

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* ENERGI BERBASIS IOT

Muhammad Rafi Zhafran^{a,1,*}, Sa'adilah Rosyadi, S.Pd., M.Pd.^{b,2}

^{a,b} Departement of Electrical and Electronic Engineering, Vocational Faculty, UNY

¹ muhammadrafi.2021@student.uny.ac.id; ² saadillah.rosyadi@uny.ac.id.

* Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article History

Received 25 February 2026

Revised 15 March 2026

Accepted 2 April 2026

Keywords

Internet of Things;

Energy Monitoring;

ESP32;

PZEM-004T;

Blynk. PZEM-017

ABSTRACT

The increasing use of electrical energy in residential sectors has led to higher electricity consumption and a greater risk of inefficient energy utilization. Most household users still have limited access to real-time information regarding electrical parameters, making it difficult to monitor energy consumption and prevent overload conditions. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based energy monitoring system for a 1300 VA household electrical installation. The proposed system not only provides real-time monitoring but also integrates automatic load priority management and scheduling functions to improve energy efficiency and operational safety. The system was developed using an ESP32 microcontroller as the main controller, a PZEM-004T V3 sensor for measuring voltage, current, power, and energy consumption, an SCT-013 current sensor for overload detection, an RTC DS3231 module for load scheduling, and Solid State Relays (SSR) for load control. Electrical parameters were displayed locally on a 20×4 LCD and transmitted to the Blynk platform via Wi-Fi for remote monitoring. Experimental results showed that the PZEM-004T sensor achieved voltage measurement errors ranging from 0.04% to 1.10%, current measurement errors from 0% to 3.30%, and energy measurement errors from 0% to 1.50%. The SCT-013 sensor produced errors between 2% and 6%, which remained acceptable for protection purposes. The load priority mechanism successfully disconnected non-priority loads during overload conditions, while the RTC-based scheduling function operated according to predefined schedules. Furthermore, the Blynk platform displayed monitoring data in real time with stable communication performance. In conclusion, the developed system successfully performs real-time energy monitoring, automatic load management, and energy optimization for household electrical installations, making it suitable for practical residential applications.

Peningkatan penggunaan energi listrik pada sektor rumah tangga menyebabkan konsumsi listrik semakin tinggi sehingga diperlukan sistem yang mampu memantau penggunaan energi secara efektif dan real-time. Sebagian besar pengguna masih mengalami kesulitan dalam mengetahui kondisi konsumsi listrik secara langsung sehingga berpotensi menimbulkan pemborosan energi dan kondisi beban berlebih. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring energi berbasis Internet of Things (IoT) pada instalasi rumah tangga berdaya 1300 VA. Sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi untuk

melakukan pemantauan energi listrik secara real-time, tetapi juga dilengkapi dengan fitur pengaturan prioritas beban dan penjadwalan otomatis guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor PZEM-004T V3 untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi listrik, sensor SCT-013 untuk mendukung deteksi arus berlebih, modul RTC DS3231 sebagai pengatur jadwal beban, serta Solid State Relay (SSR) sebagai aktuator pengendali beban. Data hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 20×4 dan dikirimkan ke platform Blynk melalui jaringan Wi-Fi sehingga dapat dipantau dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki tingkat kesalahan pengukuran tegangan sebesar 0,04%–1,10%, arus sebesar 0%–3,30%, dan energi listrik sebesar 0%–1,50%. Sensor SCT-013 memiliki tingkat kesalahan antara 2%–6% dan masih layak digunakan untuk kebutuhan proteksi. Sistem prioritas beban mampu memutus beban non-prioritas secara otomatis ketika terjadi kondisi overload, sedangkan fitur penjadwalan berbasis RTC DS3231 dapat berjalan sesuai waktu yang telah ditentukan. Selain itu, platform Blynk mampu menampilkan data monitoring secara real-time dengan koneksi yang stabil. Berdasarkan hasil penelitian, sistem yang dirancang berhasil melakukan monitoring energi listrik secara real-time, pengendalian beban otomatis, dan pengelolaan energi yang lebih efisien pada instalasi rumah tangga 1300 VA.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.



