

Sistem Load Shedding Selektif Menggunakan Relay ESP 32 Berbasis IoT Untuk Mencegah Pemadaman Total Pada Instalasi Rumah**Rama Pratama Putra¹, Ibrohim², Parama Diptya Widayaka³, Arif Widodo⁴**

S1 Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya

Alamat e-mail ramapratama.22016@mhs.unesa.ac.id**Abstract (English)**

An electrical overload exceeding the MCB's capacity can cause a total power outage in a residential electrical system. This study aims to design and test an Internet of Things (IoT)-based load-cutting system using the ESP32 to prevent total power outages by cutting off loads according to priority. The method used in this study is experimental, utilizing the ESP32, a PZEM-004T sensor, an ESP-01 relay module, Firebase Realtime Database, and Node-RED. The results of the study show that the PZEM-004T sensor has an average measurement error of 0.68%. Communication between the ESP32, Firebase, and Node-RED proceeded smoothly, allowing for real-time monitoring and control. The system successfully cut off the load in stages when power exceeded the upper limit of 500 W and reconnected the load when power fell below the lower limit of 100 W. This study demonstrates that the system can prevent total power outages caused by overload conditions and enables remote monitoring and control of electrical loads.

Article History*Submitted: 12 July 2026**Accepted: 20 July 2026**Published: 22 July 2026***Key Words**

load shedding, ESP32, Internet of Things, PZEM-004T, Node-RED

Abstrak (Indonesia)

Kelebihan beban listrik di luar kapasitas MCB dapat mengakibatkan pemadaman listrik total pada instalasi rumah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pemutusan beban yang berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 agar dapat mencegah terjadinya pemadaman total dengan cara memutuskan beban sesuai dengan prioritas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen, dengan memanfaatkan ESP32, sensor PZEM-004T, modul relay ESP-01, Firebase Realtime Database, serta Node-RED. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki rata-rata kesalahan pengukuran sebesar 0,68%. Proses komunikasi antara ESP32, Firebase, dan Node-RED berlangsung dengan baik, sehingga pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan secara langsung. Sistem ini berhasil memutuskan beban secara bertahap ketika daya melebihi limit atas 500 W dan menghubungkan kembali beban saat daya berada di bawah limit bawah 100 W. penelitian ini

Sejarah Artikel*Submitted: 12 July 2026**Accepted: 20 July 2026**Published: 22 July 2026***Kata Kunci**

load shedding, ESP32, Internet of Things, PZEM-004T, Node-RED.

Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk, aktivitas ekonomi, dan investasi menyebabkan kebutuhan energi listrik terus meningkat (Ogidan et al., 2023). Di sisi lain, sebagian besar peralatan rumah tangga bergantung pada pasokan listrik yang stabil. Gangguan seperti kelebihan beban yang menyebabkan MCB trip dapat menghambat aktivitas, menimbulkan kerugian ekonomi, dan berpotensi merusak peralatan elektronik yang sensitif (Mustafa & Muhammad, 2020). Perkembangan Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk membangun sistem pengelolaan energi yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian beban listrik secara real time sebagai bagian dari implementasi Smart Grid (Zanella et al., 2014; RAHAYU, 2020; Surarapu, 2016).

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem proteksi dan monitoring berbasis IoT. Penelitian Maulana Rizqi & Hartoyo (2025) berhasil membangun sistem proteksi dan monitoring, namun sistem hanya memutus beban saat terjadi gangguan tanpa mempertimbangkan prioritas beban. Penelitian Adkhar & Afianti (2023) juga menerapkan pemutusan otomatis saat terjadi overload, tetapi seluruh beban diputus secara bersamaan sehingga belum menerapkan pelepasan beban secara selektif. Kondisi tersebut menunjukkan masih adanya kebutuhan akan sistem yang mampu mengelola beban berdasarkan tingkat prioritas.

