



Rancang bangun kendali beban listrik berbasis *Internet of Things (IoT)*

Nur Khafidhoh

Universitas KH. Abdul Wahab Hasbullah

Nur Holis²

Universitas KH. Abdul Wahab Hasbullah

Alamat: Jl. Garuda No. 9, Tambakberas, Jombang, Jawa Timur

Korespondensi penulis: penulis.pertama_nurkhafidhoh@unwaha.ac.id

penulis.kedua_nnurholiis@gmail.com

Abstrak. *Electrical overload in small-scale power installations may cause equipment damage and increase fire risk. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based electrical load control system by applying a priority logic mechanism. The research method used is a descriptive qualitative approach with a prototyping development model. The system is developed using an ESP32 microcontroller as the main controller, a PZEM-004T current sensor for current measurement, and relay modules for load disconnection. The Blynk application is utilized for real-time monitoring and remote load management. The results show that the system is capable of monitoring electrical current in real time and performing gradual load shedding based on predefined priority levels during overload conditions. This system provides an effective solution to improve electrical safety and efficiency in load management.*

Keywords: *(ditulis dalam bahasa Inggris), terdiri dari 3 sampai dengan 5 kata. Ditulis sesuai urutan abjad. Antara kata kunci dipisahkan oleh titik koma (;). Tidak termasuk nama peraturan dan nama lembaga.*

Abstrak. Kelebihan beban listrik pada instalasi skala kecil berpotensi menimbulkan kerusakan peralatan dan risiko kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali beban listrik berbasis Internet of Things (IoT) dengan menerapkan logika prioritas. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan model pengembangan prototyping. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, sensor arus PZEM-004T untuk pengukuran arus listrik, serta modul relay sebagai pemutus beban. Aplikasi Blynk dimanfaatkan sebagai media monitoring dan pengaturan beban secara jarak jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau arus listrik secara real-time dan melakukan pemutusan beban secara bertahap sesuai tingkat prioritas ketika terjadi kondisi overload. Sistem ini memberikan solusi yang efektif untuk meningkatkan keamanan instalasi listrik dan efisiensi pengelolaan beban.

Kata Kunci: *ESP32; Internet of Things; kendali beban; logika prioritas; PZEM-004T*

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi listrik pada instalasi skala kecil hingga menengah menuntut adanya sistem pengelolaan beban listrik yang aman dan efisien. Penggunaan peralatan listrik secara bersamaan tanpa pengaturan beban yang tepat berpotensi menyebabkan kelebihan arus (overload) yang dapat mengakibatkan kerusakan peralatan, penurunan kualitas daya, hingga risiko kebakaran. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali beban listrik yang mampu bekerja secara otomatis dan dapat dipantau secara real-time.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak untuk melakukan monitoring dan pengendalian sistem kelistrikan secara jarak jauh. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem monitoring arus listrik berbasis mikrokontroler dan IoT dengan memanfaatkan sensor arus dan aplikasi monitoring. Namun, sebagian besar sistem yang dikembangkan masih berfokus pada pemantauan arus tanpa menerapkan mekanisme pengendalian beban yang adaptif berdasarkan tingkat prioritas.

Secara ideal (das sollen), sistem kelistrikan seharusnya mampu mendeteksi kondisi overload dan melakukan pemutusan beban secara otomatis berdasarkan skala prioritas untuk menjaga kestabilan sistem. Namun pada kondisi nyata (das sein), banyak instalasi listrik masih menggunakan pemutus arus manual atau pemutusan total tanpa mempertimbangkan prioritas beban, sehingga berdampak pada ketidaknyamanan pengguna dan ketidakefisienan penggunaan energi. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar perlunya pengembangan sistem kendali beban listrik yang lebih cerdas dan terstruktur.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan logika prioritas dalam sistem kendali beban listrik berbasis IoT yang tidak hanya melakukan monitoring arus secara real-time, tetapi juga mampu melakukan pemutusan beban secara bertahap sesuai tingkat kepentingan beban. Validasi sistem dilakukan melalui pengujian fungsional serta perbandingan dengan hasil penelitian terdahulu yang relevan.

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem kendali beban listrik berbasis Internet of Things (IoT) dengan logika prioritas guna meningkatkan keamanan instalasi listrik dan efisiensi pengelolaan beban.

KAJIAN TEORITIS

1. Sistem Kendali Beban Listrik

Sistem kendali beban listrik merupakan suatu mekanisme yang digunakan untuk mengatur distribusi dan penggunaan energi listrik agar tetap berada dalam batas aman. Kendali beban bertujuan untuk mencegah terjadinya kelebihan arus (overload) yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan listrik dan gangguan pada instalasi. Pada sistem konvensional, pengendalian beban masih dilakukan secara manual melalui pemutus arus, sehingga respons terhadap kondisi overload cenderung lambat dan kurang efisien.

