



# Perancangan Sistem Kontrol PLTS Pada Rakit Rumah Apung berbasis IoT

**Marson J Budiman<sup>1</sup>, Prayer M Yacobs<sup>2</sup>, Leony A Wenno<sup>3</sup>, Deitje S Pongoh<sup>4</sup>, Johan Pongoh<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

e-mail: <sup>1</sup>marsonbudiman@gmail.com, <sup>2</sup>prayeryacobs@gmail.com,

<sup>3</sup>leonywenno@elektro.polimdo.ac.id, <sup>4</sup>deitjepongoh@gmail.com, <sup>5</sup>johanpongo@gmail.com

## Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid merupakan salah satu solusi penyediaan energi listrik yang banyak diterapkan pada daerah yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional. Namun, pengelolaan sistem PLTS off-grid sering menghadapi tantangan dalam hal pemantauan kondisi operasional dan pengendalian beban secara efektif, sehingga dapat memengaruhi efisiensi pemanfaatan energi yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan tersebut melalui perancangan dan implementasi sistem monitoring dan kontrol berbasis Internet of Things (IoT) pada PLTS off-grid. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, dan daya, serta platform Blynk sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan proses monitoring dan pengendalian dilakukan secara real-time melalui jaringan internet. Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi pengukuran sensor dan responsivitas sistem dalam mengendalikan beban listrik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses kalibrasi sensor memberikan peningkatan akurasi yang signifikan, ditunjukkan dengan penurunan persentase kesalahan pengukuran daya dari 24,18% menjadi sekitar 1,5%. Selain itu, sistem menunjukkan kinerja yang responsif dengan waktu tunda (latensi) rata-rata sebesar 0,5 detik pada saat proses pengendalian beban dilakukan dari jarak jauh. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT yang dikembangkan mampu bekerja secara akurat, andal, dan efisien dalam memantau serta mengelola energi pada sistem PLTS off-grid, sehingga berpotensi mendukung peningkatan kinerja dan keandalan operasional sistem energi terbarukan.

**Kata kunci** - Sistem Monitoring, Sistem Kontrol, Internet of Things (IoT), PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), PZEM-004T.

## Abstract

*Off-grid Solar Power Plants (SPP) represent one of the most widely adopted solutions for providing electrical energy in areas that are not connected to conventional power grids. However, the management of off-grid SPP systems often faces challenges related to operational monitoring and effective load control, which can affect the efficiency of energy utilization. This study aims to address these challenges through the design and implementation of an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system for an off-grid SPP. The developed system utilizes an ESP32 microcontroller as the main controller, a PZEM-004T sensor to measure electrical parameters including voltage, current, and power, and the Blynk platform as a user interface that enables real-time monitoring and control through an internet connection. System testing was conducted to evaluate the measurement accuracy of the sensor and the responsiveness of the system in controlling electrical loads. The results indicate that the sensor calibration process significantly improved measurement accuracy, reducing the power measurement error from 24.18% to approximately 1.5%. Furthermore, the system demonstrated high responsiveness, achieving an average delay (latency) of 0.5 seconds during remote load control operations. Overall, the findings show that the developed IoT-based monitoring and control system is accurate, reliable, and efficient in monitoring and managing energy in off-grid solar power systems. Therefore, it has strong potential to enhance the performance and operational reliability of renewable energy systems.*

**Keywords** - Solar Panel, Internet of Things (IoT), ESP32, PZEM-004T, Blynk, Control System



## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan aktivitas ekonomi mendorong pemanfaatan sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Ketergantungan terhadap energi fosil tidak hanya menyebabkan berkurangnya cadangan energi konvensional, tetapi juga meningkatkan emisi gas rumah kaca yang berdampak pada perubahan iklim global[1], [2], [3], [4]. Oleh karena itu, pengembangan energi terbarukan menjadi salah satu strategi penting dalam mewujudkan ketahanan energi nasional dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia karena letaknya yang berada di wilayah tropis dengan intensitas penyinaran matahari yang relatif tinggi sepanjang tahun[5], [6], [7], [8]. Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah banyak diterapkan pada berbagai sektor, mulai dari perumahan, industri, pertanian, hingga daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional. Selain memiliki biaya operasional yang rendah, sistem PLTS juga menawarkan fleksibilitas pemasangan pada berbagai kondisi geografis dan lingkungan[9], [10], [11].

