

SISTEM CERDAS PEMANTAUAN DAN KONTROL BEBAN LISTRIK 1 PHASA BERBASIS TEKNOLOGI IOT

Samuel Pablo Putra Simanjuntak¹, Jacob Febryadi Nithanel Dethan^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Buddhi Dharma

*Corresponding Author, email: jacob.dethan@ubd.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya permintaan listrik di sektor residensial menuntut solusi manajemen energi yang lebih efisien dan cerdas. Penelitian ini mengembangkan sistem cerdas untuk pemantauan dan kontrol beban listrik satu phasa berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT). Sistem ini mengintegrasikan sensor PZEM-004T untuk memantau tegangan, arus, daya, energi, dan faktor daya secara *real-time*, yang dikombinasikan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 untuk memproses dan mengirim data melalui jaringan Wi-Fi ke *platform* Blynk pada perangkat *mobile*. Modul *relay* digunakan untuk mengontrol beberapa beban listrik secara jarak jauh melalui *smartphone*. Sistem ini mendapat *supply* daya dari adaptor 12V 5A dan distabilkan menggunakan DC-DC *buck converter* agar operasi berjalan optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan parameter listrik dengan akurasi tinggi dan mengontrol beban dengan efisien secara jarak jauh. Implementasi ini membuktikan bahwa sistem cerdas berbasis IoT dapat mengurangi pemborosan energi, meningkatkan kendali pengguna, dan mendorong praktik penggunaan energi yang berkelanjutan. Sistem memberikan visualisasi *real-time*, kontrol jarak jauh, dan fitur notifikasi kepada pengguna, menjadikannya solusi praktis dan ekonomis untuk manajemen energi rumah pintar. Penelitian ini mendukung pengembangan teknologi *smart grid* dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya efisiensi pemantauan energi di kalangan pengguna rumah tangga. Keberhasilan implementasi sistem ini membuka peluang besar untuk aplikasi lebih lanjut dalam skala yang lebih luas, berkontribusi pada pencapaian tujuan keberlanjutan energi global.

Kata Kunci: *Internet of Things*, Kontrol Jarak Jauh, Listrik Satu Phasa, Pemantauan Energi, Sistem Energi Cerdas.

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya konsumsi energi listrik di seluruh dunia menjadi perhatian penting karena berpengaruh besar terhadap lingkungan dan perekonomian (Sinaga et al., 2021). Sektor bangunan menyumbang sekitar 30% dari total konsumsi energi global (Nugroho et al., 2022). Di Indonesia sendiri, konsumsi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi, dengan laju rata-rata 4,5% per tahun (Yana et al., 2021). Penggunaan listrik di sektor rumah tangga merupakan salah satu penyumbang terbesar, dengan jumlah pelanggan mencapai lebih dari 59 juta dan konsumsi energi mencapai 93.634,63 GWh (Irvandi, 2022). Namun, sistem pemantauan dan kontrol beban listrik yang digunakan secara

konvensional seringkali tidak memberikan informasi *real-time* dan tidak memiliki akurasi pengendalian yang tinggi (Luthfi & Junianto, 2023).

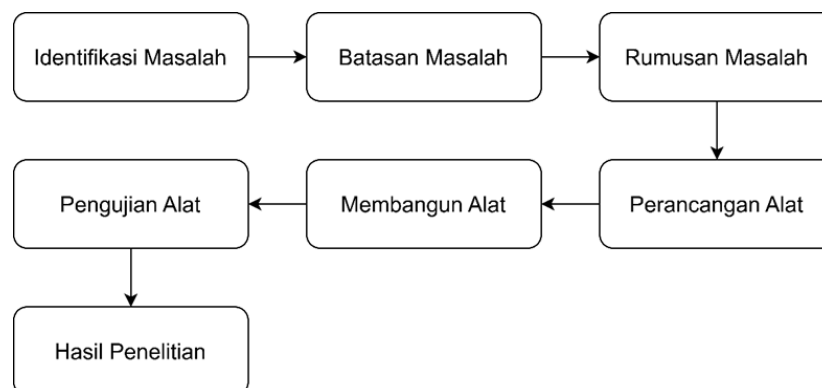
Seiring dengan perkembangan teknologi, *Internet of Things* (IoT) hadir sebagai solusi yang mampu meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian energi secara *real-time* (Amane et al., 2023). IoT memungkinkan integrasi perangkat sensor dengan jaringan internet sehingga data konsumsi energi dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh (Yusuf & Sodik, 2023). Beberapa studi menunjukkan bahwa penerapan sistem pemantauan energi berbasis IoT dapat mengurangi konsumsi energi hingga 15% (Kumar & Pandey, 2023; Poyyamozhi et al., 2024). Sensor seperti PZEM-004T yang dipadukan dengan modul ESP8266 terbukti mampu membaca parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, energi, dan faktor daya secara akurat (Amalia et al., 2021; Robbani et al., 2024). Sistem cerdas berbasis IoT ini juga memberikan kemampuan untuk merespons kondisi secara otomatis, meningkatkan efisiensi energi khususnya di lingkungan residensial dan usaha kecil (Selvam & Al-Humairi, 2023; Tanoto, 2023). Selain efisiensi, keunggulan sistem ini juga terletak pada kemampuannya dalam mengendalikan beban listrik secara otomatis untuk menghindari beban puncak (Suryawijaya, 2023).

