0,2
	105 Menit	115	115,2	0,2
	120 Menit	115	115	0
Mean Absolute Error				0,903

Tabel 3.5 Pengujian Daya

Tabel 3.5 menyajikan hasil pengujian daya listrik yang diukur menggunakan sensor PZEM-016 dan kemudian dibandingkan dengan nilai daya yang dibaca oleh power meter digital untuk beberapa jenis beban lampu pijar pada berbagai interval waktu pengamatan. Rata-rata Mean Absolute Error (MAE) yang diperoleh dari keseluruhan data pengukuran adalah sebesar 0,503, yang menunjukkan bahwa kemampuan sensor PZEM-016 dalam mengukur daya listrik cukup akurat dan sebanding dengan power meter digital

## d. Pengujian Akurasi Energi

Beban	Waktu	Energi (kWh)		Selisih (Absolut)
		Sensor PZEM-016	Power Meter Digital	
Lampu Pijar 40 W	0 Menit	0	0	0
	15 Menit	0	0	0
	30 Menit	0,02	0,02	0
	45 Menit	0,02	0,02	0
	60 Menit	0,04	0,03	0,01
	75 Menit	0,05	0,04	0,01
	90 Menit	0,06	0,05	0,01
	105 Menit	0,07	0,06	0,01
	120 Menit	0,08	0,07	0,01
Lampu Pijar 80 W	0 Menit	0	0	0
	15 Menit	0,01	0,01	0
	30 Menit	0,03	0,03	0
	45 Menit	0,05	0,05	0
	60 Menit	0,07	0,07	0
	75 Menit	0,09	0,09	0
	90 Menit	0,11	0,11	0
	105 Menit	0,13	0,13	0
	120 Menit	0,15	0,15	0
Lampu Pijar 100 W	0 Menit	0	0	0
	15 Menit	0,02	0,02	0
	30 Menit	0,04	0,04	0
	45 Menit	0,07	0,06	0,01
	60 Menit	0,09	0,08	0,01
	75 Menit	0,11	0,11	0
	90 Menit	0,13	0,13	0
	105 Menit	0,15	0,15	0
	120 Menit	0,18	0,17	0,01
Lampu Pijar 140 W	0 Menit	0	0	0
	15 Menit	0,03	0,02	0,5
	30 Menit	0,06	0,05	0,2
	45 Menit	0,09	0,08	0,125
	60 Menit	0,12	0,11	0,01
	75 Menit	0,15	0,14	0,01
	90 Menit	0,18	0,17	0,01
	105 Menit	0,21	0,2	0,01
	120 Menit	0,24	0,23	0,01
Mean Absolute Error				0,027

Tabel 3.6 Pengujian Akurasi Energi

Tabel 3.6 menyajikan hasil pengujian energi listrik yang diukur menggunakan sensor PZEM-016 dan kemudian dibandingkan dengan nilai daya yang dibaca oleh power meter digital untuk beberapa jenis beban lampu pijar pada berbagai interval waktu pengamatan. Rata-rata Mean Absolute Error (MAE) yang diperoleh dari keseluruhan data pengukuran adalah sebesar 0,027, yang menunjukkan bahwa kemampuan sensor PZEM-016 dalam mengukur daya listrik sangat akurat dan sebanding dengan power meter digital

## e. Pengujian Akurasi Frekuensi

Beban	Waktu	Frekuensi (Hz)		Selisih (Absolut)
		Sensor PZEM-016	Power Meter Digital	
Lampu Pijar 40 W	0 Menit	50	49,9	0,1
	15 Menit	49,9	50	0,1
	30 Menit	50	50	0
	45 Menit	49,9	49,9	0
	60 Menit	49,9	49,9	0
	75 Menit	50	50	0
	90 Menit	50	50	0
	105 Menit	50	49,9	0,1
	120 Menit	50	49,9	0,1
Lampu Pijar 80 W	0 Menit	49,9	49,9	0
	15 Menit	50	49,9	0,1
	30 Menit	50	50	0
	45 Menit	50	50	0
	60 Menit	50	50	0
	75 Menit	49,9	49,9	0
	90 Menit	50	50	0
	105 Menit	50	49,9	0,1
	120 Menit	50	49,9	0,1
Lampu Pijar 100 W	0 Menit	49,9	49,9	0
	15 Menit	50	50	0
	30 Menit	50	50	0
	45 Menit	50	49,9	0,1
	60 Menit	49,9	49,9	0
	75 Menit	50	50	0
	90 Menit	50	49,9	0,1
	105 Menit	50	50	0
	120 Menit	49,9	49,9	0
Lampu Pijar 140 W	0 Menit	50	50	0
	15 Menit	50	49,9	0,1
	30 Menit	50	50	0
	45 Menit	50	50	0
	60 Menit	50	49,9	0,1
	75 Menit	50	50	0
	90 Menit	50	50	0
	105 Menit	50	49,9	0,1
	120 Menit	50	49,9	0,1
Mean Absolute Error				0,036

