

IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA DAN ENERGI UNTUK MINIATUR RUMAH BERBASIS IOT

¹Dani Usman, ²Feri Siswoyo Hadisantoso, ³Nurriza Kholifatulloh Hasanah, ⁴Afzeri,
⁴Muhamad Rizky Pratama Darwin

^{1,2,3,5}Teknologi Listrik, Politeknik Enjineri Indorama, Purwakarta, Indonesia, ⁴Teknologi
Rekayasa Mekatronika, Politeknik Enjineri Indorama, Purwakarta, Indonesia

¹dani.usman@pei.ac.id, ²feri.siswoyo.h@pei.ac.id, ³nurriza@pei.ac.id, ⁴afzeri@pei.ac.id,
⁵rizkipratamadarwin@gmail.com

Corresponding author: dani.usman@pei.ac.id.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring tegangan, arus, daya, dan energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) pada miniatur rumah sebagai simulasi lingkungan rumah tangga. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang berfungsi sebagai pusat kendali dan komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi. Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur parameter kelistrikan secara real-time, sementara modul LCD 16x2 menampilkan hasil pengukuran pada perangkat keras. Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur notifikasi peringatan dini melalui aplikasi seluler jika terjadi kondisi tidak normal pada parameter listrik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki akurasi yang tinggi dalam mengukur tegangan dengan rata-rata selisih 0,75% dibandingkan alat ukur standar. Namun, terdapat deviasi pada pengukuran arus dengan rata-rata perbedaan sebesar 17,65%. Sistem ini juga mampu mengukur daya aktif, daya reaktif, dan energi listrik dengan selisih yang masih berada dalam batas toleransi pengukuran. Penggunaan miniatur rumah sebagai simulasi terbukti efektif dalam menguji skenario fluktuasi beban dan gangguan listrik yang sering terjadi pada instalasi rumah tangga. Dengan implementasi sistem ini, pengguna dapat memantau konsumsi energi secara lebih efisien dan memperoleh peringatan dini jika terjadi gangguan pada jaringan listrik. Sistem ini berpotensi untuk diterapkan pada lingkungan rumah tangga guna meningkatkan efisiensi energi dan keselamatan instalasi listrik.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), monitoring listrik, miniatur rumah, ESP8266, PZEM-004T.

Abstract

This study aims to develop a voltage, current, power, and energy monitoring system based on the Internet of Things (IoT) in a miniature house as a simulation of a household environment. The system is designed using the ESP8266 microcontroller, which functions as the control center and data communication device via Wi-Fi. The PZEM-004T sensor is employed to measure electrical parameters in real-time, while a 16x2 LCD module displays measurement results on the hardware. The system is also equipped with an early warning notification feature through a mobile application if abnormal electrical conditions occur. Testing results show that the system has a high accuracy in voltage measurement, with an average deviation of 0.75% compared to standard measuring instruments. However, there was a deviation in current measurement, with an average difference of 17.65%. The system is also capable of measuring active power, reactive power, and electrical energy with deviations that remain within acceptable measurement tolerance limits. The use of a miniature house as a simulation proved effective in testing load fluctuation scenarios and electrical disturbances commonly found in household installations. By implementing this system, users can monitor energy consumption more efficiently and receive early warnings in case of electrical network disturbances. This system has the potential to be applied in household environments to improve energy efficiency and electrical installation safety.

Keywords: Internet of Things (IoT), electrical monitoring, miniature house, ESP8266, PZEM-004T.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di sektor ketenagalistrikan [1]. IoT telah memungkinkan pemantauan parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi secara real-time untuk memastikan efisiensi penggunaan energi dan mencegah potensi kerusakan pada instalasi listrik [2][3][4]. Sistem pemantauan konvensional yang masih mengandalkan pengecekan manual memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan dan akurasi data, sehingga memerlukan inovasi berbasis IoT untuk meningkatkan efektivitas pemantauan tersebut [5].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan sistem pemantauan berbasis IoT dengan beragam fitur. Misalnya, penelitian oleh Ahmad et al. mengembangkan sistem pemantauan daya berbasis IoT menggunakan sensor PZEM-004T yang mampu mengukur parameter kelistrikan secara real-time. Namun, sistem ini hanya berfokus pada pengukuran tanpa adanya analisis data berbasis pola konsumsi energi [6]. Penelitian lain oleh Sari et al. memperkenalkan sistem yang mampu mengirimkan peringatan melalui aplikasi seluler ketika terjadi anomali pada parameter listrik, tetapi memiliki keterbatasan dalam akurasi deteksi gangguan pada instalasi listrik dengan daya rendah [7].