Meski menawarkan banyak kelebihan, adopsi sistem ini di negara berkembang seperti Indonesia masih menghadapi tantangan, seperti keterbatasan infrastruktur jaringan internet di daerah terpencil dan belum adanya standarisasi komunikasi antar perangkat (Kizonde et al., 2023; Tripathy & Anuradha, 2018). *Platform* IoT seperti Blynk memudahkan pengguna untuk memvisualisasikan dan mengatur data konsumsi listrik melalui aplikasi *mobile* yang *user-friendly* (Berlianti & Fibriyanti, 2020). Hal ini dapat meningkatkan adopsi sistem di tingkat rumah tangga, terutama dengan pendekatan edukasi dan insentif dari pemerintah (Yanti et al., 2023). Penelitian serupa juga menunjukkan bahwa pemantauan berbasis IoT dapat digunakan tidak hanya untuk rumah pintar, tetapi juga untuk sistem irigasi presisi, kendaraan listrik, dan panel surya (Dinata et al., 2024; Mulyadi et al., 2024; Rahman et al., 2024). Bahkan dalam skala lebih besar, penerapan IoT dan AI di sektor energi telah mendukung pengembangan *smart grid* dan efisiensi distribusi energi secara nasional (Motlagh et al., 2020; Zang et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem cerdas pemantauan dan kontrol beban listrik satu *phasa* berbasis teknologi IoT yang mampu membaca parameter kelistrikan secara *real-time* dan memberikan kendali jarak jauh melalui *platform* digital. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis akurasi pengukuran serta mengevaluasi efektivitas sistem dalam manajemen energi listrik harian. Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah peningkatan efisiensi pemanfaatan energi listrik, pemahaman yang lebih baik terhadap teknologi IoT dalam konteks pengelolaan energi, serta kontribusi pada pengembangan sistem pemantauan energi cerdas yang lebih praktis dan ekonomis untuk rumah tangga maupun usaha kecil. Batasan dari penelitian ini terletak pada fokus penggunaan sistem hanya untuk beban listrik satu *phasa*, pemanfaatan sensor PZEM-004T dan mikrokontroler ESP8266, serta integrasi dengan *platform* Blynk sebagai antarmuka pengguna. Pengujian dilakukan dalam konteks rumah tangga dengan asumsi konektivitas internet yang stabil dan beban listrik tidak melebihi 220V dan 100A.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rancang bangun, yang digunakan sebagai kerangka kerja dalam mengembangkan sistem pemantauan dan kontrol berbasis IoT. Metode ini fleksibel dan memungkinkan penyesuaian sesuai dengan perkembangan sistem selama proses penelitian. Rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1, dengan tahapan sebagai berikut :