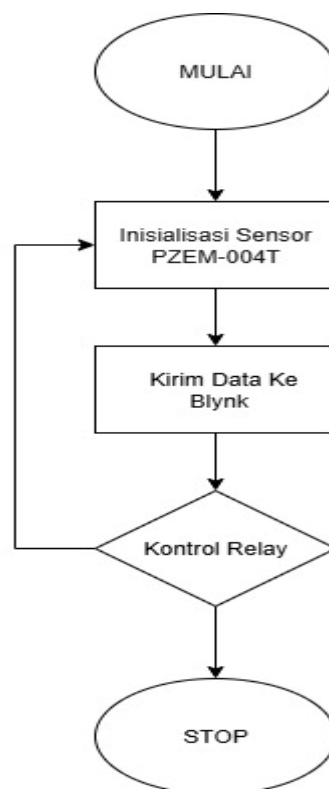
Salah satu bentuk pemanfaatan PLTS yang mulai berkembang adalah penerapannya pada rumah apung dan rakit terapung. Rumah apung merupakan alternatif hunian dan sarana aktivitas masyarakat yang banyak ditemukan di wilayah pesisir, danau, maupun kawasan wisata perairan. Lokasi yang relatif jauh dari jaringan distribusi listrik menjadikan PLTS sebagai solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada fasilitas tersebut[12], [13], [14]. Namun demikian, lingkungan perairan memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan instalasi darat, seperti tingkat kelembapan yang tinggi, potensi korosi pada peralatan, serta keterbatasan akses untuk proses inspeksi dan pemeliharaan sistem kelistrikan. Dalam pengoperasiannya, sistem PLTS memerlukan proses pemantauan dan pengendalian yang berkelanjutan untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan kondisi yang direncanakan. Parameter seperti tegangan, arus, daya, kondisi baterai, serta status beban listrik perlu dipantau secara berkala guna menjaga keandalan sistem dan menghindari kerusakan akibat gangguan operasional. Pada instalasi yang berada di atas rakit rumah apung, proses pemantauan secara manual menjadi kurang efektif karena keterbatasan akses dan kebutuhan mobilitas operator menuju lokasi sistem. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk mengatasi berbagai keterbatasan tersebut melalui integrasi perangkat sensor, mikrokontroler, dan jaringan komunikasi internet[15], [16]. Konsep IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung dan bertukar data secara real-time sehingga kondisi sistem dapat dipantau dari lokasi yang berbeda. Dalam bidang energi terbarukan, teknologi IoT telah banyak dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi operasional, mempermudah proses pemeliharaan, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data pada sistem PLTS.

Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem monitoring PLTS berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor kelistrikan dan platform monitoring berbasis web maupun aplikasi seluler. Implementasi teknologi tersebut terbukti mampu menyediakan informasi operasional secara real-time sehingga mempermudah identifikasi gangguan dan evaluasi performa sistem[17], [18], [19]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada instalasi PLTS di daratan, baik pada bangunan maupun sistem skala laboratorium. Kajian mengenai integrasi sistem kontrol dan monitoring PLTS berbasis IoT pada rakit rumah apung masih relatif terbatas, khususnya yang mengombinasikan fungsi pemantauan parameter kelistrikan dengan pengendalian beban listrik secara jarak jauh. Sistem kontrol yang terintegrasi dengan teknologi IoT tidak hanya berfungsi sebagai sarana monitoring, tetapi juga memungkinkan pengguna untuk melakukan manajemen energi secara lebih efektif. Pengendalian beban secara jarak jauh dapat dilakukan sesuai kebutuhan operasional, sehingga konsumsi energi dapat dioptimalkan dan umur pakai baterai dapat dipertahankan. Selain itu, data historis yang tersimpan pada platform IoT dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja sistem dan perencanaan pemeliharaan preventif. Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu rancangan sistem kontrol PLTS yang mampu beroperasi secara andal pada lingkungan rakit rumah apung dengan memanfaatkan teknologi IoT. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol dan monitoring PLTS berbasis IoT yang dapat membaca parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, dan daya menggunakan sensor PZEM-004T, serta mengendalikan beban listrik melalui modul relay. Sistem yang dirancang memanfaatkan mikrokontroler yang terhubung dengan platform Blynk sehingga data operasional

