

SISTEM MONITORING ARUS TEGANGAN DAN DAYA BERBASIS SENSOR PZEM-004T

Bakti Viyata Sundawa¹, Febrin Aulia Batubara², Tuti Adi Tama Nasution³, Benar⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Medan

Jalan Almamater no.1 Kampus USU Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

e-mail: baktisundawa@polmed.ac.id

Abstrak— Pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem monitoring penggunaan energi listrik menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring dan pengendalian energi listrik berbasis IoT dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T. Sistem ini untuk monitoring konsumsi daya listrik secara real-time dan memberikan kontrol otomatis terhadap perangkat listrik melalui aplikasi Blynk. Pada penelitian ini dilakukan 2 pengujian yaitu pengukuran nilai tegangan via aplikasi Blynk dan pengukuran menggunakan multimeter digital. Pengujian kedua adalah pengukuran nilai daya berdasarkan aplikasi Blynk dan dibandingkan dengan nilai daya yang tertera dari peralatan listrik bola lampu dan kipas angin. Berdasarkan pengujian tegangan, terdapat perbedaan hasil pembacaan nilai tegangan, sehingga menghasilkan nilai error sebesar 0,018%. Berdasarkan hasil pengujian daya, terdapat perbedaan hasil pembacaan daya, sehingga menghasilkan nilai efisiensi sebesar 65,8%. Penelitian ini diharapkan dapat membangun sebuah aplikasi dengan pendekatan berbasis data yang akan mampu mengidentifikasi pola konsumsi energi listrik untuk mendeteksi potensi pemborosan, serta mengoptimalkan penggunaan daya listrik berdasarkan batasan yang telah ditentukan.

Kata kunci : Efisiensi energi listrik, Mikrokontroler ESP32, Sensor PZEM-004T, Sistem monitoring, Internet of Things

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, khususnya dalam bidang Internet of Things (IoT), telah membawa dampak yang signifikan dalam pengelolaan energi listrik. Dengan meningkatnya penggunaan perangkat elektronik di rumah tangga, kebutuhan akan sistem yang dapat memantau dan mengendalikan penggunaan daya listrik akan meningkat. Sistem pemantauan dan pengendalian energi listrik berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan ini.

Penggunaan ESP32 dalam monitoring daya listrik dapat mengurangi penggunaan listrik yang tidak perlu, sehingga meningkatkan efisiensi energi di rumah tangga. Sensor PZEM-004T berfungsi sebagai prototipe ukur yang dapat memberikan data akurat mengenai daya, tegangan, dan arus listrik. Dengan mengintegrasikan sensor ini ke dalam sistem berbasis IoT, pengguna dapat memantau konsumsi energi secara real-time melalui aplikasi mobile dan web (Tresna Umar Syamsuri et al., 2023).

Pengembangan prototipe sistem pengontrolan daya listrik berbasis IoT yang menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi energi dan memberikan kontrol yang lebih baik kepada pengguna. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat memberikan solusi yang praktis dan efisien dalam pengelolaan energi listrik (Lasera & Wahyudi, 2020).

Pentingnya prototipe monitoring pemakaian tarif listrik dan kontrol daya listrik berbasis IoT untuk rumah tangga, yang membantu pengguna dalam memantau konsumsi listrik dan memberikan informasi mengenai tarif listrik yang digunakan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan antara daya teoretis dan daya aktual yang diukur oleh sistem (Wijayanto et al., 2022).

Maka pada penelitian ini akan dibangun sebuah sistem monitoring yang bertujuan untuk memantau pemakaian daya listrik pada rumah tangga. Terdapat perbedaan dari penelitian sebelumnya yaitu menggunakan aplikasi Blynk yang dapat dikontrol secara real-time melalui jaringan internet. Jika ada

pemakaian arus yang berlebih maka prototipe ini akan langsung memutuskan daya listrik pada prototipe elektronik tersebut.

Penelitian ini menggunakan sensor PZEM-004T dan mikrokontroler ESP32, dan teknologi relay yang memungkinkan pengguna untuk mengatur perangkat listrik dari jarak jauh secara otomatis. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengurangi pemborosan energi listrik dengan mengoptimalkan penggunaan daya sesuai kebutuhan. Dengan adanya fitur pemantauan dan pengendalian dalam satu sistem, penelitian ini memberikan solusi inovatif dalam pengelolaan energi listrik yang lebih cerdas dan efisien.

