

MONITORING DAN PEMBATAAN PEMAKAIAN LISTRIK KAMAR KOST BERBASIS IoT ESP32 DENGAN KONTROL HP

Muchammad Fitroh Hadi¹, Aditya Chandra Hermawan², Reza Rahmadian³, Mahendra Widyartono⁴,
Unit Three Kartini⁵, Bambang Suprianto⁶
^{1,2,3,4,5,6} Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Article Info

Article history:

Diterima 29 Juni 2026

Direvisi 6 Juli 2026

Diterbitkan xx Bulan 20xx

Keywords:

Blynk

IoT

ESP32

Monitoring

PZEM-004T

ABSTRAK

Penggunaan satu kWh meter pada rumah kos menyebabkan pemilik kesulitan memantau konsumsi listrik setiap kamar secara *real-time* serta membatasi penggunaan listrik dari jarak jauh. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan sistem monitoring dan pembatasan penggunaan listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan PZEM-004T untuk mengukur tegangan, kemudian untuk mengukur arus, relay sebagai pengendali aliran listrik, dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring serta pengendalian jarak jauh. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap multimeter sebagai alat ukur acuan, sedangkan pengujian relay dilakukan melalui aplikasi Blynk untuk mengetahui tingkat keberhasilan respon sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PZEM-004T memiliki nilai *error* rata-rata pada pembacaan tegangan sebesar 0,45%, sedangkan pembacaan arus memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 3,7%. Pengujian respon relay memperoleh tingkat keberhasilan 100%, sehingga mampu menjalankan perintah *ON* dan *OFF* dengan baik melalui aplikasi Blynk. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan mampu melakukan monitoring penggunaan listrik secara *real-time* serta mengendalikan aliran listrik dari jarak jauh dengan tingkat akurasi dan keandalan yang baik, sehingga layak diterapkan sebagai solusi monitoring dan pembatasan penggunaan listrik pada rumah kos berbasis IoT.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Muchammad Fitroh Hadi

Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: muchammad.19050@mhs.unesa.ac.id

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah mendorong inovasi pada sistem monitoring energi listrik sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara *real-time* melalui jaringan internet [11]. Integrasi sensor, mikrokontroler, dan komunikasi nirkabel memungkinkan pengguna memperoleh informasi penggunaan listrik secara cepat, akurat, dan mudah diakses menggunakan *smartphone* [12]. Teknologi tersebut berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan energi sekaligus mendukung pengelolaan sistem kelistrikan secara lebih efektif [13].

Pada rumah kos, penggunaan listrik umumnya masih menggunakan satu kWh meter utama sehingga konsumsi energi setiap kamar tidak dapat diketahui secara terpisah. Kondisi tersebut menyulitkan pemilik kos dalam melakukan pengawasan penggunaan listrik, menentukan pembagian biaya secara adil, serta mendeteksi pemborosan energi maupun gangguan pada instalasi listrik [1]. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring berbasis IoT yang mampu menampilkan informasi penggunaan listrik setiap kamar secara *real-time* dan dapat diakses dari jarak jauh menggunakan *smartphone* [14]. Berbagai penelitian telah dilakukan terkait monitoring energi listrik berbasis IoT. Hamami et al. [1] mengembangkan sistem monitoring biaya penggunaan listrik pada