1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan masyarakat modern. Peningkatan penggunaan peralatan listrik rumah tangga menyebabkan konsumsi energi listrik terus meningkat sehingga diperlukan sistem yang mampu memantau penggunaan energi secara efektif dan real-time. Kurangnya informasi mengenai konsumsi energi listrik sering mengakibatkan pemborosan energi serta meningkatkan risiko terjadinya beban berlebih (overload) yang dapat mengganggu keamanan instalasi listrik rumah tangga [1]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring yang mampu memberikan informasi penggunaan energi secara akurat dan mudah diakses oleh pengguna.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan proses monitoring dan pengendalian perangkat listrik dilakukan secara jarak jauh melalui jaringan internet [2]. Beberapa penelitian telah memanfaatkan ESP32 dan sensor PZEM-004T untuk memantau parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi listrik secara real-time [3], [4]. Penelitian lain mengembangkan sistem monitoring dan pengendalian beban listrik berbasis IoT menggunakan aplikasi mobile sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi kelistrikan [5]. Selain itu, sensor SCT-013 telah banyak digunakan sebagai sensor arus non-invasif yang memiliki tingkat akurasi cukup baik untuk kebutuhan monitoring dan proteksi sistem kelistrikan [6].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada fungsi monitoring tanpa dilengkapi mekanisme pengelolaan beban secara otomatis. Penelitian oleh Andreansyah [3] hanya berfokus pada monitoring energi berbasis IoT, sedangkan penelitian oleh Priyono [4] telah menerapkan monitoring dan pengendalian beban namun belum mengintegrasikan prioritas beban dan penjadwalan otomatis. Penelitian lain yang dilakukan oleh Yuniarto dkk. [7] dan Zulkifli dkk. [8] juga berfokus pada monitoring energi listrik tanpa menerapkan sistem manajemen beban yang terintegrasi. Kondisi tersebut menunjukkan masih adanya peluang untuk mengembangkan sistem monitoring energi yang mampu melakukan pengendalian beban secara otomatis berdasarkan kondisi konsumsi daya dan jadwal penggunaan.

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring energi berbasis Internet of Things (IoT) pada instalasi rumah tangga 1300 VA menggunakan ESP32, sensor PZEM-004T V3, sensor SCT-013, RTC DS3231, dan Solid State Relay (SSR). Novelty penelitian terletak pada integrasi fungsi monitoring energi secara real-time, proteksi overload berbasis prioritas beban, serta penjadwalan otomatis dalam satu sistem yang terintegrasi. The contribution of this research is the development of an IoT-based energy monitoring system that integrates real-time monitoring, automatic load priority management, overload protection, and scheduled load control for household electrical installations. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik serta keamanan instalasi rumah tangga.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang berfokus pada perancangan, pengembangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring energi berbasis Internet of Things (IoT) pada instalasi rumah tangga 1300 VA. Sistem dirancang untuk melakukan pemantauan parameter kelistrikan secara real-time, meliputi tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya, serta menyediakan fitur monitoring jarak jauh melalui platform IoT.

Perancangan sistem dilakukan dengan menyusun diagram blok yang menggambarkan hubungan antara ESP32 sebagai mikrokontroler utama dengan seluruh komponen pendukung, yaitu sensor PZEM-004T V3, sensor arus SCT-013, modul RTC DS3231, Solid State Relay (SSR), LCD 20×4 I2C, buzzer, lampu indikator, dan aplikasi Blynk. ESP32 berfungsi untuk membaca data dari sensor, mengolah informasi yang diperoleh, menampilkan hasil pengukuran pada LCD, serta mengirimkan data secara real-time ke platform Blynk melalui jaringan Wi-Fi.

