



RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK BERBASIS IOT DI GEDUNG LABORATORIUM REKAYASA ELEKTRO LANJUT FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MULAWARMAN

Misbahul Munir¹⁾, Restu Mukti Utomo²⁾, Arif Harjanto³⁾

^{1) 2) 3)} Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

E-mail: munrbahul@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan desain dan implementasi sistem pemantauan daya listrik berbasis Internet of Things (IoT) di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Ketergantungan yang semakin meningkat pada energi listrik di berbagai sektor, termasuk pendidikan, memerlukan sistem pemantauan yang efisien yang menyediakan data real-time tentang konsumsi listrik. Metode tradisional, seperti kWh meter, hanya menawarkan pembacaan kumulatif, tanpa kemampuan untuk memberikan umpan balik langsung tentang penggunaan daya. Sistem yang diusulkan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan power meter tiga fase, yang terhubung melalui protokol komunikasi RS-485, untuk mengumpulkan dan mengirimkan data ke platform cloud, Thinger.io. Pengaturan ini memungkinkan pemantauan parameter kritis seperti tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, daya semu, dan faktor daya secara real-time. Sistem diuji dalam berbagai kondisi operasional untuk mengevaluasi kinerja dan akurasi. Hasil menunjukkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT mencapai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 0,088% untuk pengukuran tegangan, menunjukkan akurasi tinggi dibandingkan dengan metode manual. Namun, perbedaan dicatat dalam pengukuran arus, terutama untuk fase R dan T, yang menunjukkan tingkat kesalahan yang lebih tinggi, menunjukkan perlunya kalibrasi dan optimasi lebih lanjut. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan terbukti menjadi solusi yang andal dan efisien untuk pemantauan daya listrik secara real-time, berkontribusi pada manajemen dan efisiensi energi yang lebih baik di Fakultas Teknik. Peningkatan di masa depan disarankan untuk memperbaiki fitur antarmuka pengguna dan mengintegrasikan algoritma manajemen energi untuk konsumsi energi yang lebih optimal.

Kata Kunci: *Internet Of Things* , Pemantauan Daya Listrik, ESP32

ABSTRACT

This research presents the design and implementation of an Internet of Things (IoT) based electrical power monitoring system at the Faculty of Engineering, Universitas Mulawarman. The increasing reliance on electrical energy in various sectors, including education, necessitates an efficient monitoring system that provides real-time data on electricity consumption. Traditional methods, such as kWh meters, only offer cumulative readings, lacking the capability for immediate feedback on power usage. The proposed system utilizes an ESP32 microcontroller and a three-phase power meter, connected via RS-485 communication protocol, to collect and transmit data to a cloud platform, Thinger.io. This setup allows for the monitoring of critical parameters such as voltage, current, active power, reactive power, apparent power, and power factor in real-time. The system was tested under various operational conditions to evaluate its performance and accuracy. Results indicate that the IoT-based monitoring system achieved a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 0.088% for voltage measurements, demonstrating high accuracy compared to manual methods. However, discrepancies were noted in current measurements, particularly for phases R and T, which exhibited higher error rates, suggesting the need for further calibration and optimization. Overall, the developed system proves to be a reliable and efficient solution for real-time electrical power monitoring, contributing to better energy management and efficiency in the Faculty of Engineering. Future enhancements are recommended to improve user interface features and integrate energy management algorithms for optimized energy consumption.

Keyword: *Internet of things, Electrical power monitoring, ESP3*

1. Pendahuluan

Listrik merupakan energi penting yang sangat dibutuhkan di era modern, terutama untuk operasional perkantoran, industri, dan lembaga pendidikan seperti Universitas Mulawarman. Di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, listrik digunakan untuk penerangan, AC, komputer, dan peralatan lain, namun pemantauan konsumsinya masih terbatas. Saat ini, pengukuran daya listrik hanya mengandalkan kWh meter dari PLN yang menampilkan data kumulatif, bukan real-time, sehingga menyulitkan evaluasi efisiensi energi. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan yang dapat memberikan informasi penggunaan daya secara aktual untuk memudahkan pengelolaan energi.