II. STUDI PUSTAKA

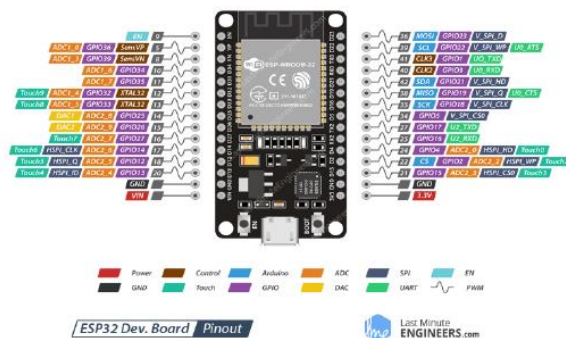
A. Internet of Things

Internet of Things berasal dari dua kata: Internet dan Things. Internet (interconnection-networking) adalah jaringan komputer yang saling terhubung menggunakan protokol global TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) untuk pertukaran data. Things dalam IoT merujuk pada objek sehari-hari yang datanya dapat diambil menggunakan sensor secara real-time. Internet of Things merupakan sebuah konsep yang terhubung dengan perangkat sebagai media komunikasi berbasis internet. Dengan adanya IoT, maka seorang user (pengguna) dapat saling berkomunikasi atau terhubung untuk melakukan berbagai aktivitas tertentu seperti mencari, mengolah, dan mengirimkan informasi secara otomatis. Terdapat 3 komponen utama yang sangat penting dalam operasional IoT yaitu sensor, gateway dan cloud.

IoT berperan dalam mengintegrasikan teknologi untuk memantau dan mengendalikan konsumsi energi secara efisien. Prototipe yang digunakan, seperti mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T berfungsi untuk mengumpulkan data secara real-time mengenai penggunaan energi dari berbagai perangkat listrik. Tujuan utama dari penggunaan prototipe ini adalah untuk meningkatkan efisiensi energi dengan memberikan informasi yang akurat kepada pengguna tentang pola konsumsi energi, serta memungkinkan pengendalian otomatis perangkat listrik berdasarkan data yang diperoleh. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya membantu pengguna dalam mengelola konsumsi energi mereka dengan lebih baik, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan pemborosan energi dan mendukung keberlanjutan dalam lingkungan terbatas.

B. Mikrokontroler ESP32

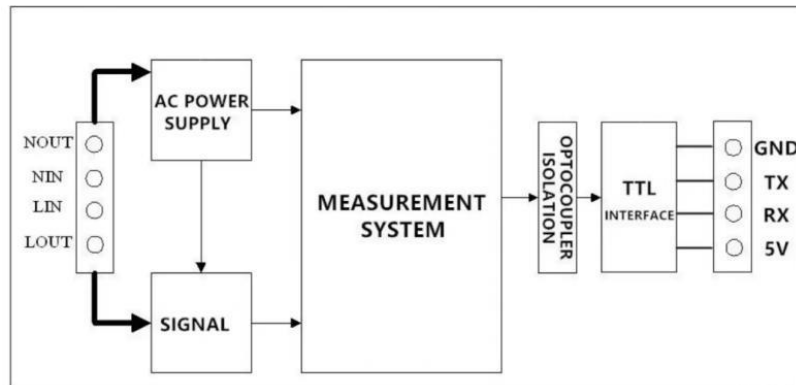
Mikrokontroler ESP32 dibuat oleh perusahaan bernama Espressif Systems. Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh ESP32 yaitu sudah terdapat Wi-Fi dan Bluetooth didalamnya, sehingga akan sangat memudahkan ketika kita belajar membuat sistem IoT yang memerlukan koneksi wireless. Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan yaitu sistem berbiaya rendah, dan juga berdaya rendah dengan modul Wi-Fi yang terintegrasi dengan chip mikrokontroler serta memiliki bluetooth dengan mode ganda dan fitur hemat daya menjadikannya lebih fleksibel. Bentuk konfigurasi pin ESP32 seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi pin ESP32