Setelah tahap perancangan selesai, sistem diimplementasikan dan dilakukan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi kinerja setiap komponen. Pengujian meliputi pengujian sensor PZEM-004T V3, sensor SCT-013, RTC DS3231, SSR, LCD, dan aplikasi Blynk. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran, keandalan komunikasi data, serta keberhasilan sistem dalam melakukan monitoring energi listrik secara *real-time*.

2.1 Perancangan Sistem

Sistem monitoring energi berbasis Internet of Things (IoT) dirancang untuk memantau parameter kelistrikan pada instalasi rumah tangga 1300 VA secara real-time. Sistem menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang bertugas mengolah data hasil pengukuran sensor serta mengirimkan data ke platform monitoring melalui jaringan Wi-Fi.

Sensor PZEM-004T V3 digunakan untuk mengukur parameter listrik berupa tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Selain itu, sensor SCT-013 digunakan untuk memantau arus listrik secara non-invasive sebagai pendukung fungsi monitoring dan proteksi. Modul RTC DS3231 digunakan sebagai sumber informasi waktu untuk menjalankan fungsi penjadwalan otomatis. Data hasil pengukuran diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada LCD 20×4 serta dikirimkan ke aplikasi Blynk untuk monitoring jarak jauh. Sistem juga dilengkapi buzzer, lampu indikator, dan Solid State Relay (SSR) untuk mendukung fungsi peringatan dan pengendalian beban.

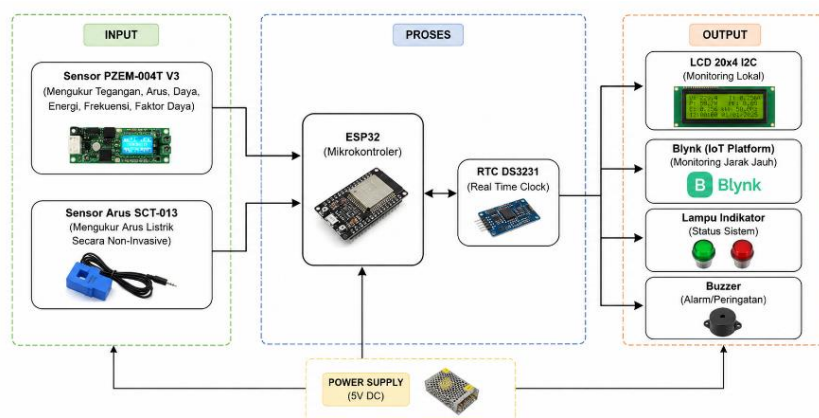


Fig. 1 Diagram Blok Sistem Monitoring Energi Berbasis IOT

Diagram blok sistem pada Gambar 1 menunjukkan hubungan antara sensor, mikrokontroler, dan perangkat keluaran. Data dari sensor PZEM-004T V3 dan SCT-013 diterima oleh ESP32 untuk diproses. Selanjutnya data ditampilkan secara lokal melalui LCD dan secara daring melalui aplikasi Blynk. RTC DS3231 memberikan informasi waktu yang digunakan untuk fungsi penjadwalan beban, sedangkan SSR berfungsi sebagai aktuator untuk mengendalikan beban listrik berdasarkan kondisi sistem.

2.2 Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem diawali dengan proses inialisasi seluruh perangkat keras, meliputi ESP32, sensor PZEM-004T V3, sensor SCT-013, RTC DS3231, LCD, serta koneksi Wi-Fi. Setelah proses inialisasi berhasil, sensor melakukan pengukuran parameter listrik secara periodik dan mengirimkan data ke ESP32 untuk diproses.

Data hasil pengukuran kemudian ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke platform Blynk sehingga dapat dipantau secara real-time melalui perangkat bergerak. Sistem juga melakukan pemeriksaan terhadap kondisi beban dan menjalankan fungsi penjadwalan berdasarkan informasi waktu dari RTC DS3231. Apabila terjadi kondisi tertentu yang telah ditentukan, buzzer dan lampu indikator akan memberikan notifikasi kepada pengguna.