Salah satu tantangan dalam pemantauan listrik adalah keterbatasan akses informasi secara real-time dari jarak jauh. Sistem konvensional tidak memungkinkan pengguna memantau konsumsi daya secara langsung, padahal data real-time sangat penting untuk identifikasi pemborosan energi. Menurut Japan International Cooperation Agency (JICA), sistem penerangan gedung merupakan salah satu konsumen listrik terbesar setelah pendingin udara, sehingga pemantauan yang efektif dapat membantu penghematan energi. Dengan teknologi IoT, pemantauan dapat dilakukan secara otomatis dan terpusat, memberikan gambaran jelas tentang profil beban listrik di setiap ruangan [1-4].

Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring daya listrik berbasis IoT di Gedung Fakultas Teknik Universitas Mulawarman untuk menyediakan data real-time. Sistem ini akan memudahkan pengelola gedung dalam memantau konsumsi energi, mengidentifikasi tren penggunaan, dan mengambil keputusan manajemen yang lebih efisien. Dengan adanya pemantauan secara otomatis, diharapkan dapat tercapai pengoptimalan penggunaan listrik serta mendukung efisiensi energi listrik dan penghematan biaya pemakaian listrik [5,6].

2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian merupakan serangkaian metode yang disusun dengan sistematis. Tahapan penelitian dirancang sebagai proses yang harus dilalui sebelum mencapai hasil penelitian. Tahapan proses yang harus dilalui sebelum mencapai hasil penelitian yang berupa kesimpulan adalah mulai dari penentuan masalah, studi pendahuluan, penentuan tujuan penelitian, perumusan masalah, studi literatur, pengumpulan data, serta analisis data.

A. Penentuan masalah

Tahapan penentuan masalah merupakan proses pencarian untuk memperoleh sebuah permasalahan. Tahapan ini biasanya dilakukan dengan cara melakukan survei secara langsung atau pencarian informasi melalui jurnal atau buku. Tahapan ini akan menghasilkan rumusan masalah dari topik yang akan diteliti oleh penulis.

B. Studi Literatur

Tahapan studi literatur merupakan proses pengumpulan literatur serta kajian data yang berkaitan dengan masalah yang terdapat pada penelitian. Studi literatur bertujuan untuk memperkuat teori yang digunakan dalam penelitian.

C. Penentuan Tujuan

Tahapan penentuan tujuan merupakan proses untuk mencari tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan yang dimana tujuan tersebut berupa solusi untuk penyelesaian masalah yang terdapat pada rumusan masalah penelitian

D. Perumusan Masalah

Tahapan perumusan masalah dilakukan agar peneliti berfokus pada masalah – masalah yang ada pada penelitian

E. Perancangan dan Pembuatan Sistem

Tahapan perancangan dan pembuatan sistem merupakan proses perancangan dan pembuatan alat yang akan menjadi objek penelitian.

F. Pengujian Sistem

Tahapan pengujian sistem merupakan proses untuk mengetahui kinerja dari alat yang telah dibangun.

G. Sistem berjalan

Pada tahapan ini peneliti akan menguji apakah sistem yang telah dibangun akan berjalan sesuai dengan perancangan. Apabila terdapat kesalahan dalam pembacaan sistem selama dilakukan pengujian, maka peneliti akan mencari kembali sumber yang menyebabkan kesalahan tersebut dan memperbaikinya hingga sistem yang telah dibangun berjalan sesuai dengan perancangan.

H. Perbaiki Sistem

Pada tahapan ini peneliti akan memperbaiki sistem yang telah dirancang jika terjadi ketidaksesuaian sistem dengan rancangan.

I. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan proses perhitungan menggunakan persamaan yang diperlukan pada penelitian dan pengumpulan data pengujian yang telah dilakukan.

J. Analisis Data

Tahapan analisis data merupakan tahapan pengolahan data yang diperoleh dari pengumpulan data sistem yang telah dibangun guna mendapatkan kesimpulan dari sebuah penelitian.

K. Kesimpulan

Proses ini akan menghasilkan jawaban dari tujuan penelitian yang merupakan solusi dari masalah penelitian dengan mengacu pada analisis data.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengujian Komponen

Pada pengujian komponen dilakukan pengambilan data seperti komponen power meter dan ESP32 yang akan dilakukan pengujian setelahnya apakah komponen tersebut bisa untuk digunakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan pengukuran tegangan menggunakan protokol komunikasi RS-485 antara ESP32 dan power meter.

