

Design and Development of a Remote Electric Load Control System Based on the Internet of Things (IoT) for Energy Savings

Muh Ikram Mulky¹, Mutmainnah², Asyraful Insan Asry³
^{1,2,3}Politeknik ATI Makassar
22osp656@atim.ac.id

Abstract

Unsupervised electricity usage can lead to energy waste and increased billing costs. To address this issue, a system capable of effectively monitoring and controlling electrical loads is needed. This study presents the design and development of a remote electrical load monitoring system based on the Internet of Things (IoT) for energy savings, utilizing an ACS712 current sensor, a ZMPT101B voltage sensor, and a relay module as the main components. Load control is carried out via a Telegram application equipped with a cost estimation notification feature as well as overload alerts when the voltage exceeds 250 V or the current surpasses the predefined limit. Testing results show that the measurement accuracy reaches over 94% for voltage and 96% for current, with a total daily energy consumption of five devices amounting to 1.168 kWh and a cost of IDR 1,600.71. This system has proven capable of improving energy efficiency, minimizing waste, and simplifying the process of monitoring and controlling electrical loads.

Keywords: IoT, Relay, ESP32, ACS712 sensor, ZMPT101B sensor, Telegram.

Abstrak

Penggunaan listrik yang tidak diawasi dengan baik dapat menyebabkan pemborosan energi dan meningkatnya biaya tagihan. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan sistem yang dapat memantau dan mengontrol beban listrik secara efektif. Penelitian ini rancang bangun sistem monitoring beban Listrik jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk penghematan energi, sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, dan modul relay sebagai komponen utama. Pengendalian beban dilakukan melalui aplikasi Telegram yang dilengkapi fitur notifikasi estimasi biaya serta peringatan beban lebih ketika tegangan melebihi 250 V atau arus melampaui batas yang ditetapkan. Pengujian menunjukkan tingkat akurasi pengukuran mencapai lebih dari 94% untuk tegangan dan 96% untuk arus, dengan total konsumsi energi harian lima peralatan sebesar 1,168 kWh dan biaya Rp 1.600,71. Sistem ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi, meminimalkan pemborosan, serta mempermudah proses pemantauan dan pengendalian beban Listrik.

Kata kunci: IoT, Relay, ESP32, sensor ACS712, Sensor ZMPT101B, Telegram.

1. Pendahuluan

Di era digital saat ini, efisiensi penggunaan energi menjadi hal yang sangat penting, baik dalam sektor industri, perkantoran, maupun rumah tangga. Salah satu kendala utama dalam pengelolaan energi listrik adalah terjadinya pemborosan yang diakibatkan oleh penggunaan beban listrik secara tidak efisien. Banyak perangkat elektronik yang tetap menyala meskipun tidak sedang digunakan, sehingga meningkatkan konsumsi energi secara tidak perlu dan menyebabkan pembengkakan biaya listrik. Perkembangan teknologi, khususnya teknologi *Internet of Things* (IoT), memberikan solusi inovatif untuk menangani permasalahan tersebut. IoT memungkinkan konektivitas antara perangkat keras dan perangkat lunak sehingga peralatan listrik dapat dipantau dan dikendalikan secara langsung melalui jaringan internet.

Penerapan sistem pengendalian beban listrik berbasis IoT memiliki peran penting dalam mendukung penghematan energi. Teknologi ini memberikan kemudahan dalam pengelolaan penggunaan listrik, termasuk pengaturan jadwal operasional perangkat, deteksi beban aktif, hingga pemutusan otomatis ketika peralatan tidak sedang digunakan. Oleh karena itu, sistem ini sangat sesuai untuk mendukung efisiensi energi, meminimalkan pemborosan, serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya manajemen energi yang berkelanjutan.

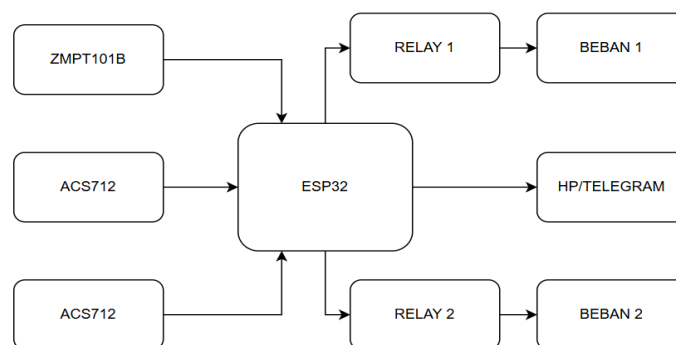
Oleh karena itu, penelitian ini akan dirancang dan direalisasikan suatu sistem kendali beban listrik berbasis IoT yang mampu mengendalikan peralatan listrik secara jarak jauh melalui jaringan internet. Sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis dan efisien dalam pengelolaan konsumsi listrik, serta menjadi bagian dari pengembangan sistem otomasi yang cerdas dan ramah energi.

