

MONITORING ENERGI LISTRIK PADA RUMAH KOS BERBASIS IOT

¹ Nikodemus Mau Hale, ² Fachrudin Hunaini, ³ Moh Uhida Subhan, ⁴ Sabar Setiawidayat
^{1,2,3,4} Teknik Elektro, Universitas Widyagama Malang, Malang
¹nikodemusmh04@gmail.com, ²fachrudin_h@widyagama.ac.id

Abstract - Efficient utilization of electrical energy in boarding house environments is a significant challenge, particularly when a flat-rate tariff system is applied without separating consumption per room. This study designs and implements an Internet of Things (IoT)-based electrical energy management system using the NodeMCU ESP8266, PZEM-004T sensor, and Blynk application. The system is capable of monitoring electrical parameters in real-time, including voltage, current, power, energy, and cost estimation, while also controlling the power flow via a relay module. Testing was conducted in a boarding house environment with various types of electrical loads to measure sensor accuracy, communication stability, and control responsiveness. The results show voltage measurement accuracy with an error of less than 1%, ON/OFF load control response time of less than 1 second, and system stability during approximately 6 hours of continuous operation without connection interruptions. The energy quota feature enables automatic power disconnection when the consumption limit is reached. This system is considered feasible to be applied as an efficient, economical, and practical solution to improve cost transparency, energy efficiency, and electricity control in boarding houses.

Keywords — Electrical energy management; Internet of Things; NodeMCU ESP8266; PZEM-004T; Blynk.

Abstrak—Pemanfaatan energi listrik yang efisien di lingkungan rumah kos menjadi tantangan penting, terutama ketika sistem tarif flat masih digunakan tanpa pemisahan konsumsi per kamar. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem manajemen energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor PZEM-004T, dan aplikasi Blynk. Sistem ini mampu memantau parameter kelistrikan secara real-time, termasuk tegangan, arus, daya, energi, serta estimasi biaya, sekaligus mengendalikan aliran listrik melalui modul relay. Pengujian dilakukan di lingkungan rumah kos dengan berbagai jenis beban listrik untuk mengukur akurasi sensor, kestabilan komunikasi, dan responsivitas kontrol. Hasil menunjukkan akurasi pembacaan tegangan dengan error <1%, respons kontrol ON/OFF beban <1 detik, serta kestabilan sistem selama pengoperasian ±6 jam tanpa gangguan koneksi. Fitur kuota energi memungkinkan pemutusan listrik otomatis ketika batas konsumsi tercapai. Sistem ini dinilai layak diterapkan sebagai solusi efisien, ekonomis, dan praktis untuk meningkatkan transparansi biaya, efisiensi energi, dan pengendalian listrik pada rumah kos.

Kata Kunci— Manajemen energi listrik; Internet of Things; NodeMCU ESP8266; PZEM-004T; Blynk.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di lingkungan rumah kos semakin meningkat seiring dengan penggunaan berbagai peralatan elektronik oleh penghuni. Namun, sistem penagihan listrik yang masih menerapkan tarif flat tanpa memperhitungkan konsumsi aktual per kamar sering kali menimbulkan ketidakadilan dan pemborosan energi[1]. Pemilik kos dapat mengalami kerugian ketika penyewa menggunakan perangkat dengan daya tinggi, sedangkan penyewa lain yang lebih hemat tetap membayar biaya yang sama[2]. Selain itu, metode pencatatan manual dan kWh meter konvensional hanya menyediakan informasi bulanan, sehingga tidak memberikan transparansi dan pemantauan secara real-time[3].