Penelitian ini menawarkan keunikan dengan menggabungkan fitur pemantauan real-time yang telah divalidasi melalui perbandingan dengan alat ukur terkalibrasi. Proses kalibrasi ini dilakukan untuk meminimalkan kesalahan pengukuran, mengoptimalkan kinerja, dan meningkatkan kualitas pengukuran [8]. Dengan demikian, sistem ini mampu menghasilkan data yang lebih akurat dan terpercaya. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan sistem peringatan dini yang dapat memberikan notifikasi langsung melalui aplikasi seluler jika terjadi kondisi tidak normal pada parameter kelistrikan.

Sistem ini dirancang untuk digunakan pada miniatur rumah sebagai simulasi lingkungan nyata, yang memiliki keunggulan karena mampu merepresentasikan karakteristik instalasi listrik rumah tangga secara detail dalam skala kecil [9]. Model simulasi miniatur rumah terbukti efektif dalam menguji berbagai skenario seperti fluktuasi beban listrik [10], gangguan pada jaringan [11], serta variasi pola konsumsi energi yang sering terjadi pada rumah tangga [12]. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi model implementasi yang efektif sebelum diterapkan pada lingkungan rumah tangga yang sesungguhnya.

Dengan adanya inovasi ini, diharapkan sistem dapat meningkatkan kesadaran pengguna terhadap konsumsi energi listrik sekaligus mengurangi risiko gangguan listrik yang berpotensi merugikan. Penelitian ini juga berkontribusi dalam pengembangan sistem pemantauan yang lebih terjangkau, efisien, dan mudah diintegrasikan dengan perangkat rumah pintar berbasis IoT.

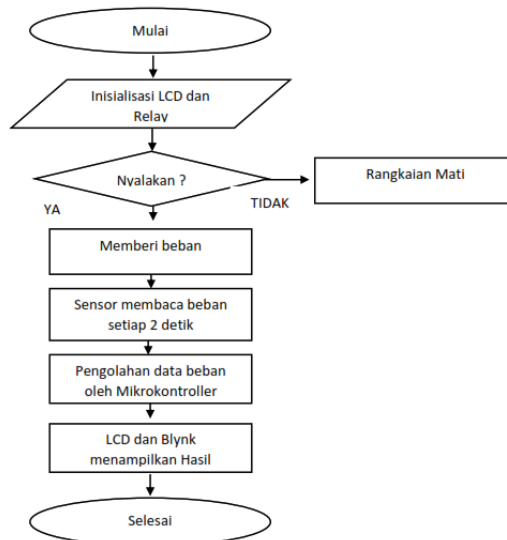
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode rancang bangun. Merancang dan membangun hingga implementasi perangkat keras dan perangkat lunak [13]. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data arus dan tegangan dari beberapa beban berupa lampu dan mesin bor yang menggunakan energi listrik untuk menjalankannya.

Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur terkait sistem monitoring berbasis IoT yang mencakup tentang perancangan sistem, komponen yang diperlukan, desain kelistrikan dan mekanik dan termasuk juga *wiring diagram* instalasi listrik miniatur rumah yang akan dibangun serta pengujian dari sistem. Dari hasil studi literatur tersebut, kami dapat menentukan desain dari produk yang akan dibangun, sesuai dengan langkah-langkah berikut ini:

2.1. Perancangan Sistem

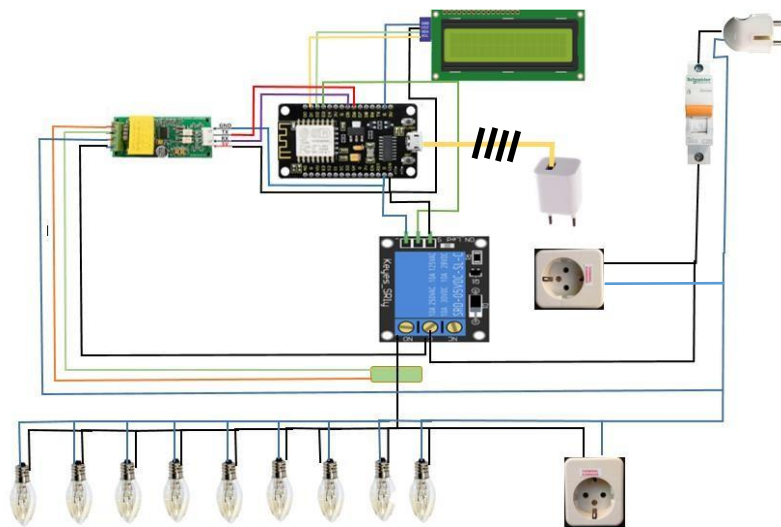
Sistem yang akan dibangun dirancang mampu bekerja sesuai dengan diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir sistem monitoring

2.2. Desain Kelistrikan

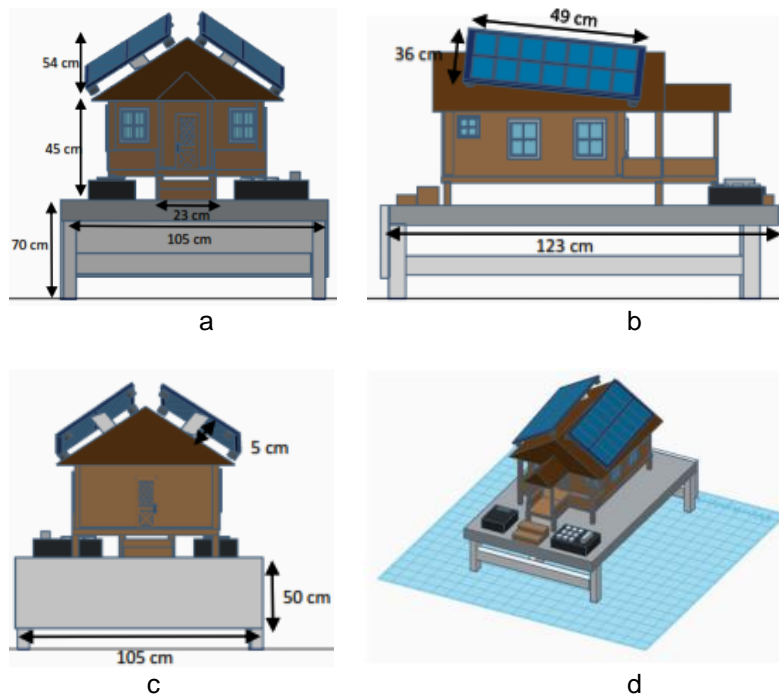
Untuk mampu menjalankan sistem sesuai diagram alir pada gambar 1 diatas, maka kami rangkai komponen-komponen yang diperlukan sesuai dengan rangkaian pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian sistem monitoring energi