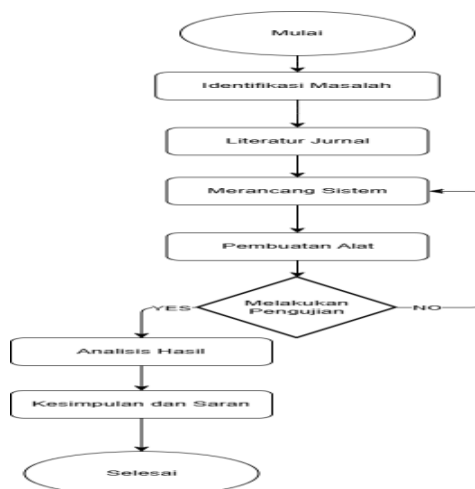
Load shedding merupakan metode pelepasan beban secara bertahap untuk menjaga keseimbangan sistem kelistrikan dan mencegah pemadaman total (SARTIKA et al., 2019). Penerapan load shedding berbasis data terbukti mampu menentukan jumlah beban yang dilepas secara lebih tepat sehingga meningkatkan keandalan sistem saat terjadi kelebihan beban (Golpira et al., 2023). Selain itu, metode ini dapat meningkatkan efisiensi dan kecepatan respons sistem dengan melepaskan beban sesuai tingkat prioritas (Mortaji et al., 2017).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem load shedding selektif berbasis IoT yang mampu memantau konsumsi daya secara real time dan secara otomatis melepaskan beban berprioritas rendah sebelum daya melebihi batas MCB utama. Dengan pendekatan ini, beban prioritas tetap memperoleh pasokan listrik sehingga risiko pemadaman total dapat diminimalkan (Hadi et al., 2022).

Metode penelitian

A. Jenis atau desain penelitian

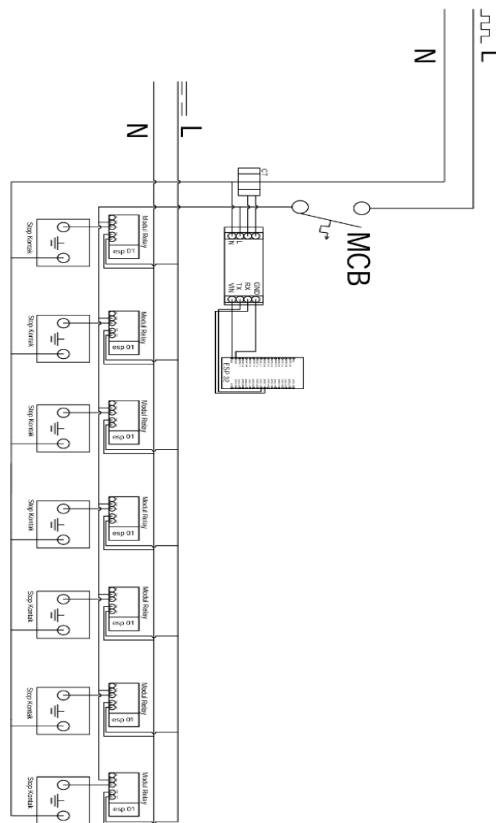
Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen. Karena peneliti ingin melakukan perancangan, membangun, dan menguji sistem pemutusan beban selektif berbasis IoT yang mampu mencegah pemadaman listrik total pada instalasi listrik di rumah tangga skala R1.



Gambar Flowchart Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang meliputi identifikasi permasalahan kelebihan beban pada instalasi listrik rumah, studi literatur mengenai load shedding, ESP32, sensor PZEM-004T, dan Internet of Things (IoT), dilanjutkan dengan perancangan serta pembuatan sistem. Sistem yang dikembangkan kemudian diuji pada berbagai kondisi beban untuk mengevaluasi kemampuan dalam melakukan load shedding secara selektif berdasarkan prioritas beban. Data hasil pengujian dianalisis untuk menilai kinerja sistem dalam mencegah pemadaman total, kecepatan respons, dan konsistensi operasi, yang selanjutnya menjadi dasar penyusunan kesimpulan penelitian.