2. Metode Penelitian

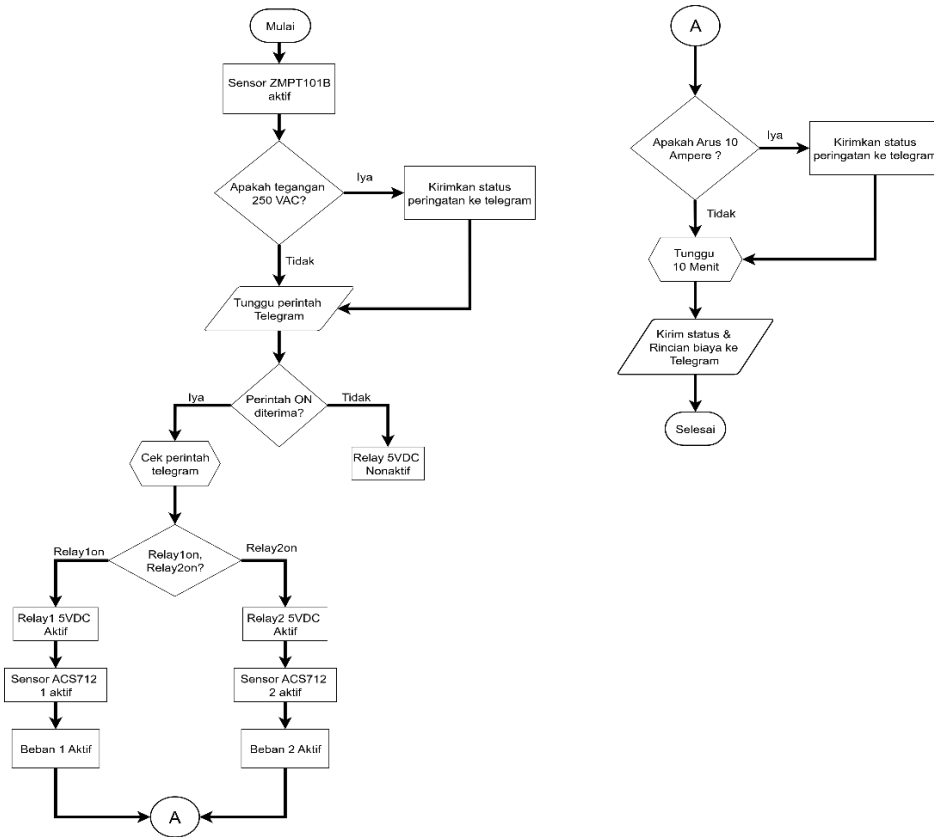
Penelitian serta perancangan tugas akhir ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Tenaga Listrik, Program Studi Otomasi Sistem Permesinan, Politeknik ATI Makassar dan dilaksanakan pada bulan Maret sampai bulan Juli 2025.

Dalam melakukan penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian dengan metode eksperimental. Penelitian dilakukan dalam dua tahapan, yaitu merancang alat dan pengujian alat Sistem Kontrol beban listrik jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk penghematan energi.

Dalam rancangan ini disusun skema rangkaian *Hardware* serta Blok *Diagram* sebagai sistem tempat sampah otomatis