Tabel 1. Tabel Pengujian RS-485

Tegangan R dari ESP32	Tegangan R dari power meter	Error
404,8 V	403,7 V	0.27%
404,6 V	405,0 V	0.09%
405,3 V	405,1 V	0.04%
404,8 V	404,9 V	0.02%
405,6 V	405,5 V	0,02%

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) sebesar 0,088%. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan antara tegangan yang diukur oleh ESP32 dan power meter sangat kecil, dengan persentase kesalahan maksimum sebesar 0,27%. Temuan ini mengindikasikan bahwa komunikasi dan pengukuran menggunakan protokol RS-485 memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan dapat diandalkan untuk aplikasi pengukuran tegangan.

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja pengiriman data dari ESP32 ke *databuckets* dalam berbagai kondisi operasional, yaitu kombinasi status power meter dan koneksi Wi-Fi. Hasil pengujian dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 1 Pengujian pengirim data ESP32 ke data buckets

No.	Input	Output	Kesimpulan
1.	Power meter mati dan wifi mati	Pembacaan data gagal dengan semua variabel bernilai 0 dan pengiriman data tidak bisa dilakukan	Sesuai rancangan

2.	Power meter hidup dan wifi mati	Pembacaan data berhasil sedangkan pengiriman data tidak bisa dilakukan	Sesuai rancangan
3.	Power meter mati dan wifi hidup	Pembacaan data gagal dengan semua variabel bernilai 0 dan pengiriman data berhasil	Sesuai rancangan
4.	Power meter hidup dan wifi hidup	Pembacaan berhasil dan pengiriman data berhasil	Sesuai rancangan

Dari hasil pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan rancangan yang diharapkan. Pengujian ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang dalam berbagai kondisi operasional.

Pada pengambilan data dilakukan 10 menit, dalam 10 menit didapatkan keterlambatan waktu pada thinger.io. Berikut hasil pengujian keterlambatan data pada thinger.io.

Tabel 2 Pengujian keterlambatan data pada thinger.io

No	Waktu Diterima	Waktu diharapkan	Latensi (detik)	Keterangan
1.	0:03:58	0:03:58	0	Tepat Waktu
2.	0:05:03	0:04:58	5	Terlambat 5 detik
3.	0:05:58	0:05:58	0	Tepat Waktu
4.	0:06:58	0:06:58	0	Tepat Waktu
5.	0:08:00	0:07:58	2	Terlambat 2 detik
6.	0:09:00	0:08:58	2	Terlambat 2 detik
7.	0:09:58	0:09:58	0	Tepat Waktu
8.	0:10:58	0:10:58	0	Tepat Waktu
9.	0:12:00	0:11:58	2	Terlambat 2 detik
10.	0:13:00	0:12:58	2	Terlambat 2 detik

Keterlambatan tampak terjadi dengan frekuensi tertentu, terutama sekitar menit ke-8 dan ke-12. Ini mungkin menunjukkan adanya pola atau kondisi tertentu yang mempengaruhi keterlambatan pada waktu-waktu ini. Tepat Waktu (Latensi 0 detik). Data diterima tepat waktu pada 5 dari 10 kesempatan (50%). Keterlambatan 2 Detik. Terjadi sebanyak 4 kali (40%). Keterlambatan 5 Detik Terjadi 1 kali (10%). Total latensi yaitu 5 (untuk keterlambatan 5 detik) + 8 (4 x 2 detik) yaitu 13 detik. Rata-rata latensi yaitu 13 detik / 10 sama dengan 1,3 detik per pengiriman.

B. Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras *Power Realtime Monitoring System* menggunakan box komponen yang terbuat dari bahan akrilik, yang dipilih karena memiliki bobot ringan dan mudah dibentuk sesuai kebutuhan. Di dalam kotak tersebut terdapat berbagai komponen, antara lain ESP32, modul komunikasi serial RS485, power meter 3 fasa, kipas pendingin, adaptor, stop kontak, dan terminal kotak yang ditempatkan di samping kotak komponen.



Gambar 1 Tampilan kotak komponen

kotak komponen pada lokasi penempatan diletakan di samping panel listrik pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Lanjut Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.