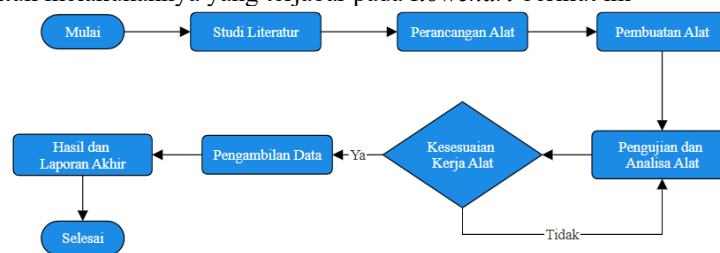
rumah kos berbasis *IoT*. Hudan dan Rijianto [2] merancang sistem monitoring daya listrik pada kamar kos menggunakan ESP32. Tangdialla et al. [3] mengembangkan sistem kamar kos pintar berbasis *IoT* untuk monitoring dan pengendalian perangkat listrik. Susilo et al. [4] memanfaatkan ESP32 sebagai pengendali pada sistem monitoring tegangan listrik. Lasera dan Wahyudi [5] mengembangkan sistem pengontrolan daya listrik berbasis ESP32 untuk *smart home*. Hidayat et al. [6] menunjukkan bahwa mikrokontroler mampu meningkatkan fleksibilitas sistem otomatisasi berbasis *IoT*. Abdillah et al. [7] menerapkan sistem kendali berbasis mikrokontroler yang terintegrasi dengan sensor dan aktuator. Satya et al. [8] mengembangkan instrumen pengukuran energi listrik berbasis ESP32 menggunakan sensor SCT013 dan ZMPT101B. Imaduddin [9] mengimplementasikan ESP32 pada sistem akuisisi data berbasis SCADA. Febryansyah [10] merancang sistem monitoring kWh meter menggunakan ESP32 dan aplikasi Blynk. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa *IoT* mampu meningkatkan efisiensi monitoring energi dan mendukung pengembangan smart energy management [15], [20]. Berdasarkan penelitian terdahulu, sebagian besar sistem masih berfokus pada monitoring parameter listrik ataupun pengendalian perangkat secara terpisah. Integrasi antara monitoring penggunaan listrik setiap kamar dengan pengendalian suplai listrik melalui *smartphone* masih belum banyak dikembangkan. Selain itu, implementasi sistem yang dirancang khusus untuk membantu pengelolaan listrik pada rumah kos masih relatif terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sistem monitoring dan pengendalian listrik kamar kos berbasis *Internet of Things* menggunakan ESP32. Sistem dirancang untuk memantau penggunaan listrik setiap kamar secara real-time sekaligus memberikan fasilitas kepada pemilik kos untuk menghubungkan maupun memutus suplai listrik melalui *smartphone*. Kontribusi penelitian ini adalah mengintegrasikan fungsi monitoring dan pengendalian dalam satu sistem yang sederhana, berbiaya rendah, serta mudah diimplementasikan sebagai solusi pengelolaan energi listrik pada rumah kos.

2. METODA

2.1 Perancangan Penelitian

Dalam menentukan penelitian yang akan digunakan pada pembuatan Meteran Biaya Listrik ini akan ada beberapa tahapan untuk melakukannya yang terjabar pada *flowchart* berikut ini



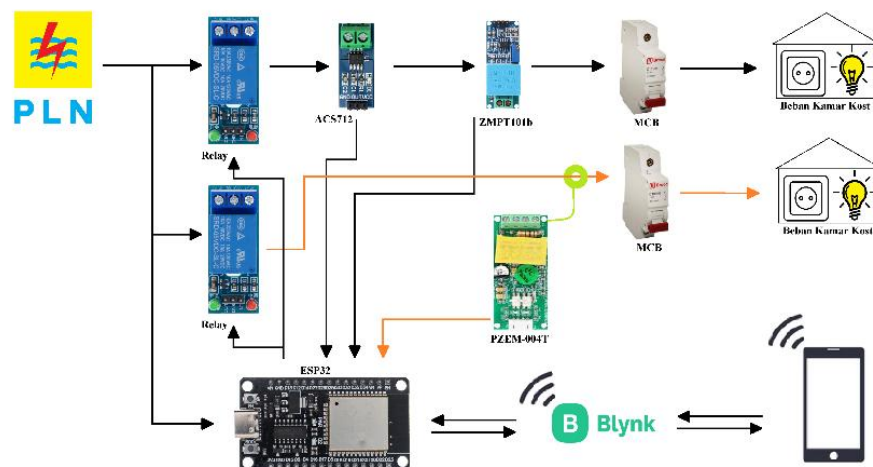
Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Perancangan penelitian diawali dengan menentukan topik dan judul penelitian yang sesuai dengan permasalahan yang akan dikaji. Selanjutnya dilakukan studi literatur melalui pengumpulan dan analisis berbagai referensi, seperti jurnal ilmiah, artikel, prosiding, dan tugas akhir yang relevan, terutama publikasi dalam lima tahun terakhir. Hasil studi literatur digunakan sebagai landasan teori sekaligus acuan dalam menyusun konsep dan spesifikasi sistem yang akan dikembangkan. Tahap berikutnya meliputi perancangan dan pembuatan alat berdasarkan hasil kajian literatur. Setelah sistem selesai dirancang, dilakukan pengujian dan analisis untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Apabila masih ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan perbaikan hingga sistem beroperasi dengan baik. Tahap akhir adalah pengambilan dan analisis data hasil pengujian sebagai dasar untuk mengevaluasi kinerja sistem serta menarik kesimpulan penelitian.