Tabel 3.7 Pengujian Akurasi Frekuensi

Tabel 3.7 tersebut menyajikan hasil pengukuran tegangan listrik menggunakan sensor PZEM-016 yang dibandingkan dengan power meter digital pada beberapa jenis beban lampu pijar dan berbagai waktu pengamatan. Nilai selisih antara hasil pengukuran sensor dan power meter digital dinyatakan sebagai selisih absolut pada setiap titik pengukuran, yang kemudian dihitung rata-ratanya sehingga diperoleh nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,036. Besarnya MAE yang relatif kecil tersebut menunjukkan bahwa akurasi pengukuran tegangan oleh sensor PZEM-016 sangat akurat dikarenakan berada sangat dekat dengan nilai tegangan yang dibaca power meter digital

## f. Pengujian Akurasi Faktor Daya

Beban	Waktu	Faktor Daya (PF)		Selisih (Absolut)
		Sensor PZEM-016	Power Meter Digital	
Lampu Pijar 40 W	0 Menit	0,92	1	0,08
	15 Menit	0,92	1	0,08
	30 Menit	0,92	1	0,08
	45 Menit	0,91	1	0,09
	60 Menit	0,92	1	0,08
	75 Menit	0,91	1	0,09
	90 Menit	0,92	1	0,08
	105 Menit	0,92	1	0,08
	120 Menit	0,94	1	0,06
Lampu Pijar 80 W	0 Menit	0,98	1	0,02
	15 Menit	0,99	1	0,01
	30 Menit	0,99	1	0,01
	45 Menit	0,99	1	0,01
	60 Menit	0,97	1	0,03
	75 Menit	0,97	1	0,03
	90 Menit	0,97	1	0,03
	105 Menit	0,97	1	0,03
	120 Menit	0,99	1	0,01
Lampu Pijar 100 W	0 Menit	0,98	1	0,02
	15 Menit	0,98	1	0,02
	30 Menit	0,98	1	0,02
	45 Menit	0,98	1	0,02
	60 Menit	0,98	1	0,02
	75 Menit	0,98	1	0,02
	90 Menit	0,98	1	0,02
	105 Menit	0,98	1	0,02
	120 Menit	1	1	0
Lampu Pijar 140 W	0 Menit	1	1	0
	15 Menit	0,99	1	0,01
	30 Menit	1	1	0
	45 Menit	1	1	0
	60 Menit	0,99	1	0,01
	75 Menit	0,99	1	0,01
	90 Menit	0,99	1	0,01
	105 Menit	0,99	1	0,01
	120 Menit	0,99	1	0,01
Mean Absolute Error				0,031

Tabel 3.8 Pengujian Akurasi Faktor Daya

Tabel 3.8 menyajikan hasil pengujian faktor daya listrik yang diukur menggunakan sensor PZEM-016 dan kemudian dibandingkan dengan nilai daya yang dibaca oleh power meter digital untuk beberapa jenis beban lampu pijar pada berbagai interval waktu pengamatan. Rata-rata Mean Absolute Error (MAE) yang diperoleh dari keseluruhan data pengukuran adalah sebesar 0,031, yang menunjukkan bahwa kemampuan sensor PZEM-016 dalam mengukur daya listrik sangat akurat dan sebanding dengan power meter digital

## 7. Pengujian Pengiriman Data

No	Waktu Pengiriman ESP32	Waktu Tampil Dashboard Thingsboard	Delay (ms)
1	06:20:36.259	06:20:36.265	6
2	06:35:37.086	06:35:37.065	21
3	06:50:37.393	06:50:37.385	8
4	07:05:37.737	07:05:37.743	6
5	07:20:38.182	07:20:38.177	5
6	07:35:38.531	07:35:38.510	21
7	07:50:38.812	07:50:38.829	17
8	08:05:39.408	08:05:39.420	12
9	08:20:39.657	08:20:39.670	13
Rata - rata delay			12

Tabel 3.9 Pengujian Pengiriman Data

Berdasarkan pada Tabel 3.9 menunjukkan bahwa waktu pengiriman data ESP32 dan waktu tampil pada *dashboard* thingsboard terdapat perbedaan waktu *milisecond* dengan rata – rata delay sebesar 12 ms. Hal ini dapat dikatakan bahwa aplikasi thingsboard menampilkan data sangat *realtime*