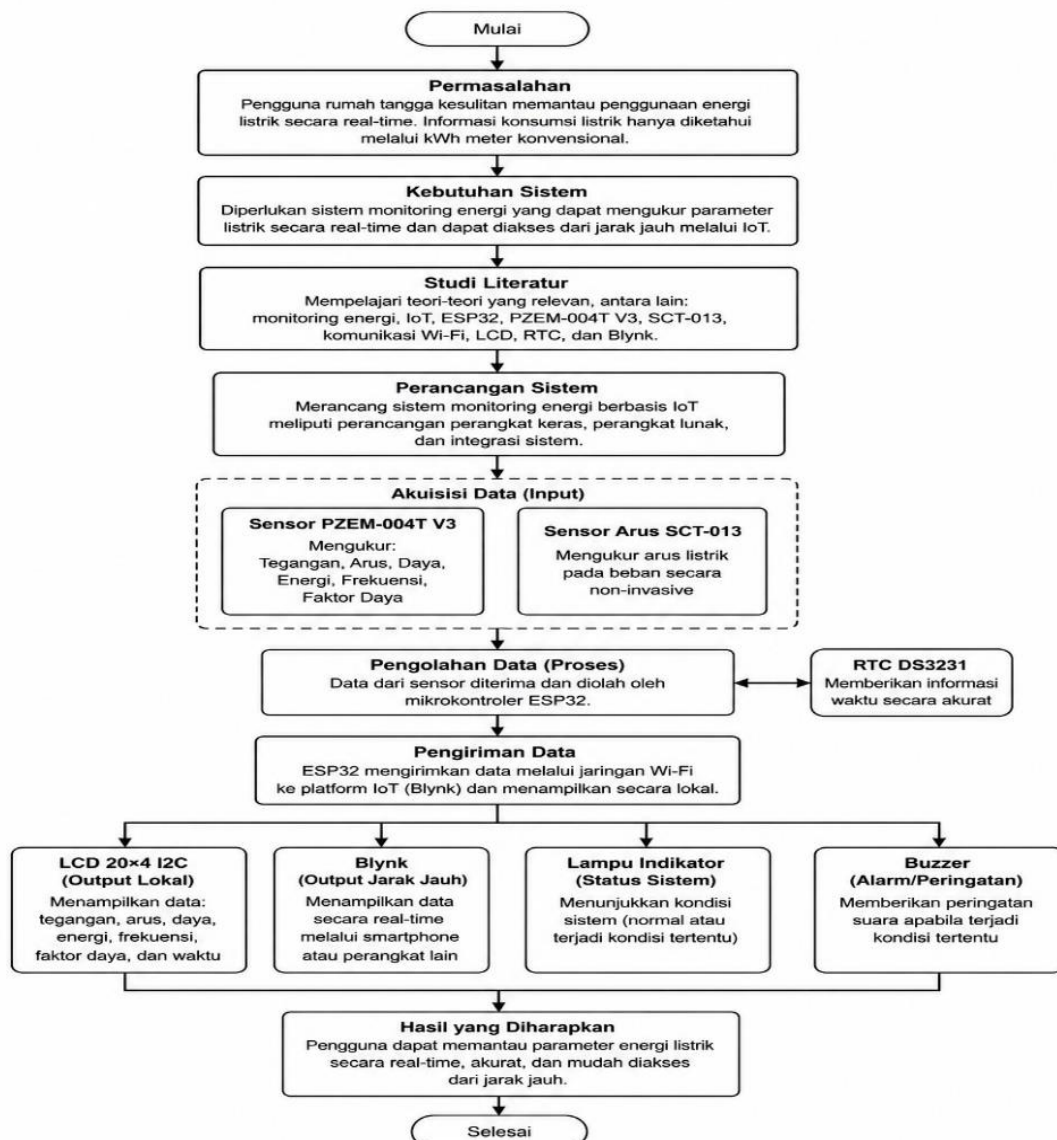


Fig. 2 Flowchart Sistem Monitoring Energi Berbasis IOT

Flowchart pada Gambar 2 menggambarkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi permasalahan,

studi literatur, perancangan sistem, akuisisi data menggunakan sensor, proses pengolahan data oleh ESP32, hingga penyajian informasi melalui LCD dan aplikasi Blynk.