dapat ditampilkan secara real-time dan pengguna dapat melakukan pengendalian beban dari jarak jauh melalui perangkat bergerak.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan metode rekayasa sistem untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring serta kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Malalayang, Manado, Sulawesi Utara dan berfokus pada pembangunan sistem nyata yang fungsional, diikuti dengan serangkaian pengujian untuk memvalidasi kinerja dan keandalannya di lapangan. Untuk memberikan gambaran visual yang jelas mengenai alur kerja sistem secara keseluruhan, Gambar 1 menyajikan *flowchart* yang merangkum keseluruhan proses dari inisialisasi hingga pengendalian beban. Seperti terlihat pada Gambar 1, alur dimulai dengan inisialisasi sistem, di mana mikrokontroler ESP32 terhubung ke jaringan Wi-Fi lokal dan server Blynk untuk membangun komunikasi. Setelah koneksi berhasil, sistem beralih ke mode pemantauan berkelanjutan. Pada tahap ini, ESP32 secara berkala membaca parameter kelistrikan (tegangan, arus, dan daya) dari sensor PZEM-004T yang terpasang pada beban AC. Data yang diperoleh kemudian dikirimkan ke server Blynk secara real-time. Bersamaan dengan proses pemantauan, sistem selalu berada dalam kondisi siaga, menunggu input atau perintah dari pengguna melalui aplikasi Blynk. Ketika pengguna menekan tombol ON atau OFF, perintah tersebut dikirimkan ke ESP32. Berdasarkan perintah ini, mikrokontroler akan mengaktifkan atau menonaktifkan modul Relay, sehingga secara efektif mengendalikan beban listrik dari jarak jauh. Alur ini terus berulang untuk memastikan pemantauan dan kontrol yang konsisten.



Gambar 1. Flowchart Penelitian.

### 2.1 Komponen Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem ini mencakup:

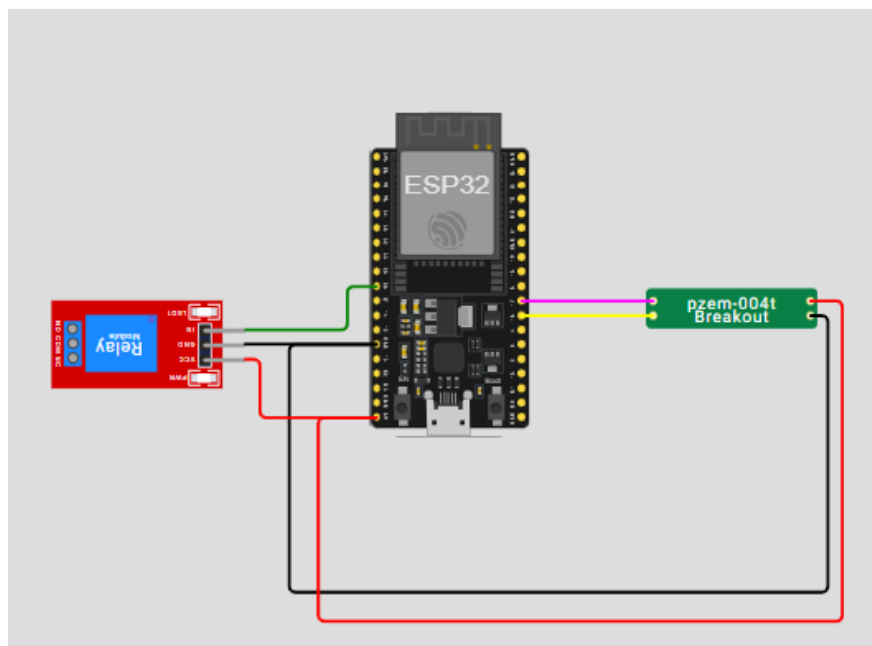
- a. Mikrokontroler ESP32

Berfungsi sebagai pusat pemrosesan data dan komunikasi. Modul ini dipilih karena fitur Wi-Fi terintegrasi, arsitektur dual-core, dan efisiensi daya yang tinggi, menjadikannya ideal untuk aplikasi IoT bertenaga baterai.

- b. Sensor PZEM-004T  
Digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya aktif, dan energi. Sensor ini dipilih karena akurasi yang tinggi dan kemampuannya untuk berinteraksi dengan mikrokontroler melalui komunikasi serial RX dan TX.
- c. Modul Relay  
Modul ini bertindak sebagai sakelar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32 untuk mengaktifkan atau menonaktifkan beban listrik, memungkinkan kontrol otomatis dan manual.
- d. Panel Surya, Solar Charge Controller (SCC), dan Baterai  
Berfungsi sebagai sumber energi utama, pengatur pengisian baterai, dan media penyimpanan energi, yang mensimulasikan lingkungan PLTS pada rakit rumah apung.
- e. Platform Blynk  
Digunakan sebagai antarmuka pengguna (UI) yang memudahkan pengguna untuk memantau data dan mengendalikan beban dari *smartphone* secara *real-time*.