Ketidak mampuan sistem manual dalam mendeteksi konsumsi berlebih atau anomali beban, seperti korsleting atau perangkat yang boros energi, dapat meningkatkan risiko kerusakan peralatan serta beban biaya operasional[4]. Di sisi lain, perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan integrasi sensor dan mikrokontroler untuk melakukan monitoring dan pengendalian energi listrik secara otomatis dari jarak jauh[5]. Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa penggunaan mikrokontroler seperti NodeMCU yang terhubung dengan sensor arus dan tegangan mampu menyediakan data konsumsi listrik secara real-time melalui aplikasi berbasis internet. Maslyawan dkk. (Politeknik Negeri Malang) merancang sistem yang mampu memantau konsumsi daya dan

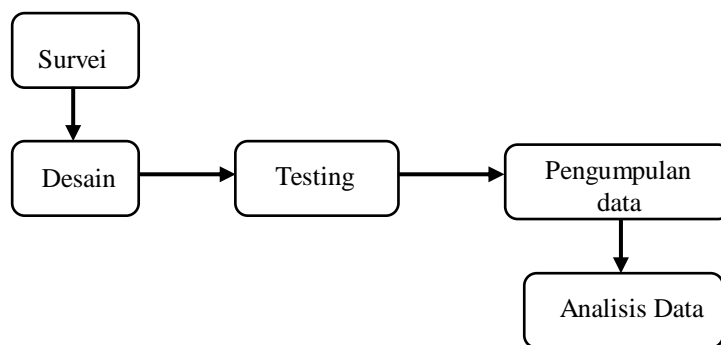
memperkirakan biaya keluarannya dengan akurasi tinggi, memanfaatkan NodeMCU, ZMPT101B, ACS712, dan interface Cayenne[6].

Penelitian ini mengusulkan perancangan sistem manajemen energi listrik berbasis IoT pada rumah kos menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor PZEM-004T, dan aplikasi Blynk. Sistem ini dirancang untuk memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, energi, serta estimasi biaya secara langsung, sekaligus memberikan fitur kendali relay dan sistem kuota energi. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pengelolaan energi listrik menjadi lebih transparan, adil, efisien, serta meminimalkan potensi pemborosan di lingkungan rumah kos.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode

Metode penelitian merupakan pendekatan ilmiah yang digunakan untuk merumuskan langkah-langkah dalam melakukan pengukuran atau analisis guna mencapai tujuan tertentu. Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan mencakup lima tahapan utama, yaitu: survei awal, perancangan sistem, proses pengujian, pengumpulan data, serta tahap evaluasi hasil[7].



Gambar 1. Alur metode penelitian

Tahap survei dilakukan dengan mengumpulkan sumber data dari literatur dan penelitian sebelumnya untuk menentukan alat, metode, atau parameter yang relevan, sehingga penelitian memiliki dasar ilmiah yang kuat. Tahap desain adalah menggambarkan rancangan sistem yang akan digunakan dalam bentuk blok diagram. Tahap testing adalah melakukan test terhadap alat yang telah di buat. Tahap pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan instrumen atau sensor yang telah disiapkan untuk mendapatkan data aktual. Tahap evaluasi bertujuan menganalisis hasil pengujian, mengidentifikasi kekurangan dan kelebihan alat, serta mencari solusi untuk perbaikan[7]. Pada tahap ini juga dihitung tingkat kesalahan pengukuran menggunakan persamaan:

$$\%Error = \left| \frac{(X_{sensor} - X_{alat\ acuan})}{X_{acuan}} \right| \times 100\%$$

Keterangan :

%Error = Persentase kesalahan pengukuran (%), menunjukkan selisih relatif antara hasil sensor dengan nilai acuan.

Xsensor = Nilai hasil pengukuran yang diperoleh dari sensor atau alat ukur yang sedang diuji.

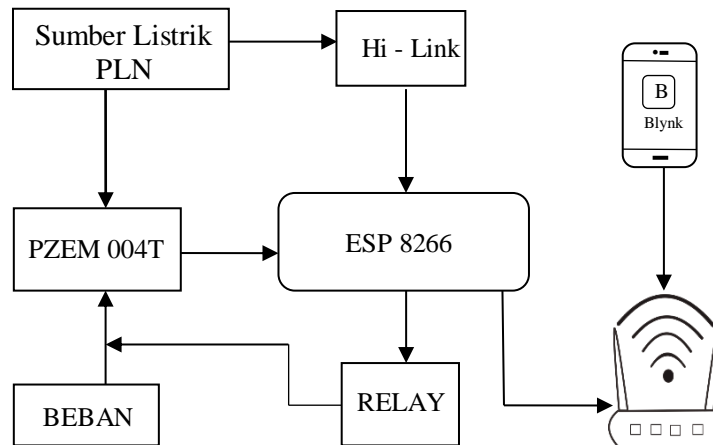
Xacuan = Nilai acuan atau standar perbandingan yang dianggap benar atau mendekati kebenaran

|| = Tanda nilai mutlak, digunakan agar hasil perhitungan error selalu positif

100% = Mengubah hasil perbandingan menjadi bentuk persentase.