2.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja setiap komponen dan memastikan sistem bekerja sesuai dengan rancangan. Pengujian meliputi sensor PZEM-004T V3, sensor SCT-013, RTC DS3231, LCD, aplikasi Blynk, buzzer, serta fungsi pengendalian beban menggunakan SSR.

Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur referensi. Nilai kesalahan dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\%Error = \frac{\text{alat ukur} - \text{sensor}}{\text{alat ukur}} \times 100\% \dots (1)$$

dengan X_r merupakan nilai referensi dan X_s merupakan nilai hasil pengukuran sensor.

Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor, keandalan komunikasi data pada aplikasi Blynk, serta keberhasilan fungsi monitoring dan pengendalian beban yang diterapkan pada sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

Bab ini menyajikan hasil implementasi serta pengujian sistem monitoring energi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja setiap komponen, meliputi sensor PZEM-004T V3, sensor arus SCT-013, modul RTC DS3231, Solid State Relay (SSR), LCD 20×4 I2C, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring jarak jauh. Selain itu, dilakukan analisis terhadap tingkat akurasi pengukuran, keandalan komunikasi data, dan kemampuan sistem dalam menjalankan fungsi monitoring energi listrik secara real-time. Hasil pengujian yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui kesesuaian kinerja sistem dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Monitoring energi berbasis *Internet of Things* (IoT) berhasil direalisasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Sistem terdiri dari sensor PZEM-004T V3, sensor arus SCT-013, modul RTC DS3231, LCD 20×4 I2C, buzzer, lampu indikator, aplikasi Blynk, dan Solid State Relay (SSR). Seluruh komponen telah terintegrasi dan mampu beroperasi sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat. Gambar 3 menunjukkan hasil implementasi perangkat keras sistem monitoring energi berbasis IoT yang digunakan pada penelitian ini.



Fig. 3 Hasil Implementasi Sistem

3.2 Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T V3

Pengujian sensor PZEM-004T V3 dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan alat ukur referensi. Tabel 1. menunjukkan hasil pengujian tegangan menggunakan sensor PZEM-004T V3.

Table 1 Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T V3

No	Parameter	Nilai Teori	Hasil Sensor	Nilai Referensi	Error (%)	Hasil
1	Tegangan	220 V	221 V	220 V	0,45	Normal
2	Tegangan	220 V	219 V	218 V	0,45	Normal
3	Tegangan	220 V	217 V	216 V	0,46	Normal
4	Tegangan	220 V	223 V	222 V	0,45	Normal
5	Arus	0,18 A	0,18 A	0,18 A	0,00	Normal
6	Arus	1,39 A	1,36 A	1,39 A	2,16	Normal
7	Arus	4,00 A	4,10 A	4,08 A	0,49	Normal
8	Arus	0,345 A	0,36 A	0,35 A	2,86	Normal
9	Daya	39,6 W	39,8 W	39,6 W	0,50	Normal
10	Daya	303 W	297,8 W	303 W	1,72	Normal
11	Daya	881 W	889,7 W	881 W	0,98	Normal
12	Daya	77,7 W	80,3 W	77,7 W	3,34	Normal

Berdasarkan Tabel 1, sensor PZEM-004T V3 mampu mengukur parameter tegangan, arus, dan daya dengan tingkat akurasi yang baik. Nilai kesalahan pengukuran tegangan berada pada rentang **0,45–0,46%**, arus **0–2,86%**, dan daya **0,50–3,34%**. Seluruh nilai error masih berada di bawah 5%, sehingga sensor dinilai layak digunakan sebagai perangkat monitoring energi listrik pada sistem yang dikembangkan. Perbedaan hasil pengukuran dipengaruhi oleh toleransi sensor, variasi pembebanan, serta ketelitian alat ukur referensi.