C. Sensor PZEM-004T

PZEM-004T adalah sensor yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan rms, arus rms, dan daya aktif. Sensor ini juga dapat dihubungkan ke Arduino atau platform open source lainnya. Modul ini tidak memiliki fungsi tampilan dan menggunakan interface TTL untuk mengukur tegangan AC, arus, daya aktif, frekuensi, faktor daya, dan energi aktif. Untuk berkomunikasi, keempat port harus terhubung melalui catu daya eksternal 5V, yang berarti R_X , T_X , dan GND harus terhubung. Jika tidak terhubung maka tidak dapat berkomunikasi. Bentuk blok diagram sensor PZEM-004T dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk blok diagram Sensor PZEM-004T

D. Aplikasi Blynk

Aplikasi ini merupakan platform Cloud IoT untuk iOS dan Android yang berguna untuk mengendalikan module, Rasbery Pi, NodeMcu ESP32 dan module sejenisnya melalui internet. Blynk juga merupakan platform aplikasi yang dapat diunduh secara gratis untuk iOS dan Android yang berfungsi mengontrol Arduino, Raspberry Pi dan sejenisnya melalui Internet. Blynk dirancang untuk Internet of Things dengan tujuan dapat mengontrol hardware dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data visual dan melakukan banyak hal canggih lainnya. Ada tiga komponen utama dalam platform yaitu Blynk App, Blynk Server, dan Blynk Library. Bentuk logo aplikasi Blynk dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bentuk logo aplikasi Blynk

III. METODE

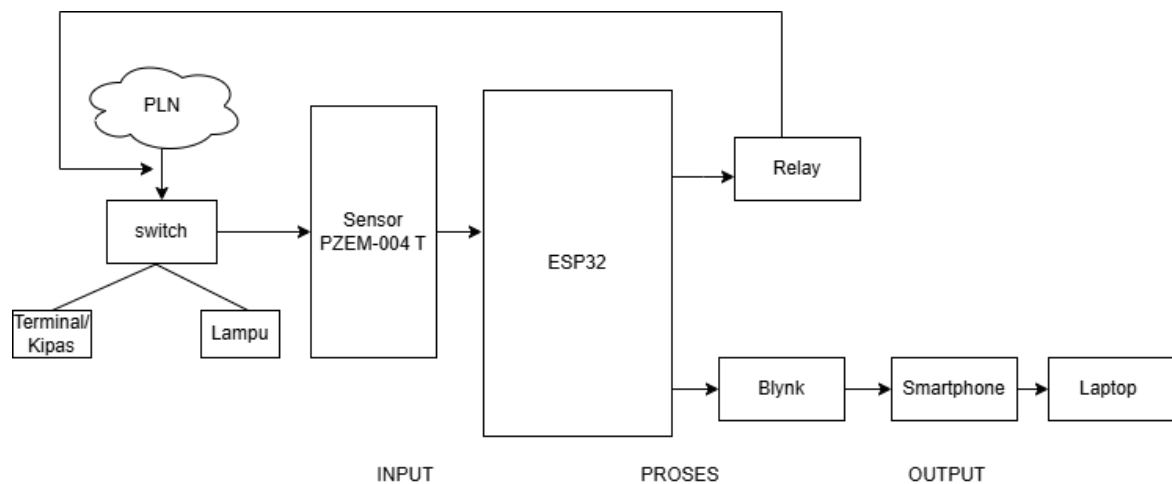
A. Rancangan Perangkat Keras

Perancangan keseluruhan prototipe pada penelitian ini adalah berupa prototipe pengendali dan pemantauan energi listrik pada perangkat elektronik yang dirancang untuk memberikan suatu informasi untuk menampilkan data dari sebuah penggunaan dalam pemakaian daya listrik. Dalam pembuatan prototipe ini menggunakan mikrokontroler ESP-32 Devkit dan satu buah sensor yaitu sensor PZEM-004T sebagai pendeteksi tegangan, arus, dan daya. Data yang dibaca oleh sensor dikirimkan ke sebuah aplikasi bernama Blynk, sebagai tempat monitoring data dari pembacaan sensor yang dapat di akses melalui laptop atau smartphone. Perancangan perangkat keras dimulai dengan pembuatan blok diagram dari sistem. Setiap blok dirancang dengan sederhana dan saling berhubungan satu sama lain. Perancangan hardware digambarkan melalui Gambar 4.