B. Rancangan Sistem

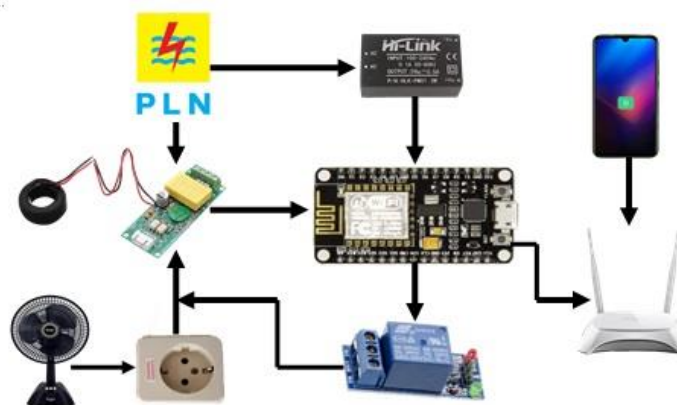
Blok diagram sistem pemantauan energi listrik pada rumah kos berbasis internet of things (IOT) ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram manajemen energi listrik pada rumah kos berbasis IOT

Sistem ini dirancang untuk memantau konsumsi energi listrik, sisa kuota listrik, dan melakukan pengisian kuota listrik dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Sumber listrik utama berasal dari jaringan PLN, yang kemudian dialirkan ke modul Hi-Link. Modul ini berfungsi sebagai power supply yang mengubah tegangan AC 220V dari PLN menjadi tegangan 5V DC yang sesuai untuk menghidupkan mikrokontroler ESP8266. Arus dan tegangan listrik yang digunakan oleh beban (peralatan listrik di rumah kos) dipantau menggunakan sensor PZEM-004T. Sensor ini bertugas mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan energi yang dikonsumsi, lalu mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ESP8266 berperan sebagai pusat kendali sistem. Dengan kemampuan konektivitas Wi-Fi, ESP8266 terhubung ke jaringan internet melalui router. Data dari sensor yang diterima oleh ESP8266 dapat dikirimkan ke aplikasi Blynk yang terpasang di smartphone pengguna. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kelistrikan secara real-time dan mengendalikan beban listrik dari jarak jauh. Untuk mengatur aliran listrik ke beban, ESP8266 mengendalikan modul relay yang bertugas menghidupkan atau mematikan relay sesuai instruksi dari aplikasi.

C. Konsep Rancangan



Gambar 3. Konsep Rancangan

Gambar 3 menunjukkan Konsep rancangan Manajemen energi listrik pada rumah kos berbasis IoT. Modul Hi-Link 5V berfungsi mengubah tegangan 220V AC menjadi 5V DC, kemudian tegangan tersebut diturunkan oleh regulator menjadi 3.3V agar sesuai dengan kebutuhan ESP8266/NodeMCU. Sensor PZEM-004T digunakan untuk membaca berbagai parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Data dari sensor diproses oleh NodeMCU dan dikirimkan melalui koneksi Wi-Fi ke aplikasi Blynk, yang menampilkan parameter listrik secara real-time, estimasi biaya pemakaian listrik berdasarkan hasil perkalian energi (kWh) dengan tarif per kWh, serta memberikan notifikasi jika pemakaian melebihi batas yang ditentukan. Sistem ini juga dilengkapi dengan relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik dan dapat dikendalikan secara manual melalui aplikasi maupun secara otomatis berdasarkan batas kWh yang telah ditentukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini menghasilkan sebuah perangkat Manajemen Energi Listrik pada Rumah Kos Berbasis IoT. Dalam sistem ini, terdapat penerapan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, Sensor PZEM004T, Modul Relay, dan Hi-Link 5V. Tampak perangkat Manajemen Energi Listrik pada Rumah Kos Berbasis IoT.