## 2.2 Diagram Rangkaian

Berikut adalah gambar diagram rangkaian:



Gambar 2. Rangkaian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan dan menganalisis hasil yang diperoleh dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada sistem monitoring dan kontrol PLTS. Hasil pengujian ini memvalidasi kinerja sistem dan membuktikan tercapainya tujuan penelitian.

### 4.1. Hasil Pengujian Sensor dan Kalibrasi

Pengujian akurasi sensor PZEM-004T dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor dengan alat ukur acuan (multimeter) sebelum dan sesudah kalibrasi. Persentase kesalahan dihitung menggunakan rumus berikut:



1) Hasil Pengujian Sebelum Kalibrasi

Data yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran parameter arus, daya, dan tegangan sebelum dilakukan kalibrasi pada sensor.

Tabel 1. Data Pengujian Sebelum Kalibrasi

No	Parameter	Nilai Referensi	Nilai sensor	Selisih	Error (%)
1	Arus (A)	1.55	0.81	0.74	47.74
2	Daya (W)	182	226	44	24.18
3	Tegangan (V)	230	220	10	4.35

Berdasarkan Tabel 1, sensor menunjukkan tingkat kesalahan yang cukup tinggi, terutama pada pengukuran arus dan daya. Tingkat kesalahan tertinggi sebesar 47,74% terjadi pada pengukuran arus. Hal ini mengindikasikan bahwa pembacaan sensor tidak akurat dan memerlukan kalibrasi untuk mendapatkan hasil yang dapat diandalkan.

Berikut adalah Rumus Error (%) :

$$Error (\%) = \frac{(\text{Nilai Referensi} - \text{Nilai Sensor})}{\text{Nilai Referensi}} \times 100\%$$

2) Hasil Pengujian Setelah Kalibrasi

Setelah proses kalibrasi, pengujian ulang dilakukan untuk memvalidasi peningkatan akurasi sensor. Tabel 2 menyajikan data yang menunjukkan perubahan signifikan pada tingkat kesalahan.

Tabel 2. Data Pengujian Setelah Kalibrasi

No	Jam	Nilai Referensi			Nilai Sensor			Selisih			Error (%)		
		A	W	V	A	W	V	A	W	V	A	W	V
1	20:00	1.55	182	230	1.51	178	225	0.04	4	5	2.58	2.20	2.17
2	21:00	1.50	175	228	1.47	172	224	0.03	3	4	2.00	1.71	1.75
3	22:00	1.50	173	228	1.47	170	225	0.03	3	3	2.00	1.73	1.32
4	23:00	1.49	173	228	1.46	170	226	0.03	3	2	2.01	1.73	0.88
5	00:00	1.49	172	228	1.46	170	225	0.03	2	3	2.01	1.16	1.32
6	01:00	1.49	172	228	1.45	169	224	0.04	3	4	2.68	1.74	1.75
7	02:00	1.49	172	228	1.46	170	226	0.03	2	2	2.01	1.16	0.88
8	03:00	1.48	172	228	1.44	169	225	0.04	3	3	2.70	1.74	1.32
9	04:00	1.48	172	228	1.44	170	227	0.04	2	1	2.70	1.16	0.44
10	05:00	1.45	171	228	1.42	169	225	0.03	2	3	2.07	1.17	1.32

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan penurunan persentase kesalahan yang drastis pada pengukuran daya. Tingkat kesalahan rata-rata turun dari 24,18% menjadi hanya sekitar 1,5%. Hal ini membuktikan bahwa metode kalibrasi yang diterapkan berhasil meningkatkan akurasi sensor secara signifikan. Peningkatan akurasi ini sangat penting untuk memastikan data yang ditampilkan di aplikasi Blynk dapat diandalkan oleh pengguna.



#### 4.2 Hasil Pengujian Konektivitas dan Kontrol

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam hal komunikasi dan respons terhadap perintah kontrol dari jarak jauh. Meskipun pengujian tingkat keberhasilan tidak dilakukan, pengukuran waktu tunda (latensi) memberikan gambaran yang jelas tentang responsivitas sistem.