Gambar (a) sistem perancangan Blok Diagram

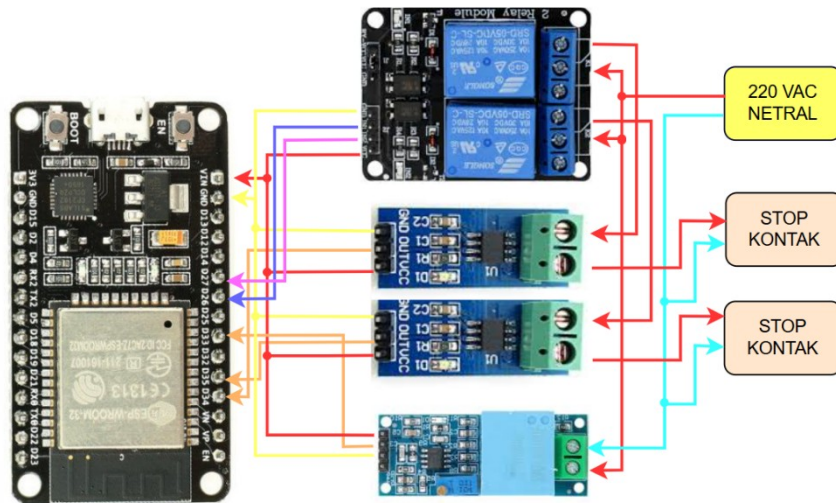


Gambar (b) sistem perancangan Blok Diagram

3. Hasil dan Pembahasan

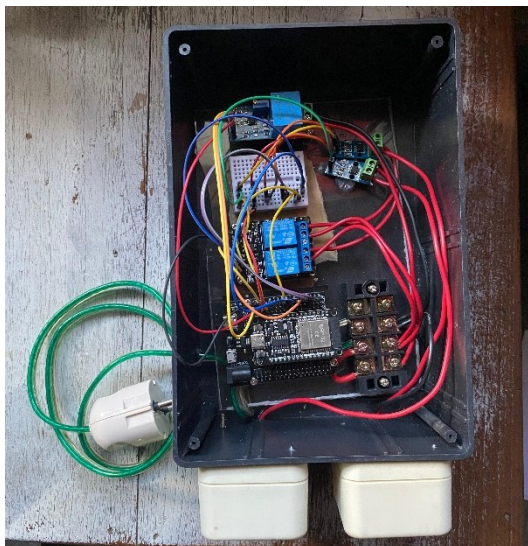
3.1. Hasil penelitian

Sebuah alat monitoring dan pengendalian beban Listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk mempermudah dalam mengendalikan beban listrik yang dapat diakses melalui internet menggunakan perangkat seperti *smartphone* atau laptop.



Gambar (c) Wiring Diagram

Hasil rancangan dari rancang bangun sistem monitoring dan kontrol beban listrik berbasis *internet of things* (IoT) dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar (d) Wiring Diagram



Gambar (e) Wiring Diagram

3.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian istem monitoring dan pengendalian beban listrik berbasis *internet of things* (IoT) yang telah dirancang, alat berhasil melakukan pembacaan data tegangan dan arus secara *real-time*. Sensor ZMPT101B dan sensor ACS712 mampu membaca tegangan dan arus dengan nilai yang konsisten, walaupun tingkat akurasinya terbatas untuk perubahan kecil.

Tabel 1 : Hasil pengukuran sensor ZMPT101B

No	Sumber Tegangan (V)	Tegangan Sensor (V)	Tegangan Volt meter (V)	Error (V)	Akurasi (%)
1	10	9,4	10	6	94,00
2	40	38,9	40	2,75	97,25
3	60	62,4	60	4	96,00
4	80	78,6	80	1,75	98,25
5	100	98,2	100	1,8	98,20
6	120	118,7	120	1,08	98,92

Pada Tabel hasil pengujian sensor ZMPT101B memperlihatkan bahwa pembacaan tegangan oleh sensor memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi dengan nilai acuan yang diperoleh dari voltmeter. Pengujian dilakukan dengan memberikan sumber tegangan yang bervariasi menggunakan alat regulator untuk mengatur besar tegangan, sehingga nilai keluaran dapat dibandingkan antara hasil pengukuran menggunakan alat ukur (voltmeter) dan tegangan yang dibaca oleh sensor. Pada pengujian dengan sumber tegangan 10 V, sensor mencatat 9,4 V, dengan error sebesar 6% dan akurasi 94%. Untuk sumber 40 V, nilai terukur 38,9 V, menghasilkan error 2,75% dan akurasi 97,25%. Pada sumber 60 V, sensor membaca 62,4 V dengan error 4% dan akurasi 96%. Selanjutnya, pada tegangan 80 V, sensor menunjukkan hasil 78,6 V dengan error 1,75% dan akurasi 98,25%. Untuk sumber 100 V, pembacaan sensor adalah 98,2 V, menghasilkan error 1,8% dan akurasi 98,20%. Terakhir, pada sumber 120 V, nilai yang terukur 118,7 V dengan error 1,08% dan akurasi 98,92%. Secara umum, hasil tersebut membuktikan bahwa sensor ZMPT101B mampu mengukur tegangan dengan tingkat akurasi tinggi, berkisar antara 94% hingga 98,92%, sehingga layak digunakan untuk sistem pemantauan tegangan listrik.