2.3. Desain Miniatur Rumah

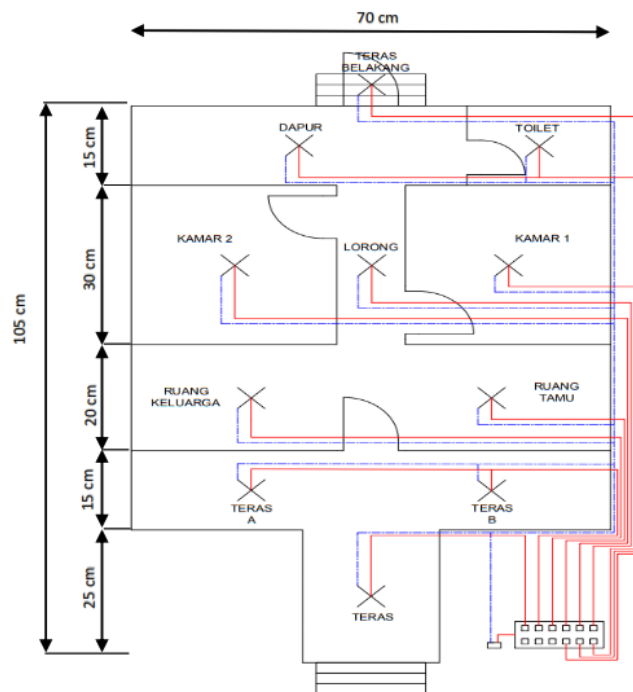
Penelitian ini dilakukan pada objek berupa miniatur rumah tinggal sederhana yang merepresentasikan karakteristik instalasi listrik rumah tangga secara detail dalam skala kecil. Miniature rumah yang dibangun sesuai dengan rancangan pada gambar 3.



Gambar 3. Rancangan miniatur rumah tinggal

2.4. Wiring Diagram Instalasi Listrik

Mengacu standar PUIL [14], wiring diagram pada miniatur rumah tinggal dibuat sesuai gambar 4.



Gambar 3. Desain kelistrikan miniatur rumah tinggal

2.5. Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi Pengujian Validitas Sensor Untuk Monitor Tegangan dan Arus serta Pengujian Validitas Sensor Untuk Daya Semu, Daya Aktif, Daya Reaktif, dan Energi. Pengujian dilakukan untuk memastikan nilai yang terbaca oleh sistem sama atau mendekati dengan alat ukur standar yang telah terkalibrasi. Dari hasil pengujian juga akan didapatkan *range* nilai batas terendah dan tertinggi yang dapat dijalankan sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dari hasil rancangan sistem, kemudian dilakukan implementasi alat pada miniature rumah. Setelah itu dilakukan pengujian berfungsinya sistem dan uji validitas dari alat yang telah dibuat.

3.1. Hasil Implementasi Alat

Sistem monitoring ini dikemas dalam sebuah kotak X6 sesuai dengan perancangan, dengan dimensi 18,5 cm x 11,5 cm x 6,5 cm yang ditunjukkan pada Gambar 1. Penempatan komponen berada didalam box yang telah disesuaikan agar optimal, termasuk pemasangan LCD 16x2 dengan modul 12C yang terlihat pada bagian atas kotak. Selain itu, casing ini juga memiliki dua lubang output, di mana lubang pertama digunakan untuk suplai daya ke ESP8266, sementara lubang kedua digunakan sebagai jalur keuaran sensor PZEM-004T.



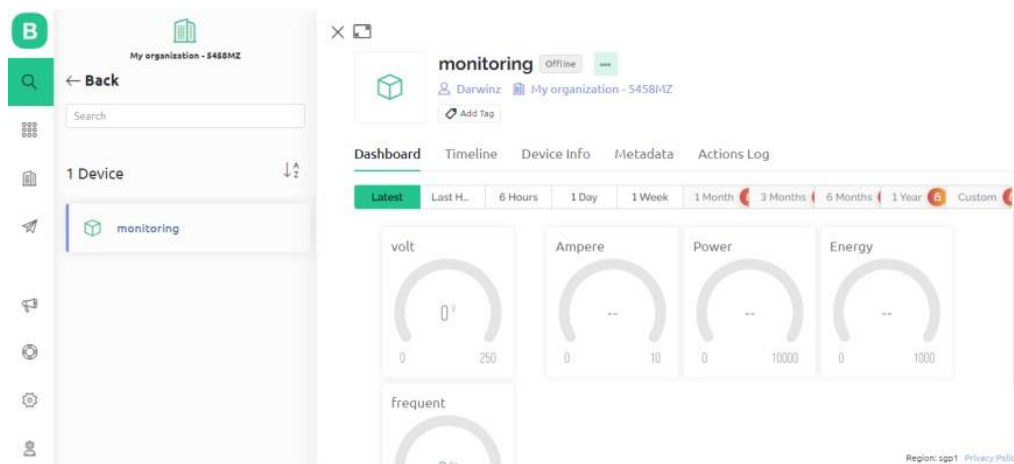
Gambar 4 Konstruksi Box Sistem Monitoring