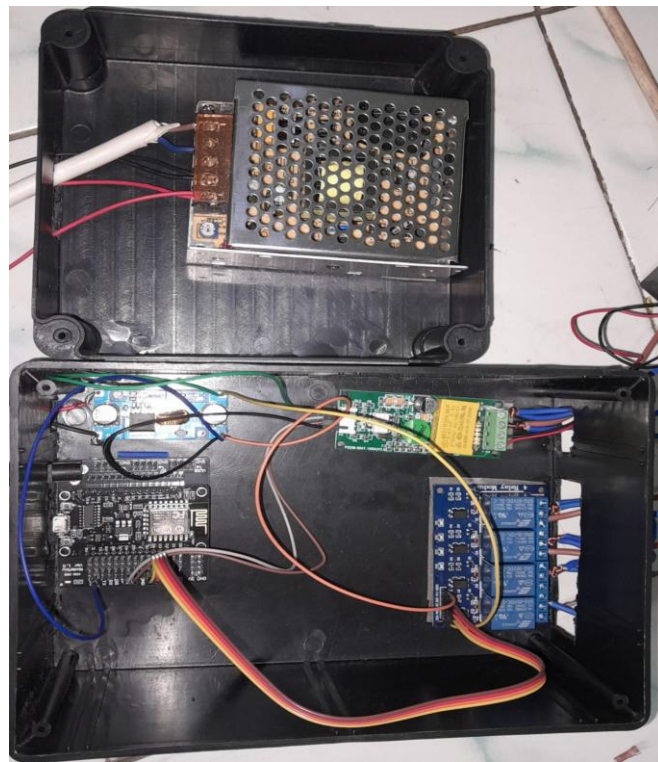
Gambar 1. Rancangan Penelitian

Metode ini difokuskan pada uji coba hasil rancang bangun untuk mengevaluasi manfaat dan kelayakan alat, serta bagaimana sistem mendukung

pemahaman konsep IoT melalui aplikasi Blynk. Desain alat juga dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan dan pemahaman pengguna.

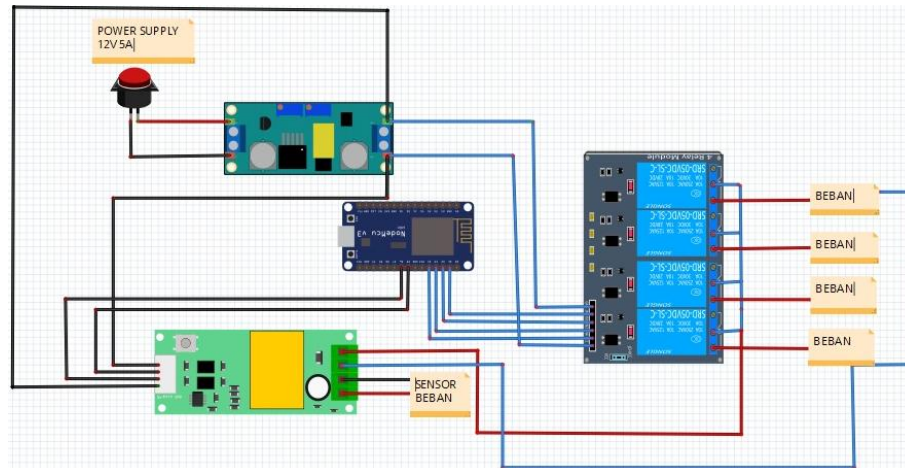
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan dalam diagram alur penelitian telah diimplementasikan dalam bentuk sistem *monitoring* dan kontrol beban listrik 1 *phasa* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini memanfaatkan ESP8266 (NodeMCU), sensor PZEM-004T, modul *relay* 4 *channel*, serta aplikasi Blynk untuk pengendalian dan pemantauan jarak jauh. Sistem berhasil dirakit dengan komponen utama yang terhubung secara fungsional. Sensor PZEM-004T membaca parameter listrik (tegangan, arus, daya, energi), data dikirim oleh ESP8266 ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi. Modul *relay* digunakan untuk mengontrol peralatan listrik secara otomatis atau manual melalui *smartphone*.



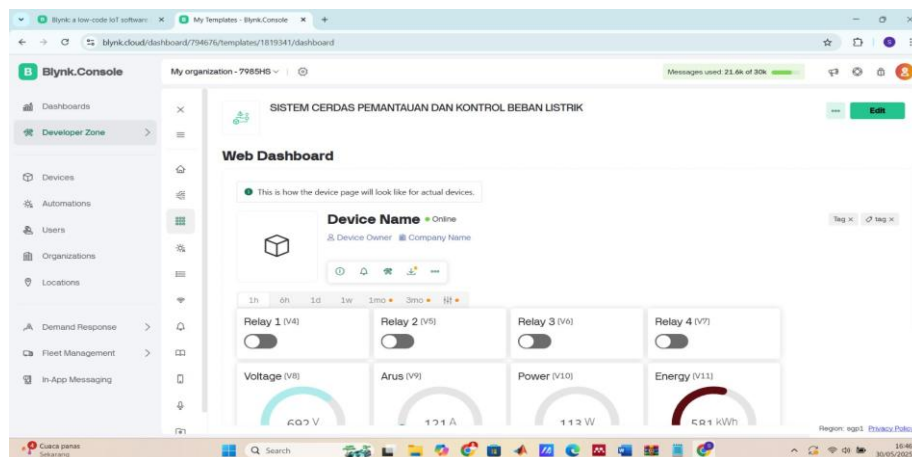
Gambar 2. Hasil Perakitan Perangkat Keras

Penyusunan *wiring* dilakukan berdasarkan koneksi logis antar komponen. Sensor PZEM-004T terhubung ke NodeMCU melalui komunikasi serial RX dan TX, sedangkan *relay* terhubung melalui pin digital (GPIO). *Power supply* memberikan tegangan yang stabil untuk mendukung operasi sistem.