Gambar 4. Tampak perancangan alat Manajemen Energi Listrik pada Rumah Kos Berbasis IoT.

A. Beban yang Diuji

Untuk mengetahui respon sistem dalam berbagai beban, digunakan beban listrik sebagai berikut:

Tabel 1. Beban yang di uji

No	Nama Beban	Daya (Watt)
1	Laptop Charger 65W	65 W
2	Rice Cooker	300 W
3	Kipas	50 W

B. Pengujian Pembacaan Sensor PZEM-004T

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi pembacaan sensor PZEM-004T terhadap parameter tegangan, arus, daya, dan energi. Data hasil pengukuran sensor akan dibandingkan dengan alat ukur acuan multimeter untuk mengetahui seberapa dekat nilai yang diperoleh sensor dengan nilai sebenarnya.

Persentase kesalahan dihitung menggunakan rumus:

$$\%Error = \left| \frac{X_{sensor} - X_{acuan}}{X_{acuan}} \right| \times 100\%$$

Tabel 2. Hasil Uji Akurasi Sensor:

No	Beban	Parameter	Nilai Sensor (PZEM)	Nilai Multimeter	% Error
1	Laptop Charger 65W	Tegangan	220.8 V	220.5 V	0.136
		Arus	0.09 A	0.09 A	3.22
		Daya Semu (VA)	19,87 VA	20,50VA	3.10
2	Rice Cooker 300W	Tegangan	224.60	224.6	0
		Arus	0.27	0.28	3.57
		Daya Semu (VA)	61.30	62.88	2.51
3	Kipas 50W	Tegangan	224.5	224.5	0
		Arus	0.2	0.21	4.76
		Daya Semu (VA)	44.9	47.14	4.76

C. Pengujian Monitoring Real-time di Aplikasi Blynk

Tabel 3. Hasil Monitoring Real-Time PZEM vs Multimeter

Tegangan (V)	Arus (A)	VA pzem	Arus Multimeter (A)	Tegangan Multimeter (V)	VA Multimeter	Error V (%)	Error A (%)	Error VA (%)
225.5	0.63	142.06	0.65	224.3	145.79	0.08	3.07	2.55
224.5	0.57	127.96	0.59	224.2	132.27	0.13	3.3	3.26
226.8	0.15	34.02	0.16	226.6	36.25	0.08	6.2	5.90
229.4	0.35	80.29	0.36	229.1	82.47	0.13	2.77	2.76
229.9	0.34	78.16	0.35	229.7	80.39	0.08	2.85	2.78
218.6	2.06	450.31	2.14	218.4	467.37	0.09	3.73	3.6
218	2.06	449.08	2.17	217.8	472.62	0.09	3.68	3.60
217.9	2.09	455.41	2.14	217.7	465.87	0.09	3.68	3.59
230.5	0.14	32.27	0.15	230.3	34.54	0.08	6.66	6.56
229.6	0.21	48.21	0.22	229.4	50.46	0.08	4.54	4.45

D. Pengujian Kendali Relay dan Sistem Kuota

Pengendalian manual melalui Blynk menunjukkan respons sistem kurang dari 1 detik dan stabil selama 10 kali siklus ON/OFF tanpa gangguan. Pada mode otomatis berbasis kuota, sistem memutus aliran listrik saat batas energi tercapai atau sisa kuota 0. Parameter listrik yang ditampilkan di Blynk berubah secara real-time sesuai status relay, menandakan tidak ada kebocoran tegangan atau kesalahan kendali.



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Saat Relay OFF

Setelah tombol diaktifkan (switch ON), relay mulai mengalirkan listrik ke beban. Nilai-nilai parameter listrik langsung terbaca di aplikasi Blynk, yaitu tegangan sebesar 226,4 V, arus 0,15 A, daya 20 W, energi sebesar 0 kWh sisa kuota 33,33 Kwh Kondisi ini terlihat pada Gambar 5.