B. Wiring Komponen

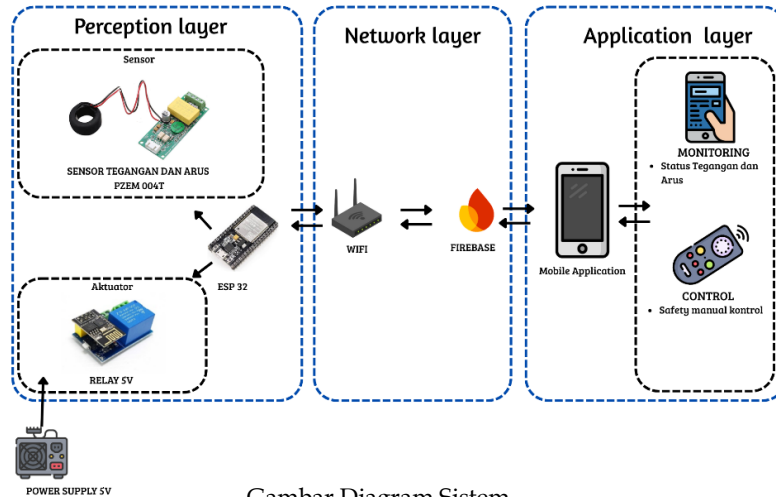


Gambar Wiring Komponen

Wiring sistem terdiri atas MCB, sensor PZEM004T, ESP32, modul relay ESP-01, dan stop kontak. Arus listrik dari sumber PLN melewati MCB sebagai proteksi, kemudian diukur oleh sensor PZEM004T sebelum data tegangan, arus, daya, dan energi dikirim ke ESP32 untuk diproses menggunakan algoritma load shedding. Selanjutnya, ESP32 mengirimkan data ke Firebase Realtime Database untuk ditampilkan pada dashboard Node-RED serta mengendalikan modul relay ESP-01 melalui komunikasi ESP-NOW. Relay berfungsi menghubungkan atau memutus aliran listrik ke stop kontak sesuai

prioritas beban, sehingga sistem dapat melakukan load shedding secara selektif ketika terjadi kelebihan beban.

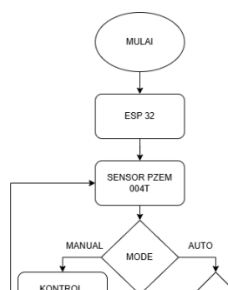
C. Diagram Sistem



Gambar Diagram Sistem

Diagram sistem terdiri atas tiga lapisan, yaitu Perception Layer, Network Layer, dan Application Layer. Pada Perception Layer, sensor PZEM004T mengukur parameter listrik dan mengirimkan data ke ESP32 sebagai pengendali utama, yang selanjutnya mengontrol relay untuk melakukan load shedding sesuai kondisi beban. Pada Network Layer, ESP32 mengirimkan data hasil pengukuran ke Firebase melalui jaringan WiFi sebagai media komunikasi dan penyimpanan data. Pada Application Layer, data ditampilkan secara real time melalui aplikasi Kodular sehingga pengguna dapat memantau kondisi listrik serta melakukan pengendalian manual. Ketika daya melebihi batas yang ditentukan, sistem secara otomatis memutus beban berprioritas rendah, kemudian menghubungkannya kembali secara bertahap setelah kondisi daya kembali normal.

D. Cara Kerja Sistem Load Shedding



Gambar Flowchart Cara Kerja Sistem Load Shedding

Sistem diawali dengan menghubungkan ESP32 ke jaringan internet, kemudian sensor PZEM004T mengukur tegangan, arus, daya, dan energi secara real time. Data tersebut diproses oleh ESP32 untuk mengendalikan relay dalam mode manual maupun otomatis. Pada mode otomatis, sistem membandingkan daya terhadap nilai upper threshold dan lower threshold. Jika daya melebihi batas atas, relay dengan prioritas terendah diputus secara bertahap mulai dari relay 7 hingga relay 1. Ketika daya kembali di bawah batas bawah, sistem melakukan recovery dengan menghubungkan kembali relay sesuai urutan prioritas. Selama pengujian, data pengukuran dan status relay dikirim ke Node-RED untuk monitoring secara real time. Pengujian dilakukan melalui tiga skenario, yaitu pengujian single load, full load, dan otomatisasi load shedding untuk mengevaluasi fungsi relay, konsumsi daya total, serta kinerja sistem dalam mencegah overload. Pada penelitian ini, sistem load shedding tidak dapat mengenali jenis peralatan listrik yang terhubung pada setiap stop kontak, seperti lampu, kipas angin, atau peralatan lainnya. Prioritas pemutusan beban ditentukan berdasarkan posisi relay dan stop kontak yang telah ditetapkan sebelumnya

E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan deskriptif. Analisis kuantitatif digunakan untuk menghitung daya listrik berdasarkan rumus $P = V_{rms} \times I_{rms} \cos(\theta)$ dan membandingkan nilai tersebut dengan batas daya MCB rumah untuk menentukan kondisi *overload*. Analisis deskriptif dilakukan untuk menjelaskan perilaku sistem dalam mendeteksi dan memutus beban serta menilai sistem dalam mencegah pemadaman total.