Gambar 3. Wiring Diagram Perangkat Keras

Sistem menampilkan data parameter listrik secara real-time di aplikasi Blynk, serta merespons perintah kontrol dengan baik. Nilai tegangan, arus, dan daya terbaca stabil, dan kontrol beban berfungsi sesuai logika yang diatur.



Gambar 4. Tampilan Aplikasi Blynk

Sistem bekerja stabil dan sesuai fungsi. Pembacaan data akurat, konektivitas real-time berjalan baik, serta kontrol beban responsif. Solusi ini cocok diterapkan untuk kebutuhan rumah tangga atau skala kecil sebagai sistem efisien dalam pemantauan dan pengendalian energi listrik.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem cerdas

pemantauan dan kontrol beban listrik satu *phasa* berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT).

Sistem yang dibangun mampu memantau parameter kelistrikan seperti Tegangan, Arus, Daya, Energi, Frekuensi, dan Faktor Daya secara *real-time* menggunakan sensor PZEM-004T, serta mengendalikan beban listrik dari jarak jauh melalui *platform* Blynk yang terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sistem ini mampu memberikan data yang akurat dengan deviasi pengukuran kurang dari 5%, serta menunjukkan waktu respons kontrol yang cepat (kurang dari 1 detik), sehingga sesuai untuk diterapkan dalam lingkungan rumah tangga atau usaha kecil. Pengguna juga dapat dengan mudah memantau dan mengelola penggunaan listrik melalui aplikasi *mobile*, yang secara tidak langsung meningkatkan kesadaran energi dan potensi efisiensi konsumsi daya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S., Andari, R., & Nofrizal, Y. (2021). Sistem Monitoring Penggunaan Beban Pada Proses Pengosongan Baterai 100WP Menggunakan Sensor PZEM-004T. *Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer*, 11(1), 29–36. <https://doi.org/10.33369/jamplifier.v11i1.15472>
- Amane, A. P. O., Febriana, R. W., Artiyasa, M., Cahyaningrum, A. O., Husain, Abror, M. N., Fachruzzaki, Asman, A., M.Biomed, Ridwan, A., Suraji, A., Aritonang, L., & Srifitriani, A. (2023). *Pemanfaatan Dan Penerapan Internet Of Things (IOT) Di Berbagai Bidang (Studi Kasus & Implementasi Pemanfaatan serta Penerapan IoT dalam berbagai Bidang)*. www.sonpedia.com
- Berlianti, R., & Fibriyanti. (2020). Perancangan Alat Pengontrolan Beban Listrik Satu Phasa Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Arduino Mega. *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, 5(1), 17–26.
- Dinata, S., Mardiansyah, & Putra, H. A. (2024). Rancang Bangun Alat Monitoring Output Panel Surya di Kampus Universitas Pamulang Viktor Menggunakan Internet of Things. *Techne : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 23(1), 1–10. <https://doi.org/10.31358/techne.v23i1.355>
- Irvandi. (2022). *Perancangan Prototype Alat Monitoring Listrik pada Rumah*