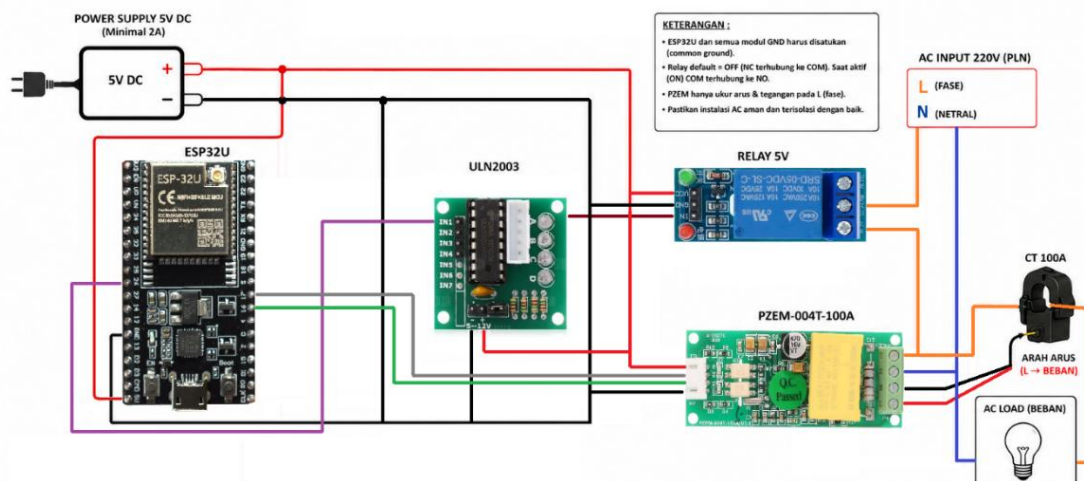
2.2 Skema Perancangan Alat

Dalam skema di bawah ini pada Gambar 1, akan diberi suplay 5v dari adaptor charger HP sebagai daya utama, ESP32 akan memberi daya serta data ke rel, dan sensor PZEM-004T, relay akan membuka arus listrik dari PLN ke sensor, sensor akan membaca arus dan tegangan listrik yang melaluinya menuju beban, data dari sensor akan dikirim kembali ke ESP32 sebagai pembacaan nilai arus dan tegangan listrik pada beban, ESP32 akan mengirim data-data ke HP pengguna melalui aplikasi Blynk, pada HP kita bisa memantau daya listrik pada kamar kost serta bisa memutus sambungan aliran listrik kamar kost. Alat perangkat keras akan

saya tempatkan dekat dengan kWh meter PLN akan mempermudah pemasangan dan pemeliharaan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Skema Perancangan Alat



Gambar 2.3 Skema Perancangan kWh Meter

2.4 Metode Pengujian dan Pengambilan Data

2.4.1 Pengujian Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang berubah-ubah. PZEM-004T ini sebagai media untuk mengkonversikan parameter tegangan sebenarnya ke parameter tegangan yang akan dibaca oleh Arduino yang nantinya diproses lebih lanjut. Sampai mendapatkan perbandingan nilai yang pas terhadap alat ukur yang sekiranya lebih presisi. Sensor yang digunakan pengujian ini adalah PZEM-004T dari hasil multimeter. Dalam pengujian ini dilakukan 4 kali percobaan yang bertujuan untuk pengambilan data yang langsung sambung dengan tegangan PLN 220V AC. Pengujian ini menggunakan Persamaan 1 untuk mengetahui error rata-rata.

$$\text{Error rata - rata} = \frac{\text{Jumlah nilai error}}{\text{Banyaknya error yang terjadi}} \quad (1)$$

2.4.2 Pengujian Arus

Pengujian sensor arus dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi PZEM-004T dalam mengukur besar arus listrik. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan PZEM-004T terhadap hasil

pengukuran menggunakan multimeter sebagai alat ukur acuan. PZEM-004T berfungsi mengubah besaran arus listrik menjadi sinyal analog yang kemudian diproses oleh ESP32 untuk memperoleh nilai arus. Pengujian dilakukan sebanyak empat kali percobaan dengan variasi beban listrik yang berbeda. Selanjutnya, hasil pembacaan PZEM-004T dibandingkan dengan hasil pengukuran multimeter untuk mengetahui selisih pengukuran. Nilai selisih tersebut kemudian dihitung menggunakan Persamaan (1) sehingga diperoleh nilai error rata-rata sebagai parameter untuk mengevaluasi tingkat akurasi PZEM-004T.