3.3 Hasil Pengujian Sensor SCT-013

Pengujian sensor SCT-013 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi arus listrik pada beban rumah tangga. Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan alat ukur referensi berupa amperemeter untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi beban sehingga diperoleh nilai arus yang berbeda-beda.

Table 2 Hasil Pengujian Sensor SCT-013

No	Pengujian				Error	Hasil
	Input		Output			
	Jam	Beban	Arus SCT	Arus Tang ampere		
1	09.00	Lampu	0,17 A	0,18 A	5,56%	Normal
2	11.00	Rice Cooker	1,30 A	1,39 A	6,47%	Normal
3	13.00	AC	3,95 A	4,08 A	3,17%	Normal
4	15.00	Kipas	0,34 A	0,35 A	2,86%	Normal

Persentase kesalahan dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\%Error = \frac{\text{alat ukur} - \text{sensor}}{\text{alat ukur}} \times 100\% \dots (1)$$

Berdasarkan hasil pengujian, sensor SCT-013 mampu mendeteksi arus listrik dengan baik pada setiap variasi beban yang diberikan. Perbedaan hasil pengukuran terhadap alat ukur referensi masih berada dalam batas toleransi sehingga sensor dapat digunakan sebagai pendukung sistem monitoring dan proteksi arus pada instalasi rumah tangga.

3.4 Hasil Pengujian RTC DS3231

Pengujian modul RTC DS3231 dilakukan untuk memastikan ketepatan waktu yang digunakan dalam menjalankan fungsi penjadwalan beban. Pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu yang ditampilkan oleh RTC terhadap waktu aktual.

Table 3 Hasil Pengujian RTC DS3231

No	Pengujian				Selisih	Hasil
	Jam	Kondisi	Waktu Referensi	Waktu RTC DS3231		
1	01:10	Set Awal	01:10:00	01:10:00	0 S	Normal
2	01:15	5 menit setelah Set	01:15:00	01:15:01	+1 S	Normal
3	01:10	24 jam berjalan	01:10:00	01:10:02	+2 S	Normal
4	01:11	Set Mati	01:11:00	01:11:00	0 S	Normal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul RTC DS3231 mampu mempertahankan waktu dengan baik sehingga fungsi penjadwalan dapat berjalan sesuai waktu yang telah ditentukan. Ketelitian modul RTC sangat penting agar proses pengendalian beban berlangsung sesuai jadwal yang diinginkan pengguna.

3.5 Hasil Pengujian Solid State Relay (SSR)

Pengujian Solid State Relay (SSR) dilakukan untuk mengetahui kemampuan relay dalam mengendalikan beban listrik berdasarkan perintah dari mikrokontroler ESP32. Pengujian dilakukan dengan mengaktifkan dan menonaktifkan beberapa beban listrik sesuai logika program yang telah dirancang.

Table 4 Hasil Pengujian SSR

No	Pengujian		Respon Sistem
	Kondisi	Daya Sensor	
1	Normal	< 600 W	semua beban aktif
2	Overload ringan	600-800 W	Beban prioritas rendah off
3	Overload sedang	800-1000 W	Beban sekunder off, primer menyala
4	Overload tinggi	> 1000 W	Semua beban di putus

Berdasarkan hasil pengujian, SSR mampu bekerja dengan baik dalam mengendalikan beban listrik. Relay merespons setiap perintah dari ESP32 tanpa mengalami keterlambatan yang berarti sehingga sistem pengendalian beban dapat berjalan secara optimal.

3.6 Hasil Pengujian Monitoring pada Blynk

Pengujian aplikasi Blynk dilakukan untuk memastikan data hasil pembacaan sensor dapat dikirim dan ditampilkan secara real-time melalui jaringan internet.