Tabel 2 : Hasil pengukuran sensor ACS712

No	Pengujian (A)	Arus Sensor (A)	Amperemeter (A)	Error (A)	Akurasi (%)
1	0,5 A	0,48	0,50	4,00	96,00
2	1 A	0,97	1,00	3,00	97,00
3	1,5 A	1,52	1,50	1,33	98,67
4	2 A	1,95	2,00	2,50	97,50
5	2,5A	2,45	2,50	2,00	98,00
6	3 A	2,92	3,00	2,66	97,33

Uji sensor arus ACS712 yang dibandingkan dengan pembacaan amperemeter sebagai alat ukur acuan. Pengujian dilakukan pada enam tingkat arus, mulai dari 0,5 A hingga 3 A, dengan sumber arus yang diatur menggunakan beban variabel (*variable resistance*) dan regulator daya. Setiap nilai arus yang dihasilkan diukur secara bersamaan oleh amperemeter

dan sensor ACS712 untuk menilai tingkat kesesuaian hasil pengukuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan sensor ACS712 sangat mendekati data yang diperoleh dari amperemeter. Selisih hasil pengukuran (error) berada pada rentang 1,33% hingga 4,00%, dengan tingkat akurasi yang konsisten di atas 96% di seluruh percobaan. Akurasi tertinggi tercatat pada arus 1,5 A sebesar 98,67%, sedangkan akurasi terendah terjadi pada arus 0,5 A sebesar 96%. Secara keseluruhan, data ini membuktikan bahwa sensor ACS712 memiliki performa yang andal dan mampu mengukur arus listrik dengan presisi tinggi dalam rentang uji yang dilakukan.

Tabel 3 : Fungsi perintah ON/OFF

No	Beban	Tindakan	Tegangan Sensor (V)	Arus Sensor (A)	Kondisi beban
1	Lampu	ON	227,11	0,15	ON
		OFF	227,14	0	OFF
2	Kipas	ON	226,85	0,25	ON
		OFF	227,05	0	OFF
3	Rice cooker	ON	226,70	0,65	ON
		OFF	226,90	0	OFF
4	Solder	ON	226,50	0,32	ON
		OFF	226,80	0	OFF
5	Hair Dryer	ON	224,80	1,80	ON
		OFF	224,10	0	OFF

Uji fungsi perintah ON/OFF pada berbagai beban listrik seperti lampu, kipas, rice cooker, solder, dan hair dryer. Pengujian ini bertujuan memastikan sistem mampu menjalankan perintah ON/OFF dengan benar sekaligus memantau perubahan tegangan dan arus yang terbaca oleh sensor saat beban ON atau OFF. Hasil menunjukkan bahwa tegangan tetap stabil di kisaran 224–227 V pada semua kondisi, menandakan pasokan listrik tidak mengalami penurunan signifikan. Perbedaan terlihat pada arus yang terukur, di mana saat beban ON nilainya bervariasi sesuai daya perangkat (0,15 A pada lampu hingga 1,80 A pada hair dryer), sedangkan pada kondisi OFF seluruh beban menunjukkan arus 0 A, membuktikan pemutusan daya berjalan optimal. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa sistem ON/OFF berfungsi efektif dan pembacaan sensor akurat dalam membedakan beban aktif maupun nonaktif.

Tabel 4 : Konsumsi energi dan biaya listrik harian

No	Beban	Tegangan sensor (V)	Arus sensor (A)	Daya (W)	Jam/Hari	kWh/hari	Biaya/hari (Rp)
1	Lampu	227,11	0,15	34,06	5	0,1703	246,03
2	Kipas	226,85	0,25	56,50	4	0,2260	326,50
3	Rice cooker	226,70	0,65	147,35	2	0,2947	339,07
4	Solder	226,50	0,32	72,48	1	0,0724	104,59
5	Hair Dryer	224,80	1,80	404,64	1	0,4046	584,52
Total						1,168	1.600,71