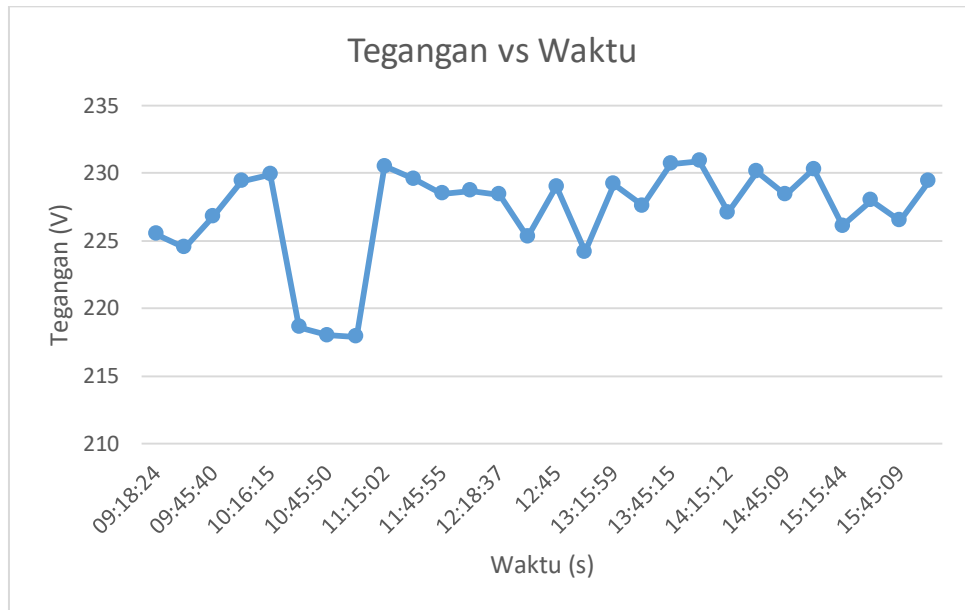
Gambar 6. Tampilan Aplikasi Saat Relay ON

Tabel 4. Hasil Pengujian

Timestamp	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	VA	Energi (kWh)	Frekuensi (Hz)	Power Factor	Biaya
9:18:24	225.5	0.63	136.7	142.06	21	50	0.96	31.5
9:30:07	224.5	0.57	123.2	127.96	41	50	0.97	61.5
9:45:40	226.8	0.15	28.1	34.02	63	50	0.81	94.5
10:00:57	229.4	0.35	75.2	80.29	79	50	0.95	118.5
10:16:15	229.9	0.34	76.4	78.16	97	50	0.97	145.5
10:30:25	218.6	2.06	449.8	450.31	200	50	1	300
10:45:50	218	2.06	449.1	449.08	317	50	1	475.5
11:00:22	217.9	2.09	453.3	455.41	428	50	1	642
11:15:02	230.5	0.14	28.5	32.27	465	50	0.87	697.5
11:30:15	229.6	0.21	39.4	48.21	475	50	0.83	712.5
11:45:55	228.5	0.4	83.7	91.4	495	50	0.95	742.5
12:00:07	228.7	0.39	83.4	89.193	516	50	0.95	774
12:18:37	228.4	0.36	77.9	82.22	545	50	0.95	817.5
12:30:00	225.3	0.58	125.5	130.67	563	50	0.97	844.5
12:45	229	0.5	114.5	114.5	586	50	0.99	879
13:00:40	224.2	0.3	65.9	67.26	610	50	0.97	915
13:15:59	229.2	0.42	86.6	96.264	636	50	0.91	954
13:30:45	227.6	0.59	128	134.28	661	49.9	0.97	991.5
13:45:15	230.7	0.46	96.4	106.12	689	50	0.9	1033.5
14:00:05	230.9	0.57	127.8	131.61	716	50	0.97	1074
14:15:12	227.1	0.52	115.5	118.09	741	50	0.99	1111.5
14:30:22	230.1	0.31	68.9	71.33	767	50	0.97	1150.5
14:45:09	228.4	0.5	113.8	114.2	791	49.9	0.99	1186.5
15:00:24	230.3	0.31	69	71.39	817	50	0.97	1225.5
15:15:44	226.1	0.53	116.8	119.83	842	50	0.98	1263
15:30:54	228	0.5	113.8	114	866	50	0.99	1299
15:45:09	226.5	0.5	112.4	113.25	891	50	0.99	1336.5
16:00:07	229.4	0.31	68.3	71.11	915	50	0.97	1372.5