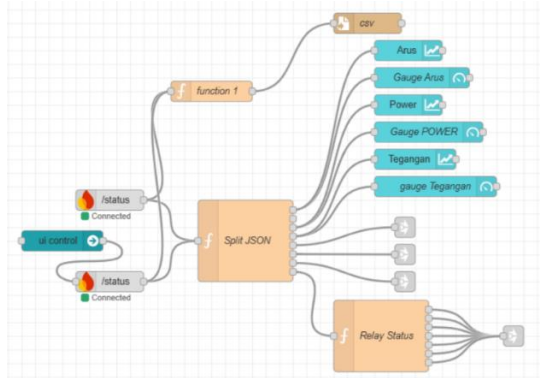
Hasil dan pembahasan

A. Pengujian komunikasi

1. Pengujian Komunikasi Firebase Realtime Database

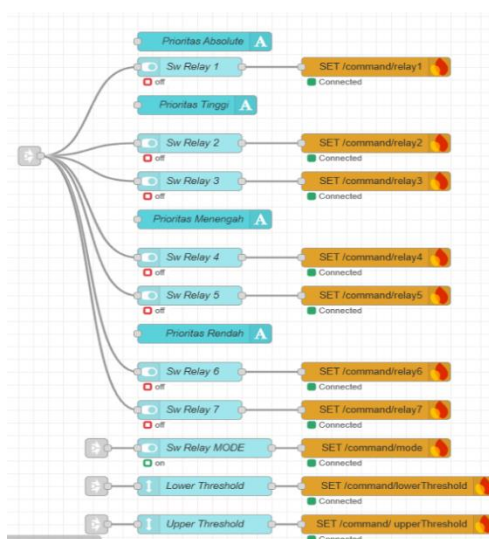
Pengujian dilakukan untuk memastikan komunikasi dua arah antara ESP32 dan Firebase Realtime Database berjalan dengan baik. Parameter yang diuji meliputi mode operasi, nilai threshold, status relay, serta data hasil pengukuran sensor PZEM-004T. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 berhasil menerima data kontrol dan mengirimkan data tegangan, arus, daya, serta energi ke Firebase secara real time, sehingga Firebase dapat berfungsi sebagai media monitoring dan pengendalian sistem.

2. Pengujian Monitoring Menggunakan Node-RED Dashboard



Gambar Alur Monitoring Tegangan, Arus, dan Daya

Node-RED menerima data dari Firebase Realtime Database, kemudian memproses dan memisahkan setiap parameter seperti tegangan, arus, daya, dan status relay. Selanjutnya, data ditampilkan secara real time pada dashboard serta disimpan dalam format CSV sebagai riwayat pengukuran. Hasil pengujian menunjukkan proses monitoring berjalan dengan baik tanpa kehilangan data.



Gambar Alur Control Relay 1-7 Skala Priorita

Alur pengendalian relay dan pengaturan parameter sistem melalui dashboard Node-RED. Dashboard menyediakan tujuh buah saklar (switch) yang mewakili Relay 1 sampai Relay 7 berdasarkan urutan prioritas beban. Selain itu tersedia pengaturan mode operasi MANUAL dan AUTO, serta nilai Upper Threshold dan Lower Threshold.

B. Pengujian Sistem Load Shedding

A. Pengujian Relay Individual (*Single Load Test*)

Relay	Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Mode	Status
Relay 7	Hair Dryer	228,00–228,30	0,72–0,73	143,00–143,50	MANU AL	NORM AL
Relay 6	Setrika	226,80–228,00	1,56–1,57	353,60–357,00	MANU AL	NORM AL
Relay 5	Blender	228,00–228,70	0,45–0,46	69,80–71,20	MANU AL	NORM AL
Relay 4	Catokan	228,40–229,00	0,34–0,51	65,30–102,30	MANU AL	NORM AL
Relay 3	Kipas Angin	228,40–230,10	0,19	24,30–24,80	MANU AL	NORM AL
Relay 2	Lampu	228,20–229,70	0,03	2,60–2,80	MANU AL	NORM AL
Relay 1	Lampu	229,50–229,80	0,03	4,90–5,10	MANU AL	NORM AL

Hasil pengujian menunjukkan seluruh relay berfungsi dengan baik dalam mengendalikan beban sesuai konfigurasi. Setiap relay menghasilkan konsumsi daya yang berbeda sesuai karakteristik beban, dengan relay 6 memiliki daya tertinggi dan relay 2 terendah. Selain itu, sensor PZEM-004T mampu mengukur tegangan, arus, dan daya secara real time dengan stabil selama pengujian.