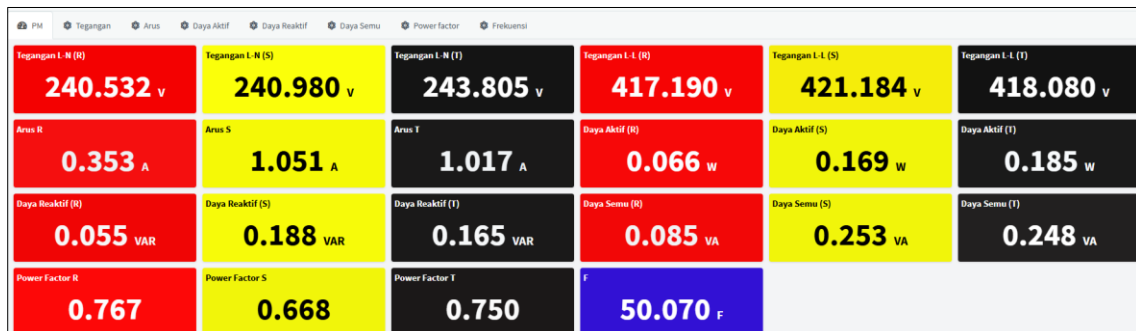


Gambar 2 Penempatan pada panel listrik

Setelah pemasangan panel dan jalur kabel selesai, dilakukan pengujian power meter menggunakan alat ukur manual berupa *power analyzer*. Pengujian ini dilakukan saat terdapat pemakaian daya atau beban pada gedung.

C. Implementasi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk keperluan monitoring dan pengelolaan basis data dalam penelitian ini adalah Thinger.io. Thinger.io merupakan platform Internet of Things (IoT) yang dapat diakses melalui tautan <https://console.thinger.io/login>. Platform ini menyediakan berbagai fitur yang mendukung penelitian, seperti halaman *login*, *statistics*, *devices*, *dashboards*, dan *databuckets*. Pada *dashboards*, ada beberapa tab untuk menampilkan beberapa variabel.



Gambar 3 Tampilan tab utama

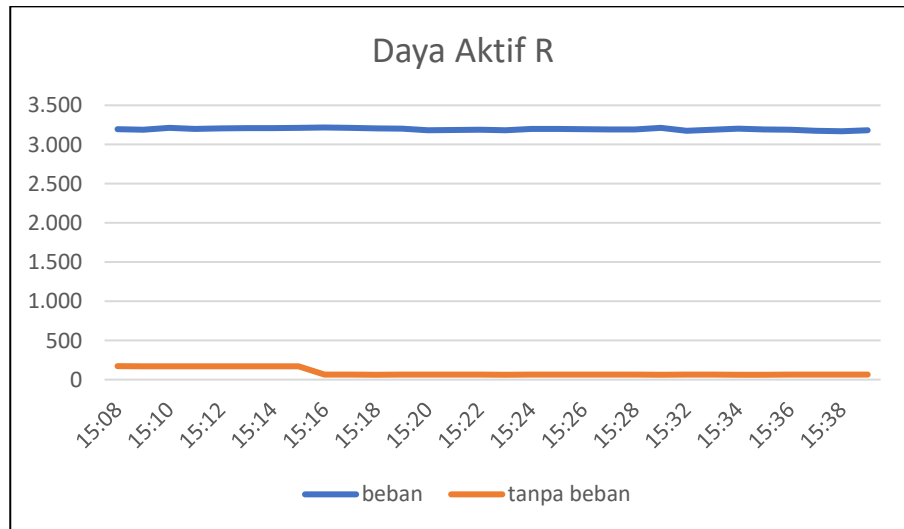
semua variabel ditampilkan semua dalam bentuk angka dengan interval data per 1 menit. Semua data yang ditampilkan didapatkan dari *databuckets*. Pada tab lainnya akan dikelompokkan sesuai variabelnya.

D. Interpretasi prototype sistem monitoring daya listrik berbasis IoT

Interpretasi *prototype* sistem monitoring daya listrik berbasis IoT adalah Proses memahami atau memberikan makna terhadap sesuatu (data, hasil, pesan, atau situasi), Yang bertujuan Untuk menjelaskan, memahami, atau menafsirkan informasi agar dapat diambil kesimpulan atau tindakan, Pengambilan data dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dengan *power analyzer* dan IoT pada sistem. Pengambilan data secara manual bertujuan untuk mengumpulkan data atau nilai dari alat ukur sehingga menjadi acuan atau tolak ukur yang berkemudian menjadi kalibrasi pada mikrokontroler, Sedangkan pengambilan data secara IoT bertujuan untuk mengumpulkan data atau nilai yang berasal dari sistem yang di tampilkan pada website, Pengambilan data secara manual di lakukan pada tanggal 30 desember 2024 selama tiga puluh menit yang di lakukan sebelum pengambilan data IoT, Data secara manual yang di dapatkan adalah tegangan , arus, daya aktif, daya reaktif , daya semu, frekuensi dan power faktor.