Pada Gambar 4 menjelaskan sistem pemantauan dan pengendalian beban listrik menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem yang ditampilkan dalam diagram blok di atas berfungsi untuk memantau dan mengontrol beban listrik menggunakan ESP32 sebagai unit pemrosesan utama. Sumber listrik berasal dari PLN, yang kemudian disalurkan ke berbagai perangkat melalui sebuah switch (saklar). Switch ini berfungsi sebagai penghubung awal yang dapat mengendalikan aliran listrik menuju sensor PZEM-004T serta ke terminal yang mengalirkan daya ke kipas dan lampu. Sensor PZEM-004T digunakan untuk melakukan pengukuran parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi yang digunakan oleh beban (kipas dan lampu) secara real-time.

Data yang diperoleh dari sensor PZEM-004T kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32. ESP32 berperan sebagai otak dari sistem ini yang memproses data dari sensor serta mengendalikan relay. Relay digunakan sebagai saklar elektronik yang dapat mengontrol nyala atau matinya beban (kipas atau lampu) berdasarkan perintah dari ESP32. Relay dapat dikendalikan secara otomatis oleh ESP32 atau melalui aplikasi yang terhubung.

Hasil keluaran data yang telah diproses oleh ESP32 akan dikirimkan ke aplikasi Blynk, di mana pengguna dapat mengaksesnya melalui smartphone atau laptop. Dengan demikian, pengguna dapat memantau konsumsi daya listrik serta mengontrol kipas dan lampu dari jarak jauh dengan mudah. Sistem ini tidak hanya memberikan kenyamanan dalam pengelolaan perangkat listrik tetapi juga membantu dalam efisiensi energi dan pemantauan penggunaan listrik secara lebih efektif.



Gambar 4. Blok diagram perangkat keras

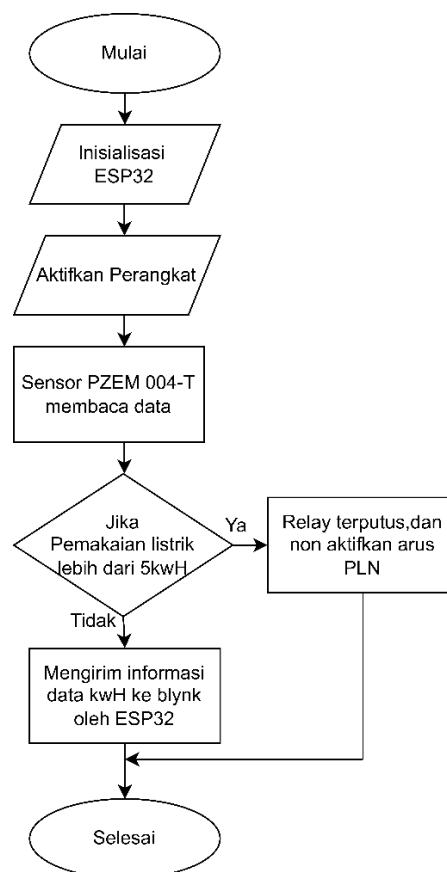
B. Rancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak (software) merupakan proses mendefinisikan suatu model atau rancangan perangkat lunak dengan menggunakan prinsip-prinsip tertentu sehingga rancangan tersebut dapat diwujudkan menjadi perangkat lunak yang fungsional. Pada perancangan perangkat lunak proposal penelitian ini mencakup beberapa tahap penting yang bertujuan untuk memastikan

bahwa semua komponen perangkat keras dapat berfungsi secara optimal dan terintegrasi dengan baik. Berikut adalah langkah langkah yang dilakukan dalam perancangan perangkat lunak seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Sensor PZEM-004T membaca data konsumsi energi dan mengirimkan informasi tersebut ke ESP32 untuk diproses. Sistem kemudian membandingkan hasil pengukuran dengan ambang batas konsumsi energi yang telah ditentukan, yaitu 5 kWh. Jika konsumsi daya lebih besar dari 5 kWh, ESP32 akan mengaktifkan relay untuk memutuskan daya ke perangkat listrik yang dikendalikan. Namun, jika konsumsi daya masih di bawah ambang batas, sistem akan terus melakukan pemantauan tanpa mematikan perangkat.

Setelah relay diaktifkan atau tetap dalam kondisi semula, ESP32 mengirimkan data konsumsi energi ke platform IoT Blynk. Dengan adanya software blynk ini, pengguna dapat memantau data pemakaian listrik secara real-time melalui smartphone atau perangkat lain yang terhubung dengan Blynk. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai prototipe pemantau konsumsi daya, tetapi juga sebagai pengontrol otomatis yang dapat membantu pengguna dalam mengelola penggunaan listrik dengan lebih efisien dan aman.