B. Pengujian Sistem dengan Semua Relay ON (*Full Load Test*)

Waktu	Arus(A)	Daya(W)	Volt(V)	Lower	Upper	Mode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
13:20:05	2.98	658.9	222.2	100	500	MAN	0	0	0	0	0	0	0
13:20:06	2.965	655.4	222.1	100	500	MAN	0	0	0	0	0	0	0
13:20:09	2.954	653	222.1	100	500	MAN	0	0	0	0	0	0	0
13:20:12	2.938	649.4	222.2	100	500	MAN	0	0	0	0	0	0	0
13:20:15	2.932	648	222.2	100	500	MAN	0	0	0	0	0	0	0

Waktu	Arus(A)	Daya(W)	Volt(V)	Lower	Upper	Mode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
13:20:18	2.924	646.2	222.3	100	500	MAN	0	0	0	0	0	0	0
13:20:21	2.915	644	222.2	100	500	MAN	0	0	0	0	0	0	0
13:20:24	2.912	643.1	222.2	100	500	MAN	0	0	0	0	0	0	0

Hasil pengujian menunjukkan daya total yang terbaca oleh sensor PZEM-004T sebesar sekitar 643 W, lebih rendah dari total daya nominal beban sebesar 1.131 W. Perbedaan ini disebabkan sensor mengukur daya aktual saat pengujian, sedangkan daya nominal merupakan konsumsi maksimum yang tercantum pada spesifikasi peralatan.



Gambar Grafik Tegangan Percobaan *Full Load*

Hasil pengujian menunjukkan tegangan tetap stabil di sekitar 227 V dengan perubahan kurang dari 1 V meskipun seluruh beban beroperasi. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan konsumsi daya dipengaruhi oleh variasi arus, bukan fluktuasi tegangan.



Gambar Grafik Arus Percobaan *Full Load*

Hasil pengujian menunjukkan arus meningkat hingga sekitar 3 A saat seluruh beban terhubung, kemudian stabil pada kisaran 2,97 A. Tidak terdapat lonjakan arus yang signifikan, sehingga sistem mampu mengoperasikan seluruh beban secara normal.



Gambar Grafik Daya Percobaan *Full Load*

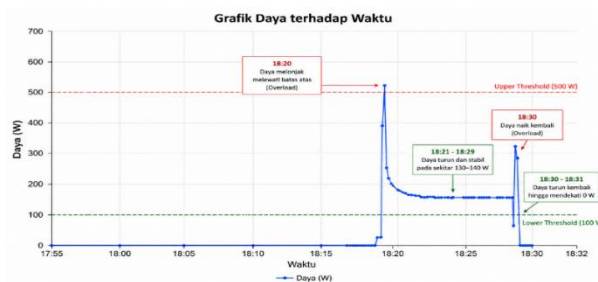
Hasil pengujian menunjukkan daya berada pada kisaran 669–679 W dan berubah mengikuti variasi arus, sementara tegangan tetap stabil. Penurunan daya yang terjadi dipengaruhi oleh siklus kerja termostat pada setrika, yang secara otomatis mengurangi dan meningkatkan konsumsi daya sesuai kebutuhan pemanasan.

C. Pengujian Sistem dengan *Automatisasi* Semua Relay

Waktu	Arus(A)	Daya(W)	Volt(V)	Lower	Upper	Mode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
18:20:31	1.674	378.00	226	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	0
18:20:34	1.675	378.20	226	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	0
18:20:37	1.788	399.60	226	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	0
18:20:40	2.437	514.90	224.7	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	0
18:20:41	2.437	514.90	224.7	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:20:43	2.533	521.40	224.4	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:20:43	2.533	521.40	224.4	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:20:46	1.127	236.70	226.9	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:20:49	0.964	201.30	227.3	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:20:52	0.904	187.00	227.2	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:20:55	0.888	182.90	227.1	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:20:58	0.876	179.50	226.9	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:21:01	0.869	176.80	226.9	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1