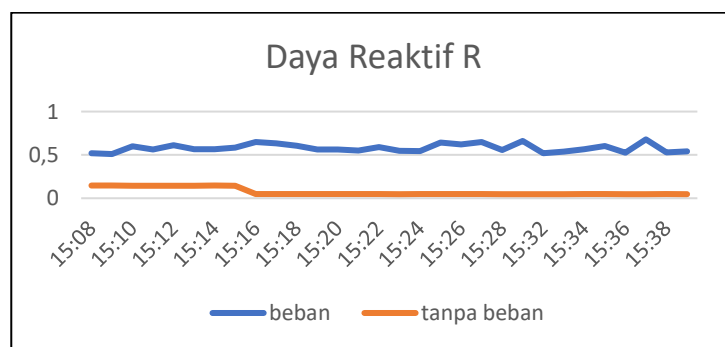
E. Analisis data

Untuk memahami perbedaan kinerja pada sistem yang telah dibuat, maka dilakukan pengujian dengan kondisi ada pemakaian beban dan tanpa pemakaian beban, kita dapat membandingkan grafik daya pada kedua kondisi tersebut. Grafik daya menunjukkan perubahan pada fase R, yang mencerminkan total daya yang ditarik oleh sistem. Sebaliknya, grafik daya tanpa beban memperlihatkan kinerja sistem ketika tidak ada beban yang terhubung, yang umumnya menunjukkan fluktuasi atau stabilitas daya yang berbeda dibandingkan dengan kondisi berbeban.



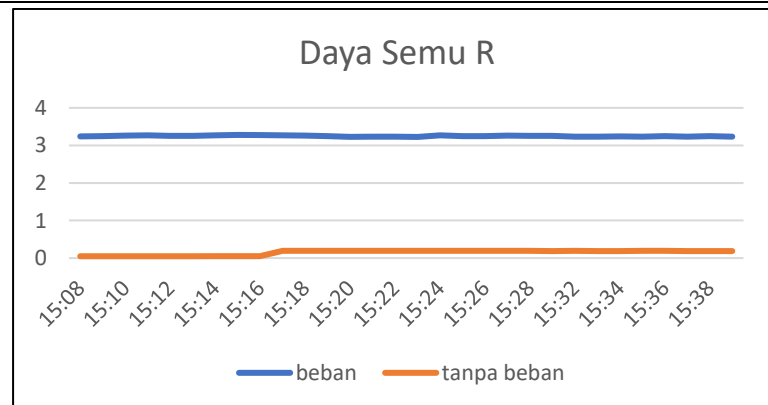
Gambar 4. Grafik Daya Aktif R beban dan tanpa beban

Grafik daya aktif R memberikan informasi penting tentang konsumsi daya dalam kondisi beban dan tanpa beban. Ketika beban diterapkan, grafik daya aktif R menunjukkan peningkatan yang signifikan, mencerminkan konsumsi daya yang lebih tinggi. Peningkatan daya aktif R ini dapat diindikasikan oleh adanya komponen yang bekerja lebih keras untuk memenuhi permintaan. Dalam kondisi tanpa beban, grafik menunjukkan nilai daya aktif R yang lebih rendah dan stabil.



Gambar 5. Grafik Daya Reaktif R beban dan tanpa beban

Grafik daya reaktif menggambarkan hubungan antara daya reaktif yang digunakan oleh sistem dalam kondisi beban dan tanpa beban. Puncak pada grafik menunjukkan titik di mana daya reaktif mencapai maksimum, yang biasanya terjadi pada beban induktif. Dalam kondisi tanpa beban, grafik menunjukkan nilai daya reaktif yang lebih rendah dan cenderung stabil.