lima peralatan yang diuji memiliki total konsumsi energi listrik harian sebesar 1,168 kWh dengan total biaya Rp 1.600,71 pada tarif Rp 1.444,70/kWh. Hair dryer menjadi perangkat dengan konsumsi energi tertinggi, yakni berdaya 404,64 W dan digunakan selama 1 jam per hari, menghasilkan pemakaian 0,4046 kWh dengan biaya Rp 584,52 per hari. Posisi berikutnya ditempati rice cooker dengan konsumsi 0,2947 kWh/hari dan biaya Rp 339,07, diikuti kipas yang mengonsumsi 0,2260 kWh/hari dengan biaya Rp 326,50. Lampu yang memiliki daya 34,06 W dan digunakan 5 jam per hari menghasilkan pemakaian 0,1703 kWh

dengan biaya Rp 246,03, sedangkan solder mencatat konsumsi terendah yaitu 0,0724 kWh/hari dengan biaya Rp 104,59. Temuan ini memperlihatkan bahwa meskipun hair dryer digunakan dalam durasi singkat, daya yang tinggi membuatnya menyumbang biaya listrik terbesar, sementara perangkat berdaya rendah seperti solder hanya memberikan kontribusi kecil terhadap total biaya listrik harian.

4. Kesimpulan

Sistem kontrol beban listrik jarak jauh berbasis IoT yang dirancang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian beban secara *real-time* melalui koneksi internet dengan tingkat akurasi tinggi, yakni lebih dari 94% untuk tegangan dan 96% untuk arus. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor ZMPT101B, dan ACS712, sistem ini dapat mengukur tegangan, arus, daya, menghitung estimasi biaya listrik, serta mengontrol perangkat melalui aplikasi Telegram yang dilengkapi fitur notifikasi dan peringatan beban lebih. Berdasarkan hasil pengujian, lima perangkat yang diuji mengonsumsi total energi sebesar 1,168 kWh per hari dengan biaya Rp 1.600,71, di mana hair dryer menjadi perangkat dengan biaya penggunaan tertinggi. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi, memudahkan proses pemantauan, serta meningkatkan keamanan, sehingga sangat potensial untuk digunakan di rumah tangga maupun industri berskala kecil.

Daftar Pustaka

- [1]]Alfariski, M. R., Dhandi, M., & Kiswantono, A. (2022). Automatic Transfer Switch (ATS) Using Arduino Uno, IoT-Based Relay and Monitoring. *JTECS: Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem Dan Komputer*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.32503/jtecs.v2i1.2238>
- [2] Arismunandar, W., Alamsyah, M., Ardiansyah, S., & Kom, M. (2023). Perancangan Aplikasi Monitoring Dan Kontrol Smarthome Berbasis IoT Terintegrasi Dengan Bot Telegram Sebagai Notifikasi. *Ccs, x, No.x(1)*, 134–144. <https://ejournal.diponegara.ac.id/index.php/dipakomti/article/view/1382%0Ahttps://ejournal.diponegara.ac.id/index.php/dipakomti/article/view/1382/1025>
- [3] Krisna Joko Purjianto, Nurchim, M. N. F. (2024). Prototipe Monitoring Energi Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) guna Mewujudkan Rumah Pintar. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.58918/lofian.v4i1.255>
- [4] Pratama, M. A., & Widyartono, M. (2020). Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Biaya Tagihan Listrik Berbasis Arduino Mega. *Journal Unesa*, 9(2), 385–392.
- [5] Puruhita, H. W., Ependi, A., Aghastya, A., Agustriana, T. M., Lestari, S. M., & Fikria, A. (2023). Sosialisasi Konsep Rumah Tinggal Hemat Energi. *Madiun Spoor: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1). <https://doi.org/10.37367/jpm.v3i1.243>
- [6] Rakhman Suharso, A., Nugraha, A., & Oktarina Dwi Handayani, D. (2021). Sistem Monitor Dan Kontrol Konsumsi Listrik Rumah Tangga Berbasis Iot Dan Android. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 7(2), 1–11. <https://doi.org/10.52005/rekayasa.v7i2.51>
- [7] Rohmah, R. N., Alwi, F. N., & Jatmiko, J. (2022). Alat Monitoring dan Pengendalian Konsumsi Listrik Rumah Tangga untuk Pengembangan Rumah Pintar Berbasis IoT. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 34–38. <https://doi.org/10.23917/emitor.v22i1.15159>
- [8] Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Bintang, M. I., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X. *Karimah Tauhid*, 1(2963-590X), 861–862.
- [9] Tri, N., Saptadi, S., Atma, U., Makassar, J., Pramana, H. J., Garut, U., Saputra, A. I., Batam, U., & Nugroho, E. P. (2025). *Integrasi Internet of Things (IoT) dan Embedded System dalam Era Digital* (Issue July).