2. Internet of Things (IoT) dalam Sistem Kelistrikan

Internet of Things (IoT) adalah konsep integrasi perangkat fisik yang dilengkapi sensor, aktuator, dan konektivitas jaringan untuk saling bertukar data melalui internet. Dalam bidang kelistrikan, IoT memungkinkan proses monitoring dan pengendalian beban listrik dilakukan secara real-time dan jarak jauh. Implementasi IoT pada sistem kendali listrik memberikan kemudahan dalam pemantauan kondisi arus, pengambilan keputusan otomatis, serta peningkatan efisiensi dan keamanan sistem.

3. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang memiliki kemampuan pemrosesan tinggi serta dilengkapi modul WiFi dan Bluetooth terintegrasi. Keunggulan ESP32 terletak pada konsumsi daya yang relatif rendah, fleksibilitas pemrograman, dan kemampuannya untuk mengelola komunikasi data secara real-time. Oleh karena itu, ESP32 banyak digunakan sebagai pusat kendali pada sistem berbasis IoT, termasuk pada aplikasi monitoring dan kendali beban listrik.

4. Sensor Arus Listrik

Sensor arus digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang mengalir pada suatu beban. Data arus yang diperoleh menjadi parameter utama dalam menentukan kondisi normal atau overload pada sistem. Penggunaan sensor arus memungkinkan sistem untuk melakukan pemantauan secara kontinu dan menjadi dasar dalam pengambilan keputusan pemutusan beban secara otomatis ketika arus melebihi batas yang ditentukan.

5. Logika Prioritas dalam Pengendalian Beban

Logika prioritas merupakan metode pengendalian yang mengatur beban listrik berdasarkan tingkat kepentingan tertentu. Beban dengan prioritas rendah akan diputus terlebih dahulu ketika terjadi kondisi overload, sedangkan beban prioritas tinggi tetap dipertahankan selama memungkinkan. Penerapan logika prioritas bertujuan untuk menjaga kestabilan sistem dan meminimalkan dampak pemutusan listrik terhadap aktivitas utama pengguna.

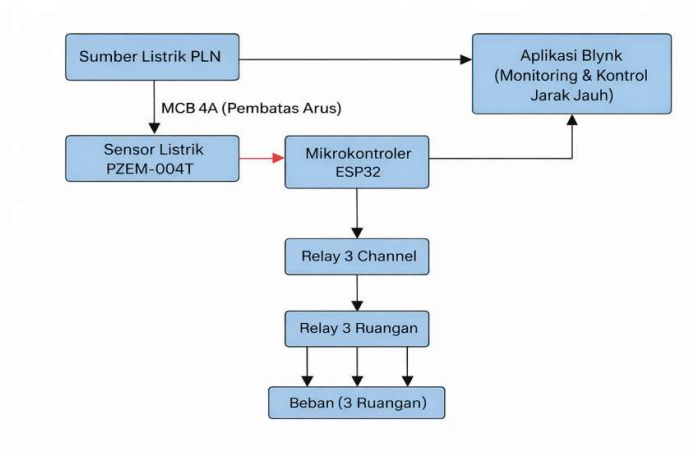
6. Penelitian Terdahulu yang Relevan

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring arus listrik berbasis mikrokontroler dan IoT dengan menampilkan data arus secara real-time melalui aplikasi atau web. Penelitian lain juga mengusulkan sistem pemutusan beban otomatis untuk mencegah overload. Namun, sebagian penelitian tersebut masih terbatas pada pemutusan total beban atau belum menerapkan mekanisme pemutusan bertahap berdasarkan logika prioritas. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan dengan mengintegrasikan monitoring arus real-time dan kendali beban bertingkat berbasis logika prioritas untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan sistem.