Gambar 5. Diagram alir perangkat lunak

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan diawali dengan pengujian aplikasi Blynk pada pengguna sebelum beban dihubungkan ke alat. Bentuk tampilan awal aplikasi Blynk seperti terlihat pada Gambar 6. Pada gambar tersebut, terlihat nilai terdapat Voltage (Tegangan) = 223,9 V, Current (Arus) = 0 A, Frequency (Frekuensi) = 50,2 Hz, Power (Daya) = 0 W, dan Energy (Energi) = 0,007 kWh. Selanjutnya dilakukan pengujian kedua yaitu terhadap parameter arus. Sensor arus PZEM-004T yang dapat mendeteksi besarnya nilai arus dari -5A sampai 5A. Pengujian menggunakan beban listrik bola lampu 5 W dan kipas angin 50 W. Pada hasil pengujian terbaca besar arus untuk bola lampu 5 W sebesar 0,08 A dan kipas angin 50 W arus sebesar 0,16 A. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengujian ketiga, dilakukan pengujian terhadap parameter tegangan. Pengujian menggunakan beban listrik bola lampu 5 W dan kipas angin 50 W. Pada hasil pengujian terbaca besar nilai tegangan sebesar 224,3 V pada saat menggunakan beban bola lampu dan 218,9 V pada saat menggunakan beban kipas angin. Pengujian tegangan ini menggunakan 2 parameter pengukuran yaitu berdasarkan pembacaan aplikasi Blynk dan pembacaan multimeter digital. Terdapat perbedaan dari kedua hasil pembacaan tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengujian keempat, dilakukan pengujian terhadap parameter daya (Watt). Pengujian menggunakan beban listrik yaitu bola lampu 5 W dan kipas angin 50 W. Pada hasil pengujian terbaca besar daya listrik untuk bola lampu 5 W sebesar 2,9 W. Untuk penggunaan beban kipas angin 50 W, daya sebesar 38,6 W. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1. terdapat perbedaan hasil pembacaan pengukuran untuk nilai tegangan pada aplikasi Blynk dan multimeter digital. Terdapat nilai error dari pengujian tersebut. Pada bola lampu 5 W dilakukan pengukuran dengan sensor PZEM-004T sebesar 224,3 V, sedangkan dengan multimeter menunjukkan angka besaran 225,7 V. Kemudian, beban kipas angin, dilakukan pengukuran dengan sensor PZEM-004T sebesar 218,9 V, sedangkan dengan multimeter digital menunjukkan nilai tegangan 226,8 V. Nilai persentase error dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Berdasarkan hasil perhitungan, terdapat nilai error sebesar 0,006% untuk beban bola lampu dan 0,03% untuk beban kipas angin. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Tabel 2. Selanjutnya dilakukan analisis efisiensi energi listrik dengan membandingkan konsumsi energi listrik sebelum dan sesudah menggunakan Sistem Monitoring Arus Tegangan dan Daya Berbasis Sensor PZEM-004T. Perhitungan menggunakan beban bola lampu 5 W dan kipas angin 50 W. Berdasarkan hasil pengujian, daya yang terbaca pada aplikasi Blynk untuk bola lampu 5 W adalah 2,9 W, maka hasil perhitungan efisiensinya adalah: Jika bola lampu dihidupkan selama 12 jam per hari, maka energi listrik yang digunakan sebesar $2,9 \text{ W} \times 12 \text{ jam} = 34,8 \text{ Watt-Hour (Wh)}$. Untuk selanjutnya nilai efisiensi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Pengujian nilai arus, tegangan dan daya dilakukan dengan interval 1 jam sekali selama periode 10 jam, dari jam 08.00 s.d 18.59. Maka hasil pengujian Nilai Daya dan perhitungan Nilai Efisiensi digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Bentuk awal aplikasi sistem monitoring daya listrik