Waktu	Arus(A)	Daya(W)	Volt(V)	Lower	Upper	Mode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
18:21:04	0.863	175.00	226.8	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1

Pengujian otomatis dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem melakukan load shedding berdasarkan daya yang diukur sensor PZEM-004T. Dengan daya awal sekitar 668–678 W, sistem menggunakan upper threshold 500 W dan lower threshold 100 W. Saat daya melebihi batas atas, relay memutuskan beban secara bertahap mulai dari relay 7 hingga daya kembali stabil. Waktu eksekusi relay berkisar 5–30 ms, sedangkan data monitoring diperbarui setiap 1 detik melalui Firebase.



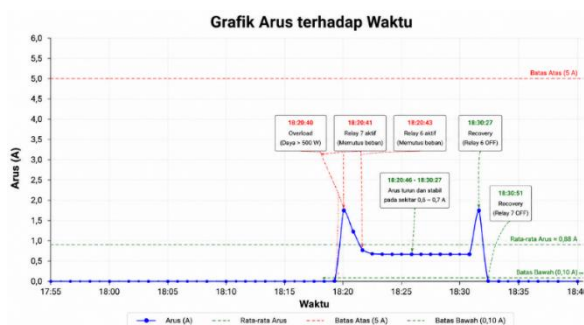
Gambar Grafik Daya Percobaan Otomatis

Hasil pengujian menunjukkan sistem berhasil mendeteksi kondisi overload saat daya mencapai 521,4 W, kemudian secara otomatis mengaktifkan relay 7 dan relay 6 untuk memutuskan beban hingga daya turun menjadi 236,7 W. Setelah daya berada di bawah batas atas, sistem tetap stabil dan melakukan pemulihan relay secara bertahap. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemutusan dan pemulihan beban secara otomatis sesuai nilai ambang yang telah ditetapkan.



Gambar Grafik Tegangan Percobaan Otomatis

Sementara itu, untuk tegangan, selama pengujian sistem otomatis, nilai tegangan tetap relatif stabil dalam rentang 224 V hingga 228 V. Perubahan kondisi beban dan proses pemutusan relay tidak menyebabkan penurunan tegangan yang signifikan.



Gambar Grafik Arus Percobaan Otomatis

Grafik arus menunjukkan perubahan yang mengikuti proses load shedding. Arus meningkat hingga sekitar 2,4 A saat seluruh beban aktif, kemudian turun menjadi sekitar 0,7 A setelah sistem memutus beban akibat kondisi overload. Saat proses pemulihan, arus kembali meningkat seiring aktifnya kembali beberapa beban. Perubahan arus ini sejalan dengan perubahan daya, yang menunjukkan sistem berhasil mengurangi konsumsi daya melalui pemutusan beban secara otomatis.

Waktu	Arus (A)	Daya (W)	Volt (V)	Lower	Upper	Mode	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
18:30:21	0.722	137.50	227	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:30:26	0.719	137.30	227.1	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:30:27	0.287	61.00	227.6	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	1	1
18:30:27	0.287	61.00	227.6	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:30	1.807	406.60	225.5	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:33	1.808	407.00	225.5	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:36	1.806	406.00	225.2	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:41	1.797	404.20	225.1	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:42	1.725	387.70	225.3	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:45	1.572	353.60	225.1	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:48	1.572	354.10	225.2	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:51	0.046	5.50	227.6	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	1
18:30:51	0.046	5.50	227.6	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	0
18:30:54	0.045	5.40	227.4	100	500	AUTO	0	0	0	0	0	0	0

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada mode AUTO dengan upper threshold 500 W dan lower threshold 100 W, sistem berhasil melakukan recovery setelah daya turun di bawah batas bawah. Beban dipulihkan secara bertahap hingga daya meningkat ke kisaran 406,6–407 W tanpa memicu load shedding kembali karena masih berada di bawah batas atas. Hal ini menunjukkan bahwa lower threshold berfungsi sebagai batas aman untuk proses pemulihan beban sehingga sistem tetap stabil.