Gambar 6. Grafik daya semu R pemakaian beban dan tanpa beban

Dalam kondisi tanpa beban, grafik menunjukkan nilai daya semu yang lebih rendah dan stabil. Fluktuasi yang minimal dalam kondisi tanpa beban menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan efisiensi yang lebih baik. Perbandingan antara kondisi beban dan tanpa beban menunjukkan bahwa beban yang diterapkan secara langsung mempengaruhi daya semu. Kenaikan yang signifikan dalam daya semu saat beban diterapkan mengindikasikan bahwa sistem memerlukan lebih banyak daya untuk mendukung baik daya aktif maupun daya reaktif.

Meskipun sistem monitoring daya listrik berbasis IoT menunjukkan potensi untuk memantau penggunaan daya secara real-time, adanya error yang masih tinggi, terutama pada fase T, menunjukkan bahwa sistem ini belum sepenuhnya layak untuk diimplementasikan secara luas. Akurasi yang rendah dapat menyebabkan kesalahan dalam pengambilan keputusan terkait penggunaan energi dan efisiensi, yang pada gilirannya dapat berdampak negatif pada pengelolaan sumber daya listrik. Dalam konteks ini, beberapa batasan penggunaan perlu diperhatikan. Pertama, sistem mungkin tidak dapat diandalkan dalam lingkungan dengan fluktuasi daya yang tinggi atau interferensi elektromagnetik, yang dapat mempengaruhi akurasi pengukuran. Selain itu, pengumpulan data yang hanya dilakukan pada waktu tertentu tidak memberikan gambaran lengkap tentang penggunaan daya, sehingga analisis yang lebih mendalam diperlukan. Keterbatasan fitur dalam sistem saat ini, seperti kurangnya analisis mendalam atau fitur prediktif, juga dapat menghambat pengambilan keputusan yang lebih baik. Terakhir, aspek keamanan dalam pengiriman dan penyimpanan data belum dibahas, yang dapat menjadi risiko jika sistem diimplementasikan dalam skala besar. Oleh karena itu, penting untuk melakukan perbaikan dan evaluasi lebih lanjut sebelum sistem ini diimplementasikan secara luas.

4. Kesimpulan

Sistem monitoring berbasis IoT berhasil diimplementasikan dengan baik, menggunakan komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai. ESP32, power meter, dan modul RS485 berfungsi dengan efektif untuk mengumpulkan dan mengirim data secara real-time. Sistem monitoring menunjukkan akurasi yang baik dengan hasil pengukuran yang konsisten dibandingkan dengan metode manual. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat diandalkan untuk memantau parameter listrik seperti tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, dan daya semu.

Hasil dari pengimplementasian sistem monitoring didasarkan pada integrasi komponen perangkat keras seperti ESP32, power meter, dan modul RS485 yang dirancang untuk mengukur parameter listrik dan mengirim data ke platform IoT. Sistem dirancang untuk mengumpulkan data listrik (tegangan, arus, daya) secara periodik dan real-time. Data dari power meter diproses melalui microcontroller sebelum dikirim ke platform berbasis cloud (Thingier.io) untuk analisis lebih lanjut. Sistem memanfaatkan komunikasi serial (RS485) untuk menghubungkan power meter dengan microcontroller, memastikan transmisi data yang stabil dan akurat ke platform IoT. Desain ini mendukung pengumpulan data dari berbagai titik dengan minimal gangguan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., & Rossi, F. (2020). Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 29. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.712J>. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, Vol. 61.
- [2] Handarly, D., & Lianda, J. (2018). Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Thing). *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 3(2), 205–208. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v3i2.241>
- [3] Hilmansyah, H., Aditya, A. W., & Laksono, F. A. (2022). Sistem Monitoring Daya Listrik Gedung Terpadu Politeknik Negeri Balikpapan Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknologi Terpadu*, 10(2), 164–170.
- [4] Hudan, Ivan Safril, R. T. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet of Things (Iot). *Jurnal Teknik ELEKTRO*, 08(01), 91–99.
- [5] Julpia, E., & Mashuri, A. (2021). IMPLEMENTASI LOGIKA FUZZY METODE MAMDANI PADA PREDIKSI BIAYA PEMAKAIAN LISTRIK. In *UJM* (Vol. 11, Issue 2).
- [6] Mulyani, D., & Hartono, D. (2018). Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 1. <https://doi.org/10.24843/jekt.2018.v11.i01.p01>