Sistem monitoring daya Berbasis IoT ini dirancang dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama dalam box X6. Komponen tersebut meliputi LCD 16x2 dengan modul 12C untuk menampilkan data, mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat kendali sistem dan komunikasi Wi-Fi, Sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter Listrik (tegangan, arus, daya dan energi), serta 4 channel modul relay untuk pengendalian daya. Setiap komponen ditempatkan dengan mempertimbangkan efisiensi ruang, dan kemudahan dalam perawatan. Selain itu, pengkabelan dilakukan secara sistematis untuk memastikan koneksi yang stabil dan meminimalkan gangguan. Hasil pemasangan dan perakitan komponen ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Perakitan Komponen

Pada penelitian ini, dikembangkan sistem monitoring berbasis IoT menggunakan platform Blynk. Antarmuka pengguna (*user interface*) dari sistem monitoring ini ditunjukkan pada Gambar 6. Dalam sistem Blynk, data yang ditampilkan merupakan hasil pembacaan sensor yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP8266 sebelum ditampilkan pada aplikasi Blynk. Parameter yang dimonitor meliputi tegangan, arus, daya, dan energi.



Gambar 6 Tampilan Sistem Monitoring Pada Blynk

3.2. Pengujian Validitas Sensor Untuk Monitor Tegangan dan Arus

Pengujian validitas sensor PZEM-004T dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap alat ukur standar untuk parameter tegangan dan arus pada dua jenis beban [15], yaitu lampu 200W dan floodlight 80W. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1, dari data yang disajikan selisih pengukuran tegangan antara sensor dan alat ukur berkisar antara 0,2% hingga 1,5%, dengan rata-rata 0,75%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki akurasi yang tinggi dalam mengukur tegangan. Untuk pengukuran arus, presentase perbedaan nilai cukup bervariasi, berkisar antara 10,71% hingga 30,43% dengan rata-rata perbedaan 17,65%. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor masih memiliki deviasi yang cukup besar dalam pengukuran arus dibandingkan dengan alat ukur yang standar.

Tabel 1 Pengujian Validitas Sensor Untuk Tegangan dan Arus

Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Prosentase perbedaan
-----------------	---------------	----------------------

Beban terpasang	Alat Ukur	Sensor	Alat Ukur	Sensor	Tegangan	Arus
Lampu 200W	100.00	100.60	0,37	0,41	0,6%	10,81%
	150.00	150.20	0,45	0,50	0,2%	10,41%
	170.00	170.50	0,48	0,54	0,5%	12,5%
	220.00	221.20	0,56	0,62	1,2%	10,71%
Flood light 80W	100.00	100.20	0,18	0,23	0,2%	27,7%
	150.00	150.70	0,22	0,25	0,7%	13,63%
	170.00	171.10	0,23	0,30	1,1%	30,43%
	220.00	221.50	0,28	0,35	1,5%	25%
		Rata-rata			0,75%	17,65%

3.3. Pengujian Validitas Sensor Untuk Daya Semu, Daya Aktif, Daya Reaktif, dan Energi

Pengujian ini dilakukan dengan beberapa kali percobaan untuk memastikan keakuratan sistem dalam mengukur daya semu, daya aktif, daya reaktif, dan energi listrik. Pengujian dilakukan dengan melakukan monitoring langsung pada miniature rumah yang memiliki beban 11 lampu serta sebuah kotak kontak dengan beban berupa bor Listrik berdaya 300 Watt. Hasil pengukuran dari sensor dibandingkan dengan hasil perhitungan yang sudah terintegrasi pada sistem IoT dan alat ukur standar.