Tabel 1. Hasil Pengujian Parameter Arus Tegangan dan Daya

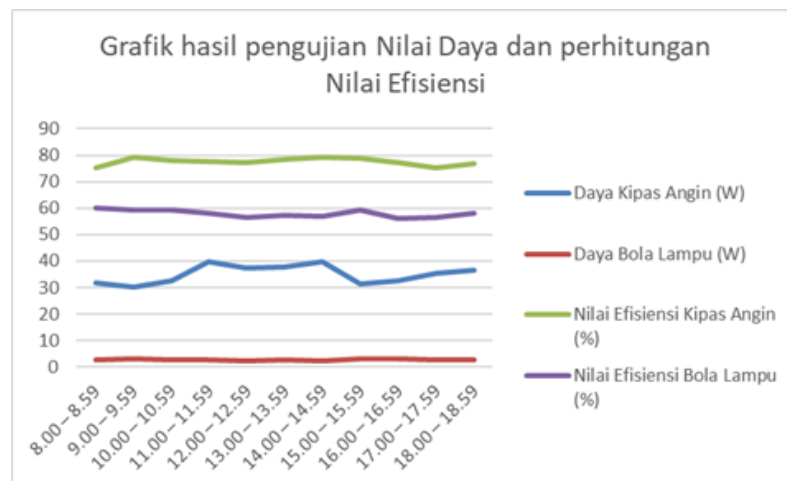
	Nilai Arus Terbaca (Ampere)	Nilai Tegangan Terbaca (Volt)	Nilai Daya Terbaca (Watt)
Lampu 5W	0,09	224,3	2,9
Kipas Angin 50W	0,17	218,9	38,6

Tabel 2. Hasil Perhitungan Persentase Error

	Hasil Pembacaan Sensor PZEM-004T (Volt)	Hasil Pembacaan Multimeter Digital (Volt)	Error (%)
Lampu 5W	224,3	225,7	0,006
Kipas Angin 50W	218,9	226,8	0,03

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi Energi Listrik

	Daya Hasil Pembacaan Sensor PZEM-004T (Watt)	Daya pada Perangkat (Watt)	Efisiensi (%)
Lampu 5W	2,9	5	58
Kipas Angin 50W	36,8	50	73,6



Gambar 7. Grafik Perbandingan Daya dan Efisiensi Energi Listrik

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diambil kesimpulan yaitu: Sistem monitoring arus, tegangan dan daya berbasis sensor PZEM-004T telah berfungsi dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pembacaan nilai arus, tegangan, daya, dan nilai energi melalui aplikasi Blynk. Pembacaan nilai parameter tersebut secara real-time oleh pengguna. Dengan menggunakan sistem monitoring arus, tegangan dan daya berbasis sensor PZEM-004T, maka hasil pengukuran dalam bentuk rigid/pasti. Terdapat nilai efisiensi penggunaan energi listrik untuk jenis peralatan bola lampu dan kipas angin. Berdasarkan hasil perhitungan terdapat efisiensi sebesar 65,8%. Berdasarkan hasil pengujian, masih terdapat perbedaan respon waktu pembacaan data arus, tegangan, dan daya berdasarkan standar spesifikasi komponen. Hal ini yang harus diperbaiki sehingga sistem monitoring arus, tegangan dan daya berbasis sensor PZEM-004T tetap berjalan secara real-time. Hal ini bisa disebabkan oleh fluktuasi jaringan internet antara sensor ke cloud. Respon waktu tetap harus dijaga karena merupakan salah satu parameter Quality of Services (QoS) dalam jaringan telekomunikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi. JURNAL TEKNIK ELEKTRO, 11(1). <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p47-55>
- Lasera, A. B., & Wahyudi, I. H. (2020). Pengembangan Prototipe Sistem Pengontrolan Daya Listrik berbasis IoT ESP32 pada Smart Home System. Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education), 5(2). <https://doi.org/10.21831/elinvo.v5i2.34261>
- Pratika, M. T. S., Piarsa, I. N., & Wiranatha, A. A. K. A. C. (2021). Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things. Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Komputer, 2(3).
- Tresna Umar Syamsuri, Rahma Nur Amalia, Mudjiono, & Aly Imron. (2023). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik di Asrama Berbasis Web Menggunakan ESP32. Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, 9(3). <https://doi.org/10.33795/elposys.v9i3.648>
- Wijayanto, D., Haryudo, S., Wrahatnolo, T., & Nurhayati, D. (2022). Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts Sistem On Grid Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram. Jurnal Teknik ..., 11(3).
- Wonohadidjojo, D. M., & Wibawa, J. A. (2023). Sistem Pemantauan dan Pengendalian Alat Elektronik Dengan Stop Kontak Pintar Menggunakan Aplikasi Smartphone. Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN), 11(2). <https://doi.org/10.26418/justin.v11i2.56366>