2.4.3 Pengujian Respon Relay

Pengujian respon relay bertujuan untuk mengetahui kemampuan relay dalam menerima dan mengeksekusi perintah *ON* dan *OFF* yang dikirim melalui aplikasi Blynk. Relay dikendalikan menggunakan Virtual Pin V0, di mana setiap perubahan status pada aplikasi akan diteruskan oleh ESP32 untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali percobaan dengan memberikan perintah *ON* dan *OFF* secara bergantian melalui aplikasi Blynk. Setiap percobaan diamati untuk mengetahui keberhasilan relay dalam merespons perintah yang diberikan serta memastikan kestabilan komunikasi antara aplikasi Blynk, ESP32, dan modul relay.

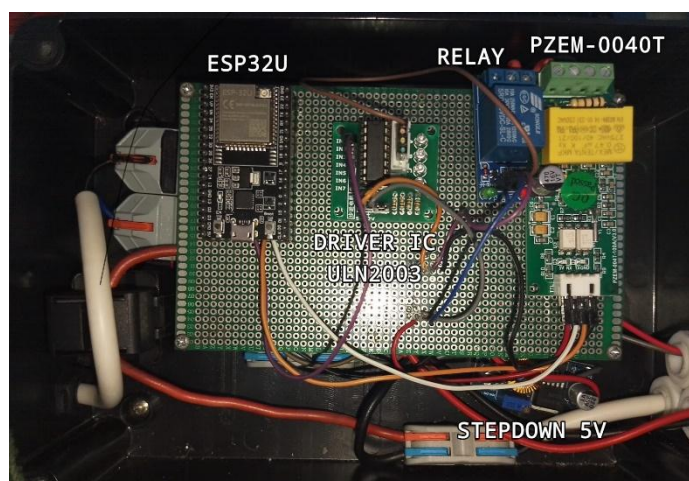
$$\text{Presentase keberhasilan (\%)} : \frac{\text{Jumlah berhasil}}{\text{Jumlah percobaan}} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap realisasi perangkat keras berdasarkan rancangan yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Gambar X menunjukkan hasil perakitan seluruh komponen yang ditempatkan di dalam sebuah boks sehingga sistem lebih rapi, aman, dan mudah dalam proses instalasi maupun pengoperasian. Komponen utama yang digunakan terdiri atas ESP32U sebagai pengendali utama, PZEM-004T sebagai sensor pengukuran parameter kelistrikan, relay sebagai aktuator untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik, *driver* ULN2003 sebagai penguat sinyal kendali, serta modul *step-down* 5 V yang berfungsi menurunkan tegangan catu daya agar sesuai dengan kebutuhan masing-masing komponen. ESP32U berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang menerima hasil pembacaan sensor PZEM-004T, kemudian mengirimkan data tersebut ke aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi. Selain melakukan monitoring parameter kelistrikan, ESP32U juga menerima perintah dari aplikasi Blynk untuk mengendalikan relay sehingga beban listrik dapat diaktifkan maupun dinonaktifkan dari jarak jauh. *Driver* ULN2003 digunakan untuk memperkuat sinyal keluaran dari ESP32 sebelum diteruskan ke relay sehingga proses pengendalian berlangsung lebih stabil.

Penerapan seluruh komponen pada satu rangkaian menunjukkan bahwa sistem telah berhasil direalisasikan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Seluruh modul dapat saling terhubung dengan baik tanpa mengalami kendala pada proses komunikasi maupun distribusi catu daya. Hasil implementasi ini menjadi dasar untuk melaksanakan tahap pengujian sistem, meliputi pengujian sensor PZEM-004T, pengujian respon relay melalui aplikasi Blynk, serta pengujian keseluruhan sistem untuk mengevaluasi kinerja alat.