**KESIMPULAN DAN SARAN****A. Kesimpulan**

1. Perancangan sistem monitoring daya listrik pada alat elektronik berbasis aplikasi thingsboard dilakukan dengan merancang desain mekanik, rangkaian hardware, dan program software untuk mengukur parameter listrik, mengirimkan data secara berkala dengan rentang waktu 15 menit dalam 2 jam pengujian ke aplikasi thingsboard.
2. Sistem monitoring daya listrik pada peralatan elektronik berbasis aplikasi thingsboard memiliki kinerja yang baik, ditunjukkan oleh kemampuan sistem dalam membaca parameter listrik dengan akurat, dan mengirimkan data secara real time.

**B. Saran**

1. Menambahkan sistem kontrol dan alarm sehingga dapat mengetahui dan memutus listrik apabila melebihi batas yang ditentukan
2. Menambahkan peralatan elektronik agar pengujian dapat dilakukan dengan beragam beban listrik

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] M. Diki, C.F. Hadi, dan R.M. Yasi, "Sistem Kontrol dan Monitoring Distribusi Listrik Rumah Kos Berbasis Iot" vol. 06, no. 02, pp. 11-16, 2024
- [2] R. Sandiari, J.E. Candra, Z. Munir, dan R.M. Burhan, "Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk" vol. 2, no. 1, pp. 30-34, 2024
- [3] ESDM, "Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, Tahun 2023 Capai 1.285 kWh/Kapita," ESDM, 2024, <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/konsumsi-listrik-masyarakat-meningkat-tahun-2023-capai-1285-kwh-kapita>
- [4] PLN, "PLN Sukses Kerek Penjualan Listrik Semester I 2024, Tumbuh 7,54 Persen!," PLN. 2024, <https://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2024/08/pln-sukses-kerek-penjualan-listrik-semester-2024-tumbuh-754-persen>
- [5] A.A Pradana, P. Yuliantoro, S. Indriyanto, "Perancangan Sistem Monitoring Daya Listrik 1 Fasa Pada Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things (Iot)," vol.1, no.1, pp. 1-9, 2024
- [6] B.S. Batar, Dr. Rizki Ardianto Priramadhi. S.T., M.T., Denny Darlis. S.Si., M.T., "Perancangan Dan Implementasi Perangkat Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Esp32," vol. 11, no. 4, pp. 2570-2576, 2024
- [7] R.S.D. Lubis, A.A. Muayyadi, D. Perdana, "Monitoring Penggunaan Listrik Di Ruang Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 10, no. 5, pp. 4231-4236, 2023
- [8] M. Daud, A. Hasibuan, W.V. Siregar, Mursalin, R. Fachroji, "Analisis Perhitungan Penggunaan Energi Listrik Sumber DC Pada Rumah Tinggal Tipe 54 Bersumber Energi Terbarukan," vol. 5, no. 2, pp. 109-116, 2023
- [9] Prof. Dr. Budi Jatmiko M.Pd., dkk. , "Buku Ajar Fisika Dasar," 2022
- [10] A. Rachman, "Analisis Ketidakstabilan Tegangan Dan Frekuensi Pada Generator Nantong Di MV. JALES MAS," 2023
- [11] M.H. Susanta, "Pengukuran Tegangan Dan Arus Listrik Menggunakan Sensor INA 219 Berbasis Arduino Uno," vol. 3, no. 1, pp. 326-332, 2024
- [12] M.T.S. Pratika, I.N. Piarsa, A. A. Kt. A. C. Wiranatha "Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things," vol. 2, no. 3, 2021
- [13] Aska, R. Suppa, M. Muhallim, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT," vol. 13, no. 2, pp. 232-241, 2025
- [14] Yuswandari, H. Buana "Rancang Bangun Sistem Kendali Jarak Jauh Lampu Menggunakan Thingsboard Berbasis Iot," vol. 7, 2020

- [15] Peacefair, "Peacefair PZEM-014/016 AC RS485 Modbus Electric Power Consumption Meter Android Kwh Energy Meters," 2024, <https://en.peacefair.cn/product/771.html>
- [16] Espressif System, "ESP32 Datasheet," 2016, [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/IoT/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/IoT/esp32_datasheet_en.pdf)
- [17] M. Zaini, Safrudin, M. Bachrudin, "Perancangan Sistem *Monitoring* Tegangan, Arus Dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis Iot," vol. 22, no, 2, 2020
- [18] F. A. Slamet, M.Pd., "Model Penelitian Pengembangan," Institut Agama Islam Sunan Kalijogo Malang, 2022
- [19] M. Waruwu, "Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan," vol. 9, no. 2, 2024