Pada pengujian ini, sistem monitoring menggunakan rumus perhitungan yang telah diintegrasikan ke dalam ESP8266 untuk melakukan perhitungan otomatis. Validitas dan akurasi hasil pengukuran sistem monitoring dapat dilihat pada Tabel 2. Dalam tabel tersebut menyajikan perbandingan antara hasil pembacaan sensor, perhitungan sistem, dan alat ukur standar.

Tabel 2 Pengujian Validitas Sensor dengan alat ukur untuk beban 11 lampu

Pengujian ke -	Sensor		Alat Ukur		Daya semu (VA)	Daya aktif (W)	Daya reaktif VAR)	Energi (kWh)
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)				
1	231.6	0.44	230	0.46	101.3	87.1	14.2	0.08
2	231.4	0.44	230	0.46	101.3	87.2	14.2	0.08
3	231.5	0.44	230	0.46	101.3	87.2	14.2	0.08
4	231.5	0.44	230	0.46	101.3	86.9	14.2	0.08
5	231.6	0.44	230	0.46	101.3	87.1	14.2	0.08

Berdasarkan data dalam Tabel 2, yang menyajikan hasil pengujian validitas sensor dan alat ukur, untuk pengujian daya akti, daya, reaktif, daya semu dan energi. Dari hasil pengujian tegangan yang terbaca oleh sensor yaitu 231,4-231,6 Volt, yang menunjukkan perbedaan yang sangat kecil dengan alat ukur dan dapat dikategorikan sebagai akurat. Sedangkan, arus yang teurukur oleh sensor adalah 0,44A, sedangkan alat ukur menunjukkan 0,46A, yang berarti terdapat perbedaan selisih 0,02A, dan hal ini masih dalam kategori normal.

Dasi segi daya Listrik, perhitungan daya semu yang dilakukan oleh sistem menunjukkan nilai 101,3 VA, dengan daya aktif sebesar 87,1 -87,2 Watt dan daya reaktif 14,2 Var. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur daya secara stabil dan konsisten. Selain itu, energi yang terukur oleh sistem yaitu 0,08 kWh, yang mengindikasikan bahwa sistem monitoring memiliki akurasi yang baik dalam mencatat konsumsi energi dalam jangka waktu tertentu.

Tabel 3 Hasil Pengujian Validitas Sensor dengan Beban 11 Lampu dan 1 Bor Listrik

Alat Ukur		Sensor					
Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	Daya aktif (W)	Daya reaktif (VAR)	Energi (kWh)
224	1.07	225	0.96	214.7	184.7	30.1	0.2

Pada Tabel 3 merupakan hasil pengujian dengan beban 11 lampu dan 1 Bor Listrik berdaya 300Watt. Dari hasil yang disajikan, tegangan yang terukur adalah 225 Volt, dengan arus yang terukur oleh sensor sebesar 0,96 A. Sedangkan arus yang terukur menggunakan alat ukur yaitu 1,07 A, perbedaan arus ini sekitar 0,11A yang masih dalam batas toleransi pengukuran. Daya semu yang terbaca oleh sistem yaitu 214 Vam dengan daya aktif 184,7 Watt, dan daya reaktif 30,1 Var. Sementara untuk energi yang terbaca oleh sistem yaitu 0,2 kWh.

Selisih yang terjadi antara hasil pengukuran sensor dan alat ukur dapat disebabkan oleh faktor toleransi sensor, akurasi alat ukur, serta kemungkinan fluktuasi beban saat pengujian. Meskipun terdapat perbedaan kecil, hasil ini menunjukkan bahwa sensor dapat digunakan untuk monitoring daya dengan Tingkat akurasi yang cukup baik terutama untuk aplikasi pemantauan energi di lingkungan rumah tangga.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sensor PZEM-004T memiliki Tingkat akurasi yang baik dalam mengukur tegangan dengan rata-rata perbedaan 0,75% dibandingkan alat ukur. Namun terdapat selisih pada pengukuran arus sekitar 0,02-0,11 A. Pada pengukuran daya, selisih daya aktif berkisar antara 0,2 – 3,3 W, sementara daya reaktif memiliki perbedaan sekitar 0m1 -31,1 Var. Untuk energi, perbedaan hasil pengukuran berkisar 0,01 -0,02 kWh. Secara keseluruhan, sistem monitoring ini dapat digunakan untuk pemantauan daya dan energi Listrik secara real-time berbasis IoT, yang dapat di implementasikan untuk monitoring di lingkungan rumah tangga. Sebelum diimplementasikan perlu dilakukan pula untuk kalibrasi lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi pengukuran arus dan daya.