Gambar 3.2 Box Kontrol Alat

3.2 Hasil Pengujian Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor PZEM-004T dalam mengukur tegangan AC. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan PZEM-004T terhadap hasil pengukuran menggunakan multimeter sebagai alat ukur acuan. PZEM-004T berfungsi mengubah besaran tegangan AC menjadi sinyal analog yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk memperoleh nilai tegangan yang ditampilkan pada sistem. Pengambilan data dilakukan sebanyak empat kali percobaan dengan sumber tegangan yang berasal langsung dari jaringan PLN 220 V AC. Selanjutnya, selisih antara hasil pembacaan sensor dan multimeter dihitung menggunakan Persamaan (1) untuk memperoleh nilai error pada setiap pengujian.

Hasil pengujian sensor tegangan ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengukuran, nilai tegangan yang dibaca oleh PZEM-004T memiliki perbedaan sebesar 1 Volt dibandingkan hasil pengukuran menggunakan multimeter pada setiap percobaan. Nilai error yang diperoleh berkisar antara 0,45% hingga 0,46%, sehingga menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (1), diperoleh nilai error rata-rata sebesar 0,45%.

Nilai error rata-rata yang relatif kecil menunjukkan bahwa PZEM-004T mampu mengukur tegangan AC dengan tingkat ketelitian yang baik. Perbedaan hasil pengukuran antara sensor dan multimeter dipengaruhi oleh toleransi komponen elektronik pada sensor, resolusi pembacaan ADC pada ESP32, serta fluktuasi tegangan dari jaringan PLN saat proses pengujian berlangsung. Meskipun terdapat sedikit selisih pengukuran, nilai tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi monitoring tegangan listrik berbasis IoT. Oleh karena itu, sensor PZEM-004T dinilai layak digunakan sebagai sensor pengukuran tegangan pada sistem yang dikembangkan.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Tegangan PZEM-004T dengan Multimeter

No	Hasil pengukuran (Volt)		
	Multimeter (V)	Sensor PZEM- 004T	Nilai Error (%)
1.	220	219	0,45
2.	221	220	0,45
3.	219	218	0,46
4.	222	221	0,45

3.3 Hasil Pengujian Arus

Pengujian sensor arus dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi PZEM-004T dalam mengukur arus listrik pada beberapa jenis beban. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan PZEM-004T terhadap hasil pengukuran menggunakan multimeter sebagai alat ukur acuan. PZEM-004T juga dapat berfungsi mengubah besaran arus listrik menjadi sinyal analog yang selanjutnya diproses oleh ESP32 untuk memperoleh nilai arus. Pengambilan data dilakukan pada empat jenis beban, yaitu lampu, kipas, televisi, dan charger. Selanjutnya, selisih antara hasil pembacaan PZEM-004T dengan multimeter dihitung menggunakan Persamaan (1) untuk memperoleh nilai error pada setiap pengujian.

Hasil pengujian sensor arus ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pengukuran, PZEM-004T mampu membaca nilai arus yang mendekati hasil pengukuran multimeter. Nilai error yang diperoleh pada setiap percobaan berturut-turut sebesar 5%, 2,8%, 2%, dan 5%. Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (1), diperoleh nilai error rata-rata sebesar 3,7%, yang menunjukkan bahwa PZEM-004T memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam mengukur arus listrik pada berbagai jenis beban.

Nilai error yang masih berada di bawah 5% menunjukkan bahwa PZEM-004T dapat digunakan untuk aplikasi monitoring arus listrik berbasis IoT. Perbedaan hasil pengukuran antara sensor dan multimeter dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti toleransi PZEM-004T, resolusi ADC pada ESP32, adanya noise pada sinyal analog, serta perubahan arus yang dipengaruhi karakteristik masing-masing beban listrik. Meskipun terdapat selisih pengukuran, nilai error rata-rata sebesar 3,7% masih tergolong kecil sehingga PZEM-004T dinilai mampu memberikan hasil pengukuran yang cukup akurat dan layak diterapkan sebagai sensor arus pada sistem monitoring konsumsi energi listrik yang dikembangkan.