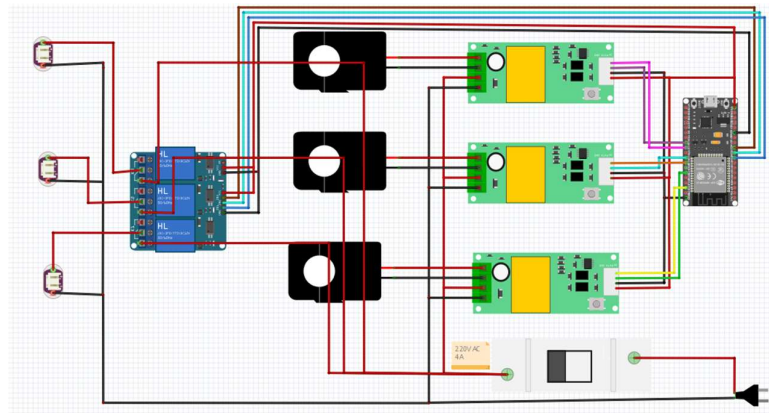
METODE PENELITIAN

1. Hasil Perancangan Sistem

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali beban listrik berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Sistem terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi. Perangkat keras meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor arus untuk mendeteksi besarnya arus listrik, serta modul relay yang berfungsi sebagai pemutus beban. Sementara itu, perangkat lunak dikembangkan untuk mengelola proses monitoring arus listrik dan pengendalian beban secara jarak jauh melalui aplikasi. Integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak memungkinkan sistem bekerja secara real-time dalam memantau kondisi arus listrik dan mengeksekusi perintah pemutusan beban ketika terjadi kondisi tidak normal.



Gambar 1. Diagram blok sistem kendali beban listrik berbasis IoT



Gambar 2. Rangkaian Prototipe Sistem

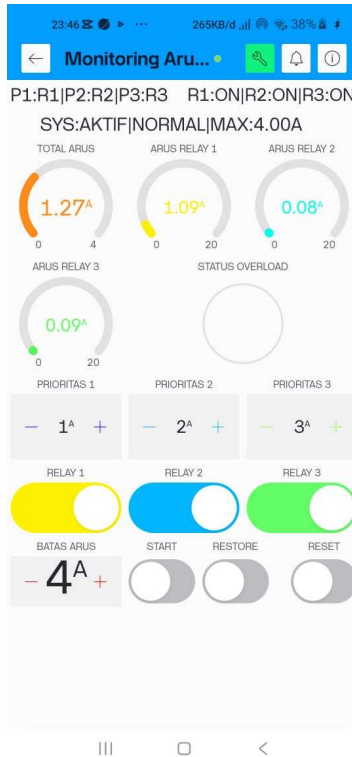


Gambar 3. Implementasi perangkat keras sistem kendali beban listrik

2. Hasil Pengujian Monitoring Arus Listrik

Pengujian monitoring arus listrik dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca dan menampilkan nilai arus secara real-time. Berdasarkan hasil pengujian, sensor arus

mampu mendeteksi perubahan beban listrik dengan baik dan mengirimkan data ke mikrokontroler untuk diproses. Data arus yang diperoleh kemudian ditampilkan pada aplikasi monitoring sehingga pengguna dapat memantau kondisi kelistrikan secara langsung.



Gambar 4. Tampilan monitoring arus listrik pada aplikasi Blynk

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dikembangkan telah berfungsi sesuai dengan perancangan dan mampu memberikan informasi arus listrik secara akurat untuk mendukung proses pengambilan keputusan.

Tabel 1. Hasil pengujian pemutusan beban berdasarkan logika prioritas

Kondisi	Arus Terbaca (A)	Beban 1 (P1)	Beban 2 (P2)	Beban 3 (P3)	Tindakan Sistem
Normal	2,45 A	ON	ON	ON	Sistem stabil
Overload Tahap 1	3,28 A	ON	ON	OFF	Putus beban P3

Overload Tahap 2	3,05 A	ON	OFF	OFF	Putus beban P2
Normal Kembali	2,10 A	ON	ON	ON	Beban aktif bertahap

3. Pembahasan Kendali Beban Berbasis Logika Prioritas

Penerapan logika prioritas pada sistem kendali beban listrik menjadi salah satu fokus utama dalam penelitian ini. Ketika arus listrik berada pada kondisi normal, seluruh beban dapat beroperasi secara bersamaan. Namun, saat terdeteksi kondisi overload, sistem secara otomatis melakukan pemutusan beban secara bertahap dimulai dari beban dengan prioritas terendah, sementara beban dengan prioritas lebih tinggi tetap dipertahankan selama memungkinkan. Mekanisme ini memberikan solusi yang lebih efektif dibandingkan pemutusan total beban, karena mampu menjaga kontinuitas operasional pada beban yang dianggap penting.

4. Analisis dan Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang mengembangkan sistem monitoring dan kendali beban listrik berbasis IoT. Sebagian penelitian sebelumnya hanya berfokus pada pemantauan arus listrik tanpa disertai mekanisme pemutusan beban yang terstruktur. Selain itu, terdapat penelitian yang menerapkan pemutusan otomatis, namun masih bersifat menyeluruh tanpa mempertimbangkan tingkat prioritas beban. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki keunggulan pada penerapan logika prioritas yang memungkinkan pemutusan beban dilakukan secara selektif dan bertahap, sehingga lebih adaptif terhadap kondisi overload dan kebutuhan pengguna.