Kesimpulan dan saran

A. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem load shedding berhasil mencegah trip pada MCB utama dengan mendeteksi kondisi overload dan memutus beban secara

bertahap berdasarkan prioritas, kemudian melakukan recovery otomatis saat daya berada di bawah lower threshold. Sistem IoT juga berhasil melakukan monitoring dan pengendalian secara real time melalui Firebase dan Node-RED, dengan rata-rata galat sensor PZEM-004T sebesar 0,68%. Namun, sistem belum mampu mengidentifikasi jenis peralatan atau stop kontak secara otomatis, sehingga prioritas pemutusan tetap mengikuti konfigurasi relay yang telah ditentukan.

B. Saran

Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menguji sistem pada instalasi rumah yang sebenarnya, menerapkan prioritas beban yang dinamis, menambahkan fitur notifikasi saat overload dan recovery, menyediakan penyimpanan riwayat konsumsi energi, meningkatkan keamanan komunikasi data melalui autentikasi dan enkripsi, serta mengintegrasikan sistem dengan platform smart home untuk pengelolaan energi yang lebih terpadu.

Daftar Pustaka

- Adkhar, M. T., & Afianti, H. (2023). Monitoring and Control System of Parallel Loads Electricity Consumption Based on IOT. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 8(1), 63–70. <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v8i1.8>
- Golpira, H., Bevrani, H., Roman Messina, A., & Francois, B. (2023). A Data-Driven Under Frequency Load Shedding Scheme in Power Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 38(2), 1138–1150. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2022.3172279>
- Linggih, K. M., Gede, I., Arjana, D., Gede, R. C., & Partha, I. (2023). Rancang Bangun Sistem Load Shedding Pada Energy Storage Berbasis Mikrokontroler Atmega 328. *Jpte*, 12(1), 88–97. <https://doi.org/10.23887>
- Maulana Rizqi, F., & Hartoyo, I. (2025). Design and Development of an Iot-Based Electrical Disturbance Protection and Load Monitoring System Using Esp32 Microcontroller. *Journal of Applied Electrical Engineering Innovation*, 1(1), 15–30. <https://journal.uny.ac.id/v3/jaei>
- Mortaji, H., Ow, S. H., Moghavvemi, M., Almurib, H. A. F., & Ieee, S. (2017). *Load Shedding and Smart-Direct Load Control Using Internet of Things in Smart Grid Demand Response Management*. 9994(c). <https://doi.org/10.1109/TIA.2017.2740832>
- Mustafa, S., & Muhammad, U. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Smartphone. *Jurnal Media Elektrik*, 17(3), 127. <https://doi.org/10.26858/metrik.v17i3.14968>
- Nim, N., & Ramadhani, M. R. (2024). *SISTEM MONITORING ARUS TEGANGAN DAN DAYA ENERGI LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) SKRIPSI Program Studi Teknik Informatika*.
- Ogidan, O. K., Shobowale, Y., & Aikhonmu, J. E. (2023). *Development of load shedding web-based monitoring and control system Development of load shedding web-based monitoring and control system*. December, 0–7.
- RAHAYU, C. F. (2020). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis INTERNET OF THINGS (IOT) Menggunakan Arduino uno*.

Sara Santos. (2025, April 21). *ESP32: Getting Started with Firebase (Realtime Database) | Random Nerd Tutorials*. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-firebase-realtime-database/>

SARTIKA, E. M., SARJONO, R., & RESTIANTO, R. S. (2019). Simulasi Sistem Otomasi Load Shedding menggunakan Prediksi Beban. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(1), 180. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i1.180>

Setiyono, B., Sofwan, A., & Furqana, A. (2022). *PERANCANGAN MEDIA KOMUNIKASI ANTAR PERANGKAT PADA SISTEM RUMAH PINTAR JARINGAN LOKAL MENGGUNAKAN MODUL ESP 01*. April, 62–66.

Surarapu, P. (2016). Emerging Trends in Smart Grid Technologies: An Overview of Future Power Systems. *International Journal of Reciprocal Symmetry and Theoretical Physics*, 3(December 2016), 17–24.

Syaifullah, A., & Azis, H. (2025). *Indonesian Journal of Networking and Internet of Things (IJONIT) Design and Development of a NodeMCU-Based Lamp Power Control and Monitoring Device Using the PZEM-004T Module*. 1(1), 1.

Wongwut, K., & Angamnuaysiri, D. (2024). *The development of real-time energy monitoring system using IoT base*. 23(3), 1–11. <https://doi.org/10.60101/jarst.2024.255911>

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22–32. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>.