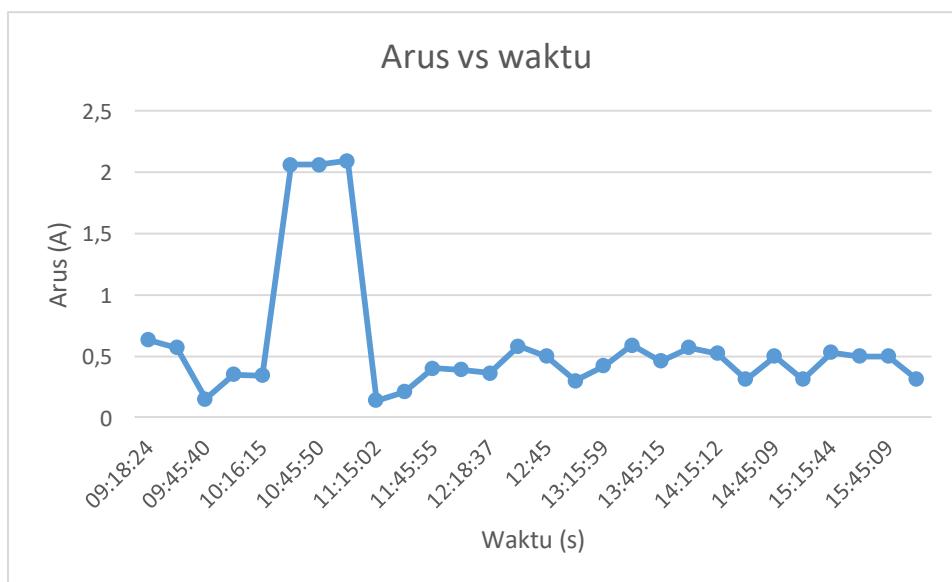
Hasil pengujian monitoring real-time PZEM dari pukul 09:18:24 hingga 16:00:07 menunjukkan konsumsi energi listrik sebesar 915 kWh dengan total biaya Rp1.372,5. Total biaya dihitung berdasarkan perkalian antara energi listrik yang digunakan (915 kWh) dengan tarif listrik sebesar Rp1.500 per kWh.

Berikut disajikan grafik visualisasi untuk menggambarkan tren dari hasil pengujian monitoring real-time yang ditampilkan melalui aplikasi Blynk. Grafik-grafik ini bertujuan untuk memudahkan pemahaman terhadap pola perubahan parameter listrik yang terjadi selama rentang waktu pengujian dari pukul 09.18 hingga 16.00 WIB.