5. Daftar Notasi

Penulisan notasi dapat diuraikan dengan keterangan sebagai berikut :

V	: Volt
A	: Ampere
VA	: Volt-Ampere
W	: Watt
VAR	: Volt-Ampere Reaktif
kWh	: Kilo Watt Hour

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Zilham and R. Gunawan, "Potensi IoT Dalam Industri 4.0," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 1932–1940, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9209.
- [2] Agus Kiswanto, "Transformasi Proteksi Tegangan: Sistem Monitoring IoT untuk Pemantauan Real-Time," *Dielektrika*, vol. 11, no. 2, pp. 119–128, 2024, doi: 10.29303/dielektrika.v11i2.377.
- [3] 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.
- [4] B. D. N. D. Nursabila, Ocsirendi, Z. Saputra, "SISTEM MONITORING PADA TRANSFORMATOR ISOLASI," *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 4, pp. 75–

- 81, 2024, [Online]. Available: <http://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/543>.
- [5] Agus Kiswanto, "Smart Monitoring: Proteksi Transmisi dari Drop dan Over Voltage," *Dielektrika*, vol. 12, no. 1, pp. 13–20, 2025, doi: <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v12i1.412>.
- [6] W. Ahmad, D. Widiatmoko, and F. Kholid, "Design of Electrical Energy Monitoring System Using NodeMCU ESP8266 and PZEM-004T for Power Usage Control," *FORTECH*, vol. 5, no. 1, pp. 10–18, 2024, doi: <https://doi.org/10.56795/fortech.v5i1.5102>.
- [7] L. O. Sari, M. F. E. Saputra, and E. Safrianti, "Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada Solar Panel di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) UIN Suska Riau," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 205–211, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1033.
- [8] Y. A. Miftahulumudin, M. Munadi, and M. N. Setiawan, "Kalibrasi Sensor Pada Sistem Data Akuisisi Alat Uji Unjuk Kerja Turbin Angin," *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 65–70, 2024.
- [9] S. Izza and S. A. Styawan, "Miniatur Rumah Pintar Berbasis Internet Of Things Menggunakan Google Nest," *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 06, no. 01, pp. 61–65, 2023, [Online]. Available: <https://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/cyclotron/article/view/14139>.
- [10] M. A. Gumilang and H. Rakhmad, "Rancang Bangun Monitoring Daya Listrik untuk Aplikasi Sistem Tenaga Surya Berteknologi Smart Grid pada Skala Rumah Tinggal," *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 66–70, 2020, doi: 10.25047/jtit.v7i2.134.
- [11] M. Asri, Y. A. W. Daempal, and S. A. Hulukati, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Posisi Gangguan Beban Lebih pada Instalasi Rumah Tinggal," pp. 1–10.
- [12] M. Alfa Z Fikri *et al.*, "Sistem SCADA pada miniatur Smart Home Bertenaga Surya," *FORTECH*, vol. 3, no. 2, pp. 93–100, 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i2.106.
- [13] A. Dillah, G. F. Nama, D. Budiyanto, and M. A. Muhammad, "Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Operasi P2TI Pengukuran Tidak Langsung 2 Fasa Di Pt. PIn (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (Up3) Metro," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4458.
- [14] SNI, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. PUIL, pp. 1–133, 2011.
- [15] A. Hidayat, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Panel ATS – AMF Hybrid Berbasis Internet Of Things," *J-CEKI*, vol. 4, no. 1, pp. 1760–1769, 2024, doi: <https://doi.org/10.56799/jceki.v4i1.6242>.