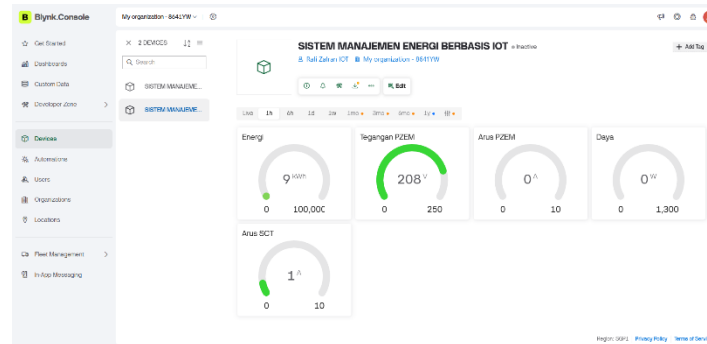


Fig. 4 Tampilan Monitoring pada Aplikasi Blynk

Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya berhasil ditampilkan pada aplikasi Blynk secara real-time. Selain itu, pengguna juga dapat memantau kondisi beban dan status sistem dari jarak jauh melalui perangkat smartphone selama ESP32 terhubung dengan jaringan Wi-Fi.

3.7 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja seluruh komponen setelah diintegrasikan menjadi satu sistem monitoring energi berbasis Internet of Things (IoT). Pengujian meliputi pembacaan parameter kelistrikan, pengiriman data ke aplikasi Blynk, fungsi penjadwalan menggunakan RTC DS3231, serta pengendalian beban menggunakan Solid State Relay (SSR).

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan, sistem mampu bekerja sesuai dengan rancangan. Sensor PZEM-004T V3 dan SCT-013 dapat mengukur parameter kelistrikan dengan tingkat akurasi yang baik, sedangkan ESP32 berhasil memproses dan mengirimkan data ke aplikasi Blynk secara real-time. Selain itu, fungsi penjadwalan dan pengendalian beban juga berjalan sesuai dengan logika yang telah diprogram. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring energi berbasis IoT yang dikembangkan layak diterapkan pada instalasi rumah tangga 1300 VA sebagai solusi untuk memantau penggunaan energi listrik secara efektif dan meningkatkan efisiensi pengelolaan energi.

4. Kesimpulan dan Saran

Bab ini menyajikan kesimpulan berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring energi berbasis *Internet of Things* (IoT) pada instalasi rumah tangga 1300 VA. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil evaluasi kinerja setiap komponen sistem, meliputi sensor PZEM-004T V3, sensor SCT-013, modul RTC DS3231, Solid State Relay (SSR), serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring secara *real-time*. Selain itu, disampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya agar memiliki tingkat akurasi, keandalan, dan fungsionalitas yang lebih baik.

4.1 Kesimpulan

Sistem monitoring energi berbasis *Internet of Things* (IoT) pada instalasi rumah tangga 1300 VA berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan sensor PZEM-004T V3, sensor arus SCT-013, modul RTC DS3231, Solid State Relay (SSR), LCD 20×4 I2C, buzzer, lampu indikator, dan aplikasi Blynk. Seluruh komponen telah melalui pengujian fungsional dan mampu bekerja sesuai dengan rancangan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T V3 memiliki tingkat kesalahan pengukuran tegangan sebesar 0,45–0,46%, arus sebesar 0–2,86%, dan daya sebesar 0,50–3,34%,

sehingga masih berada pada batas toleransi dan layak digunakan sebagai perangkat monitoring energi listrik. Sensor SCT-013 juga mampu mendeteksi arus beban dengan baik sebagai pendukung sistem monitoring, sedangkan modul RTC DS3231 berhasil menjalankan fungsi penjadwalan sesuai waktu yang telah ditentukan. Selain itu, aplikasi Blynk mampu menampilkan data parameter kelistrikan secara *real-time*, sehingga sistem yang dikembangkan dapat berfungsi secara efektif untuk memantau penggunaan energi listrik pada instalasi rumah tangga.