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Arus PZEM-004T dengan Multimeter

No	Beban	Hasil pengukuran (Ampere)		
		Multimeter (A)	PZEM-004T	Error (%)
1.	Lampu	0,20	0,19	5
2.	Kipas	0,35	0,34	2,8
3.	TV	0,50	0,49	2
4.	Charger	0,10	0,095	5

3.4 Hasil Pengujian Respon Relay

Pengujian respon relay dilakukan untuk mengetahui kemampuan relay dalam menerima dan menjalankan perintah *ON* dan *OFF* yang dikirim melalui aplikasi Blynk menggunakan Virtual Pin V0. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan, yang terdiri dari 5 kali perintah *ON* dan 5 kali perintah *OFF*. Setiap perintah yang dikirim dari aplikasi diteruskan oleh ESP32 untuk mengendalikan relay, kemudian diamati apakah relay berhasil berubah kondisi sesuai dengan perintah yang diberikan. Hasil pengujian respon relay ditunjukkan pada Tabel 3.X.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, seluruh percobaan berhasil dijalankan tanpa mengalami kegagalan, sehingga relay mampu merespons setiap perintah *ON* maupun *OFF* dengan baik. Persentase keberhasilan sistem dihitung menggunakan Persamaan (2) dengan membandingkan jumlah percobaan yang berhasil terhadap jumlah seluruh percobaan. Hasil perhitungan menunjukkan persentase keberhasilan sebesar 100%, yang menandakan komunikasi antara aplikasi Blynk, ESP32, dan modul relay berlangsung secara stabil. Dengan demikian, relay layak digunakan sebagai aktuatur untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik pada sistem monitoring dan pengendalian listrik berbasis IoT yang dikembangkan.

Tabel 3 Hasil Pengujian Relay

No	Status Virtual PIN Blynk	Hasil
1	ON	Berhasil
2	ON	Berhasil
3	ON	Berhasil
4	ON	Berhasil
5	ON	Berhasil
6	OFF	Berhasil
7	OFF	Berhasil
8	OFF	Berhasil
9	OFF	Berhasil
10	OFF	Berhasil

4. KESIMPULAN

Sistem monitoring dan pembatasan penggunaan listrik berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan ESP32 berhasil direalisasikan dan bekerja sesuai dengan perancangan. Sistem mampu melakukan monitoring parameter listrik serta menampilkan hasil pengukuran secara *real-time* melalui aplikasi Blynk. Selain itu, sistem juga dapat mengendalikan relay untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik dari jarak jauh sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pembatas penggunaan listrik pada kamar kos.

Berdasarkan hasil pengujian, PZEM-004T pada pembacaan tegangan memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 0,45%, pembacaan arus memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 3,7%, sehingga keduanya memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk diterapkan pada sistem monitoring listrik. Pengujian respon relay juga menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 100%, yang menandakan bahwa relay mampu merespons seluruh perintah *ON* dan *OFF* melalui aplikasi Blynk dengan baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian dan dapat digunakan sebagai solusi monitoring serta pembatasan penggunaan listrik berbasis *IoT* pada kamar kos.