- Tangga Berbasis IoT (Internet of Things)*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Kizonde, B. K., Mathaba, T. N. D., & Langa, H. M. (2023). Design of an IoT-Based Energy Monitoring Node. *International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET 2023)*, 216–221. <https://doi.org/10.1109/ICECET58911.2023.10389228>
- Kumar, M., & Pandey, K. M. (2023). The Impact of IoT on Smart Home Energy Management. *IJSCE: International Journal of Soft Computing and Engineering*, 13(5), 7–12. <https://doi.org/10.35940/ijscce.D3647.13051123>
- Luthfi, A. Z. Al, & Junianto, E. (2023). Monitoring dan Otomatisasi Penyiraman Serta Pemupukan Pada Pertanian Sayuran di Desa Cikidang Lembang. *E-Prosiding Teknik Informatika*, 4(2).
- Motlagh, N. H., Mohammadrezaei, M., Hunt, J., & Zakeri, B. (2020). Internet of things (IoT) and the energy sector. *Energies*, 13, 1–27. <https://doi.org/10.3390/en13020494>
- Mulyadi, M. E., Samsumar, L. D., Zaenudin, & Efendi, M. M. (2024). Perancangan Sistem Monitoring Lahan Parkir pada Area Basement Hotel Aston Inn Mataram Berbasis Internet of Things (IOT). *JCSIT (Journal of Computer Science and Information Technology)*, 1(4), 316–326.
- Nugroho, A. P., Wibowo, R. P. H., & Anam, C. (2022). Wquo Vadis Energi Terbaharukan Di Asia Tenggara : Tinjauan Kebijakan Transisi Energi Listrik Menuju Nihil Emisi. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 1(2), 335–348. <https://doi.org/10.55681/sentri.v1i2.238>
- Poyyamozhi, M., Murugesan, B., Rajamanickam, N., Shorfuzzaman, M., & Aboelmagd, Y. (2024). IoT-A Promising Solution to Energy Management in Smart Buildings: A Systematic Review, Applications, Barriers, and Future Scope. *Buildings*, 14, 1–32. <https://doi.org/10.3390/buildings14113446>
- Rahman, F. F., Susanto, R., & Suryani, F. (2024). Implementasi Smart Energy Meter dan Controlling Alat Listrik pada Rumah Pintar Berbasis IoT. *Jupiter (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, 9(2), 64–74. <https://doi.org/10.25273/jupiter.v9i2.20905>
- Robbani, A. J., Alfiaurrohmah, F., Nurdiansyah, M. R., Maharani, A. S., & W, A.

- D. P. (2024). Implementasi Smart Home pada Platform Apple Homekit dan Google Home dengan Raspberry Pi 4B. *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 5(4), 377–387. <https://doi.org/10.35746/jtim.v5i4.480>
- Selvam, A. P., & Al-Humairi, S. N. S. (2023). The Impact of IoT and Sensor Integration on Real- Time Weather Monitoring Systems : A Systematic Review. *Research Square*.
- Sinaga, D. H., Sasue, R. R. O., & Hutahaean, H. D. (2021). Pemanfaatan Energi Terbarukan Dengan Menerapkan Smart Grid Sebagai Jaringan Listrik Masa Depan. *Journal Zetroem*, 3(1), 11–17.
- Suryawijaya, T. W. E. (2023). Memperkuat Keamanan Data melalui Teknologi Blockchain: Mengeksplorasi Implementasi Sukses dalam Transformasi Digital di Indonesia. *Jurnal Studi Kebijakan Publik*, 2(1), 55–67. <https://doi.org/10.21787/jskp.2.2023.55-68>
- Tanoto, Y. (2023). Pengelolaan Energi Berkelanjutan Di Gotel. In *Pengelolaan energi berkelanjutan di hotel*. ZAHIR PUBLISHING. <https://repository.petra.ac.id/20566/>
- Tripathy, B. K., & Anuradha, J. (2018). *Internet of Things (IoT) : Technologies, Applications, Challenges and Solutions*. CRC Press.
- Yana, S., Nizar, M., & Yulisma, A. (2021). Prospek Utama Pengembangan Energi Terbarukan Di Negara-Negara ASEAN. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(2), 1702–1720. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i2.2866>
- Yanti, D., Heryadi, D. Y., Juliana, Cakranegara, P. A., & Kadyrov, M. (2023). Developing Rural Communication Through Digital Innovation for Village Tourism. *Jurnal Studi Komunikasi*, 7(3), 696–712. <https://doi.org/10.25139/jsk.v7i3.7384>
- Yusuf, M., & Sodik, M. (2023). Penggunaan Teknologi Internet of Things (IoT) Dalam Pengelolaan Fasilitas Dan Infrastruktur Lembaga Pendidikan Islam. *PROPHETIK : Jurnal Kajian Keislaman*, 1(2), 1–18.
- Zang, T., Wang, S., Wang, Z., Li, C., Liu, Y., Xiao, Y., & Zhou, B. (2024). Integrated Planning and Operation Dispatching of Source–Grid–Load–Storage in a New Power System: A Coupled Socio–Cyber–Physical Perspective. *Energies*, 17, 1–43. <https://doi.org/10.3390/en17123013>