4.2 Saran

Pengembangan sistem selanjutnya disarankan untuk menggunakan sensor arus dan sensor energi dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi agar hasil pengukuran semakin mendekati nilai referensi. Sistem juga dapat dikembangkan dengan menambahkan media penyimpanan data berbasis *cloud* sehingga riwayat konsumsi energi dapat disimpan dan dianalisis dalam jangka panjang. Selain itu, fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi atau pesan singkat ketika terjadi kondisi *overload* maupun penggunaan daya yang melebihi batas dapat ditambahkan untuk meningkatkan keamanan sistem. Pengembangan berikutnya juga dapat mengintegrasikan algoritma *Machine Learning* atau *Artificial Intelligence* untuk menganalisis pola konsumsi energi dan memberikan rekomendasi penghematan listrik secara otomatis, sehingga sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring tetapi juga sebagai sistem manajemen energi yang lebih cerdas.

References

- [1] A. Andreansyah, *Prototype Smart Home Sistem Monitoring Arus Listrik Menggunakan Sensor PZEM-004T Berbasis IoT*, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2024.
- [2] R. Irlan and R. G. Wahyudi, *Rancangan Bangun Sistem Monitoring dan Pengontrolan Penggunaan Beban Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) di Kampus PSDKU Kolaka*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2023.
- [3] E. Kustiawan, "Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (PHO)," *Jurnal STT Yuppentek*, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [4] M. Liandana and M. A. W. Putra, "Sistem Otomatisasi Rumah untuk Mengatur Perangkat Listrik pada Saat Beban Puncak," in *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika*, 2015.
- [5] T. O. Priyono, "Monitoring dan Pengendalian Beban Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32," *Jurnal Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 57–68, 2023.
- [6] H. Widodo, Y. E. Putra, S. Suryani, and Ubaidah, "Sistem Otomatisasi Pengaturan Suhu dan Sirkulasi Udara di Ruangan Pasien Menggunakan Relay SSR dan Teknologi IoT Berbasis Blynk," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 12, no. 2, pp. 131–138, 2024.
- [7] Zulkifli, Jufriadi, Dailami, and Darmein, "Rancangan Bangun Alat Pemantauan dan Pengendalian Pemanfaatan Energi Listrik Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe," in *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 7, no. 1, pp. 101–105, 2025.
- [8] W. Arsa, "Analisis Sensor Arus Invasive ACS712 dan Sensor Arus Non Invasive SCT013 Berbasis Arduino," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, 2021.
- [9] I. Gunawan, M. Sadali, H. Ahmadi, and Jumawal, "Perancangan Aplikasi KWH Meter dan Sistem Monitoring Konsumsi Listrik Berbasis Internet of Things untuk Kamar Kos-Kosan," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 261–270, 2025.
- [10] E. Lesniewska, "Influence of the Selection of the Core Shape and Winding Arrangement on the Accuracy of Current Transformers with Through-Going Primary Cable," *Energies*, vol. 14, no. 7, 2021.
- [11] S. Piu, A. Arifin, and M. Rizal, "Optimasi Penggunaan Energi Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis Machine Learning dan Internet of Things," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 1, pp. 84–92, 2024.
- [12] R. F. Ramadhan and R. Mukhaiyar, "Penggunaan Database MySQL dengan Interface PhpMyAdmin sebagai Pengontrolan Smarthome Berbasis Raspberry Pi," *Jurnal Teknik Elektro*

Indonesia, vol. 1, no. 2, 2020.

- [13] B. Romadhoni and Akhmad, "Household Electricity Demand in South Sulawesi, Indonesia," *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 10, no. 4, pp. 229–233, 2020.
- [14] M. R. Setyanto and Y. Saragih, "Gangguan Penyulang Akibat Kegagalan Proteksi di Circuit Breaker Output Pelanggan pada Gardu Distribusi MP 244," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 22, no. 1, pp. 111–118, 2023.
- [15] W. Yuniarto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Energi Listrik pada Beban 3 Fasa Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of Things (IoT)," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 22, no. 1, 2023.