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan sistem yang telah dibuat, pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada implementasi sistem multi-channel untuk memonitor beberapa kamar kost secara bersamaan, penambahan fitur notifikasi otomatis dan pembatas daya (auto cut-off), serta integrasi database atau cloud untuk penyimpanan dan analisis data jangka panjang. Selain itu, tampilan aplikasi Blynk dapat ditingkatkan dengan menambahkan grafik monitoring yang lebih informatif, disertai pengujian jangka panjang pada kondisi nyata dan penggunaan sensor tambahan sebagai sistem redundansi guna meningkatkan keandalan dan stabilitas sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, masukan, dan dukungan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] K. Hamami, M. Muhsim, and D. Siswanto, "Prototipe Sistem Monitoring Biaya Penggunaan Listrik Pada Rumah Kos Berbasis IoT," JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering, vol. 1, no. 2, pp. 100–110, 2020.
- [2] I. S. Hudan and T. Rijianto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet of Things (IoT)," Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya, vol. 8, no. 1, pp. 91–99, 2019.
- [3] C. Y. P. Tangdialla, A. W. R. Emanuel, and E. Julianto, "Pemantauan dan Pengendalian Piranti Kamar Kost Pintar Berbasis Internet of Things," Jurnal Informatika Atma Jogja, vol. 4, no. 1, pp. 17–28, 2023.
- [4] W. N. Susilo, D. Aryani, P. Setiawati, and P. M. Akhirianto, "Sistem Monitoring Voltage Power Station Berbasis Mikrokontroler ESP32," Jurnal Ilmu Komputer (JIK), vol. 8, no. 1, pp. 21–29, 2023.
- [5] A. B. Lasera and I. H. Wahyudi, "Pengembangan Prototipe Sistem Pengontrolan Daya Listrik Berbasis IoT ESP32 pada Smart Home System," ELINVO (Electronics, Informatics, and Vocational Education), vol. 5, no. 2, pp. 112–120, 2020.
- [6] F. Hidayat, J. Wahyudi, and Z. Kurniawati, "Rancangan Simulasi Auto Pointing untuk Antena VSAT Berbasis Mikrokontroler," in Proc. Seminar Nasional Vokasi Penerbangan (SNVP), vol. 1, no. 1, pp. 35–41, 2022.
- [7] M. S. Abdillah, G. A. Buntoro, and R. I. Vidyastari, "Perancangan Kursi Roda Pintar dari Kursi Perkuliahan," JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan), vol. 12, no. 3S1, pp. 3479–3486, 2024.
- [8] T. P. Satya, F. Puspasari, and E. M. D. Admoko, "Pengembangan Instrumen Pengukuran Energi Listrik Berbasis ESP32 dengan Integrasi Sensor Arus SCT013 dan Sensor Tegangan ZMPT101B," POSITRON, vol. 15, no. 2, pp. 157–168, 2025.
- [9] A. Imaduddin, "Implementasi ESP32 untuk Sistem Data Sensor pada Pembangkit Pico Hydro Berbasis SCADA," Undergraduate Thesis, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia, 2025.
- [10] D. Febryansyah, "Sistem Monitoring KWh Meter untuk Pembayaran Kos-kosan Menggunakan Aplikasi Blynk dan ESP32," Undergraduate Thesis, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia, 2021.
- [11] R. F. Chisab, A. A. Majeed, and H. S. Hamid, "IoT-Based Smart Wireless Communication System for Electronic Monitoring of Environmental Parameters With a Data-Logger," International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications, vol. 12, no. 6, pp. 450–458, 2023.
- [12] F. Franco, E. Crisostomi, F. Leccese, A. Mugnani, and S. Suin, "Energy Savings in University Buildings: The Potential Role of Smart Monitoring and IoT Technologies," Sustainability, vol. 17, no. 1, Art. no. 111, 2024.
- [13] M. Majid et al., "Applications of Wireless Sensor Networks and Internet of Things Frameworks in the Industry Revolution 4.0: A Systematic Literature Review," Sensors, vol. 22, no. 6, Art. no. 2087, 2022.
- [14] F. Z. Fan, C. Pang, and H. Tang, "Sensors on Internet of Things Systems for the Sustainable Development of Smart Cities: A Systematic Literature Review," Sensors, vol. 24, no. 7, Art. no. 2074, 2024.
- [15] A. Rekeraho, D. T. Cotfas, P. A. Cotfas, E. Tuyishime, T. Bălan, and R. Acheampong, "Enhancing Security for IoT-Based Smart Renewable Energy Remote Monitoring Systems," Electronics, vol. 13, no. 4, Art. no. 756, 2024.
- [16] M. O. Qays et al., "Monitoring of Renewable Energy Systems by IoT-Aided SCADA System," Energy Science & Engineering, vol. 10, no. 6, pp. 1874–1885, 2022.
- [17] M. L. M. Amorim et al., "Open-Source Data Logger System for Real-Time Monitoring and Fault Detection in Bench Testing," Inventions, vol. 9, no. 6, Art. no. 120, 2024.
- [18] Z. P. Muqorrobin, A. Nawawi, A. A. Ardani, S. P. Setia, and R. Rahmadian, "Off-Grid Solar System Monitoring Based on ESP32 and INA219," VUBETA, pp. 26–37, 2024.
- [19] D. Dewatama, O. Melfazen, and M. Fauziyah, "Implementation of Firefly Algorithm on Arduino Uno," Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, vol. 12, no. 6, pp. 3593–3600, 2023.
- [20] M. Kumar et al., "Healthcare Internet of Things (H-IoT): Current Trends, Future Prospects, Applications, Challenges, and Security Issues," Electronics, vol. 12, no. 9, Art. no. 2050, 2023.