5. Pembahasan Solusi terhadap Permasalahan Penelitian

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, sistem kendali beban listrik berbasis IoT dengan logika prioritas mampu memberikan solusi terhadap permasalahan kelebihan beban listrik. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai pengendali beban yang bekerja secara otomatis dan efisien. Dengan adanya pemutusan beban bertahap berdasarkan prioritas, risiko kerusakan peralatan dan gangguan sistem dapat diminimalkan. Hal ini menunjukkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai dan sistem yang dikembangkan layak digunakan sebagai solusi pengelolaan beban listrik yang lebih aman dan efektif.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem kendali beban listrik berbasis Internet of Things (IoT) dengan menerapkan logika prioritas. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan monitoring arus listrik secara real-time serta mendeteksi kondisi kelebihan

beban secara otomatis. Berdasarkan hasil pengujian fungsional, sistem dapat melakukan pemutusan beban secara bertahap sesuai dengan tingkat prioritas yang telah ditentukan, sehingga beban dengan tingkat kepentingan lebih tinggi tetap dapat beroperasi selama kondisi memungkinkan.

Penerapan logika prioritas pada sistem kendali beban listrik memberikan solusi yang lebih efektif dibandingkan pemutusan beban secara menyeluruh, karena mampu meningkatkan keamanan instalasi listrik dan efisiensi pengelolaan beban. Selain itu, validasi melalui studi literatur menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki keunggulan dalam hal mekanisme pengendalian beban yang adaptif dan terstruktur. Dengan demikian, sistem ini berpotensi untuk diterapkan sebagai alternatif solusi dalam pengelolaan beban listrik pada instalasi skala kecil hingga menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Khan, S., & Hassan, R. (2021). IoT based smart energy management system for smart homes. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(3), 2015–2024. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i3.2015>
- Alqahtani, F., Khan, M. A., & Hussain, A. (2020). Energy management system using IoT for smart grid. *IEEE Access*, 8, 216748–216760. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3041021>
- Anwar, M., Abdullah, A., & Putra, R. (2022). Design of IoT-based electrical load monitoring system using ESP8266. *Journal of Physics: Conference Series*, 2161(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2161/1/012021>
- Bedi, G., Venayagamoorthy, G. K., Singh, R., Brooks, R., & Wang, K. C. (2018). Review of Internet of Things (IoT) in electric power and energy systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(2), 847–870. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2802704>
- Chen, Y., Lin, C., & Chen, H. (2021). Smart load control system using IoT technology. *Sensors*, 21(12), 4012. <https://doi.org/10.3390/s21124012>
- Fadhilah, R., Pratama, A., & Hidayat, T. (2023). Monitoring arus listrik berbasis IoT menggunakan sensor ACS712. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 11(2), 89–97.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2019). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 81, 1–12.

- Hannan, M. A., Faisal, M., Ker, P. J., Begum, R. A., Dong, Z. Y., & Zhang, C. (2020). Review of smart grid systems from the perspective of energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109623.
- Hussain, S., Ullah, S., & Khan, A. (2022). IoT based real-time load monitoring and control system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102015.
- Islam, S. M., & Mamun, M. A. (2020). Design and implementation of smart home energy management system. *International Journal of Smart Grid*, 4(1), 23–31.
- Maier, M. (2019). Smart grids. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(2), 1704–1728.
- Mulyadi, A., & Saputra, D. (2021). Sistem monitoring daya listrik berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 20(1), 45–52.
- Nugroho, A., Wijaya, E., & Santoso, B. (2022). Automatic load shedding system based on IoT. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(4), 210–217.
- Rahman, M. M., & Saha, S. (2020). Priority based load control technique for smart grid. *Energy Reports*, 6, 183–190.
- Setiawan, D., Kurniawan, A., & Prakoso, B. (2023). Implementasi sistem kendali beban listrik berbasis IoT menggunakan ESP32. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 12(3), 155–163.
- Singh, S., & Kapoor, A. (2017). Load scheduling techniques for smart homes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 131–142.
- Susanto, H., & Wibowo, R. (2021). Analisis kinerja sensor arus ACS712 pada sistem monitoring energi listrik. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 17(2), 102–109.
- Yusuf, M., & Prabowo, G. (2022). Sistem pemantauan konsumsi energi listrik berbasis IoT menggunakan Blynk. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro*, 10(1), 33–40.
- Zhang, Y., Chen, X., & Li, K. (2021). Smart electricity management system using Internet of Things. *IEEE Access*, 9, 125132–125145.
- Kotler, P., & Lee, N. R. (2009). *Up and out of poverty: The social marketing solution*. New Jersey: Pearson Education.