Gambar 7. Grafik Tegangan vs Waktu

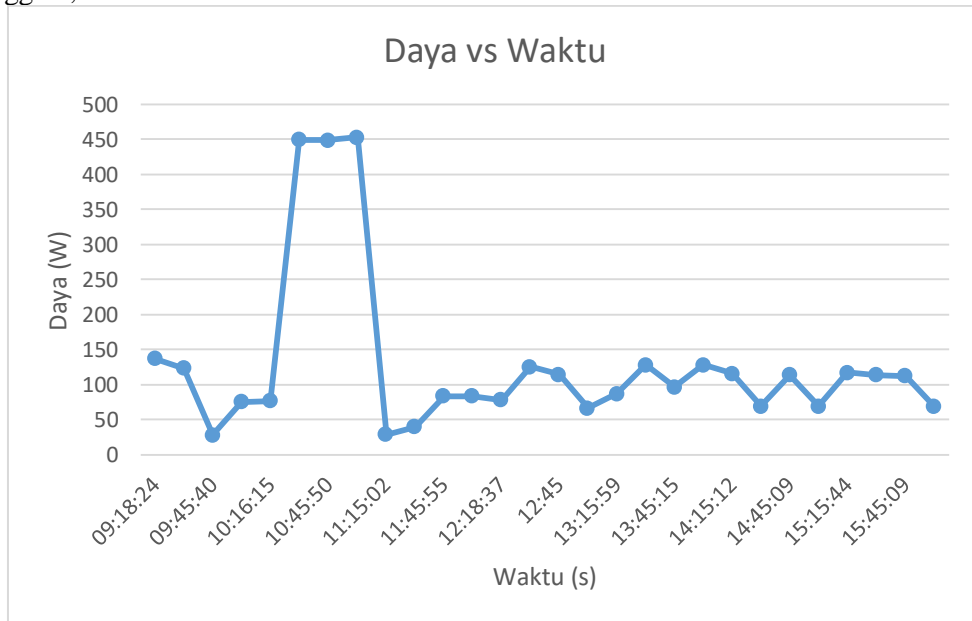
Gambar 6 memperlihatkan perubahan tegangan listrik (V) terhadap waktu. Secara umum, tegangan cenderung stabil pada kisaran 217 V hingga 230.5 V, dengan sedikit fluktuasi akibat beban bergantian yang dinyalakan maupun dimatikan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menangkap perubahan kecil pada level tegangan dengan cukup akurat.



Gambar 8. Grafik Arus vs Waktu

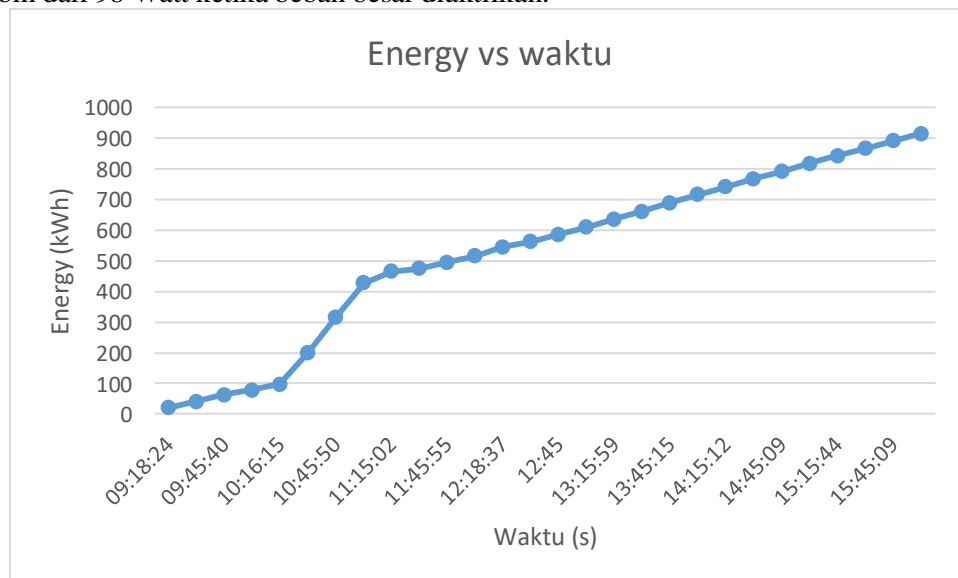
Selanjutnya, Gambar 7 menampilkan grafik arus listrik (A) terhadap waktu. Terlihat bahwa arus mengalami perubahan cukup signifikan pada saat beban besar seperti rice cooker mini (300W) atau kombinasi beban dinyalakan,

di mana arus naik drastis hingga mencapai 0,48 A. Saat beban kecil seperti lampu LED atau tidak ada beban aktif, arus menurun hingga 0,09 A.



Gambar 9. Grafik Daya vs Waktu

Gambar 8 menunjukkan hubungan antara daya aktif (Watt) dan waktu. Grafik ini menggambarkan bagaimana daya yang dikonsumsi meningkat seiring dengan besarnya arus dan jenis beban yang digunakan. Puncak konsumsi daya mencapai lebih dari 98 Watt ketika beban besar diaktifkan.



Gambar 10. Grafik Energi vs Waktu

Terakhir, Gambar 9 menyajikan grafik energi listrik (kWh) terhadap waktu. Energi bersifat kumulatif, dan hasil pengujian menunjukkan grafik yang cenderung meningkat secara linier. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem berhasil mencatat akumulasi konsumsi energi secara konsisten dari waktu ke waktu.

IV. KESIMPULAN

Sistem monitoring dan pengendalian energi listrik berbasis IoT yang dikembangkan berhasil menampilkan parameter kelistrikan secara real-time melalui integrasi sensor PZEM-004T, NodeMCU ESP8266, dan aplikasi Blynk. Data mencakup tegangan, arus, daya aktif, daya semu, energi, dan estimasi biaya listrik yang dapat diakses melalui smartphone. Pengujian menunjukkan akurasi sensor tinggi pada pembacaan tegangan (error <1%), dengan penurunan akurasi pada arus di bawah 0,1 A. Fitur kendali relay berfungsi responsif (waktu switching <1 detik) dan stabil pada uji ON/OFF berulang, mendukung kontrol beban jarak jauh secara aman dan efisien. Estimasi biaya listrik berbasis tarif PLN memberikan kesadaran konsumsi energi dan potensi penghematan. Secara keseluruhan, sistem memenuhi tujuan penelitian sebagai solusi IoT yang efisien, ekonomis, dan praktis untuk rumah kos, dengan potensi mencegah pemborosan listrik di sektor residensial kecil.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. M. Y. Kusumah, Y. Jayusman, and M. R. Hakim, "Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Iot Studi Kasus Pembagian Tagihan Listrik Penghuni Kost," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 12, no. 2, pp. 36–52, 2023, doi: 10.58761/jurtikstmikbandung.v12i2.3652.
- [2] R. T. Hudan, Ivan Safril, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet of Things (Iot)," *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 08, no. 01, pp. 91–99, 2019.
- [3] A. Amirah, S. Salman, and Z. Abidin, "Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis IoT," *CogITo Smart J.*, vol. 9, no. 2, pp. 368–380, 2023, doi: 10.31154/cogito.v9i2.521.368-380.
- [4] S. Nurdiyanti and O. Candra, "Sistem Monitoring Daya Listrik 3 Fasa Berbasis IoT (Internet of Things)," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 924–933, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.532.
- [5] A. H. Hardiansyah, I. N. S. Kumara, and R. S. Hartati, "IoT Berbasis NodeMCU ESP8266 Sebagai Decision Support System Pengelolaan Energi Gedung Telkomsel Renon," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 23, no. 1, p. 103, 2024, doi: 10.24843/mite.2024.v23i01.p11.
- [6] B. A. Maslyawan, S. Nurcahyo, and A. Murtono, "Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Pada Kamar Kost Serta Estimasi Biaya Keluaran Berbasis IoT (Internet of Things)," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 76, 2021, doi: 10.33795/elk.v8i2.278.
- [7] C. D. Hantoro and S. Setiawidayat, "Monitoring and Control of 3 Phase Electrical Energy Internet of Things (IoT) Based," vol. 7, no. 3, pp. 80–86, 2023.
- [8] Hafid Arrafi, Sri Mulyanto, Novrico Susanto, and Edi Kurniawan, "Sistem Perbaikan Faktor Daya Otomatis Berbasis Microcontroller Pada Beban Listrik Kapal," *J. Kendali Tek. dan Sains*, vol. 2, no. 3, pp. 50–63, 2024, doi: 10.59581/jkts-widyakarya.v2i3.3253.
- [9] A. Priyanto, S. Setiawidayat, and F. Rofii, "Design and Build an IoT Based Prepaid Water Usage Monitoring System and Telegram Notifications," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 5, no. 2, pp. 197–213, 2021, doi: 10.21070/jeeeu.v5i2.1527.
- [10] F. N. Habibi, S. Setiawidayat, and M. Mukhsim, "Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Elektro Terap. 2017*, vol. 01, no. 01, pp. 157–162, 2017.