Dari hasil pengujian, sistem menunjukkan waktu tunda rata-rata sebesar 0,5 detik dari saat perintah ON/OFF dikirimkan dari aplikasi Blynk hingga relay merespons. Waktu respons ini tergolong sangat cepat dan ideal untuk aplikasi IoT yang memerlukan umpan balik *real-time*. Latensi yang rendah ini membuktikan bahwa komunikasi antara mikrokontroler ESP32 dan server Blynk berjalan dengan sangat efisien.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, berikut kesimpulan yang dapat diambil:

1. Sistem Berhasil Dirancang dan Diimplementasikan: Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring dan kontrol PLTS berbasis IoT yang fungsional menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, dan platform Blynk.
2. Sistem Menunjukkan Akurasi dan Responsivitas Tinggi: Pengujian menunjukkan bahwa kalibrasi berhasil meningkatkan akurasi pengukuran daya dari 24,18% menjadi hanya sekitar 1,5%. Selain itu, sistem memiliki latensi yang sangat rendah, yaitu 0,5 detik, yang membuktikan efisiensi dan keandalan komunikasi.
3. Sistem adalah Solusi Andalan dengan Potensi Pengembangan: Sistem yang dibuat terbukti efektif sebagai solusi mandiri untuk meningkatkan efisiensi energi di lingkungan *off-grid* seperti wilayah pesisir. Penelitian selanjutnya dapat berfokus pada optimasi konsumsi daya dan penambahan fitur monitoring baterai.

### 5. SARAN

Untuk pengembangan penelitian di masa mendatang, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Penambahan Fitur Monitoring Baterai: Penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan sensor untuk memantau kondisi baterai, seperti tingkat pengisian dan tegangan. Fitur ini akan memberikan informasi yang lebih komprehensif kepada pengguna tentang ketersediaan energi.
2. Pengembangan Antarmuka Pengguna (UI/UX) yang Lebih Adaptif, Antarmuka aplikasi dapat ditingkatkan untuk memberikan analisis data yang lebih mendalam, seperti riwayat konsumsi harian atau mingguan. Desain yang lebih intuitif juga dapat meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan.
3. Optimasi Konsumsi Daya Sistem, Di masa depan, penelitian dapat berfokus pada efisiensi daya sistem secara keseluruhan, terutama pada mikrokontroler dan modul komunikasi, untuk memperpanjang waktu operasional perangkat.

### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Politeknik Negeri Manado atas dukungan fasilitas, sarana prasarana, serta lingkungan akademik yang mendukung terlaksananya penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, masukan, dan dukungan selama proses perancangan, pengujian, hingga penyusunan hasil penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Most. A. Aktar, M. Harun, and Md. M. Alam, "Green Energy and Sustainable Development," in *Encyclopedia of the UN sustainable development goals*, Springer International Publishing, 2020, pp. 1–11. doi: 10.1007/978-3-319-71057-0\_47-1.
- [2] A. Raihan, L. C. Voumik, B. Mohajan, Md. S. Rahman, and M. R. Zaman, "Economy-energy-environment nexus: the potential of agricultural value-added toward achieving China's dream of carbon neutrality," *Carbon Research*, vol. 2, no. 1, Nov. 2023, doi: 10.1007/s44246-023-00077-x.
- [3] G. M. Idroes et al., "A Deep Dive into Indonesia's CO2 Emissions: The Role of Energy Consumption, Economic Growth and Natural Disasters," *Ekonomikalia Journal of Economics*, vol. 1, no. 2, pp. 69–81, Nov. 2023, doi: 10.60084/eje.v1i2.115.
- [4] M. Farghali et al., "Strategies to save energy in the context of the energy crisis: a review," *Environmental Chemistry Letters*, vol. 21, no. 4, pp. 2003–2039, Mar. 2023, doi: 10.1007/s10311-023-01591-5.
- [5] S. Yuwono, D. Diharto, and N. W. Pratama, "Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid," *Energi & Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, pp. 161–171, Dec. 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1537.
- [6] J. Pongoh, M. Langie, S. Tuwongkesong, W. P. Restiawan, and J. Tampemawa, "Plts Sebagai Energi Alternatif Di Indonesia Yang Ramah Lingkungan," *Journal Central Publisher*, vol. 1, no. 4, pp. 289–294, June 2023, doi: 10.60145/jcp.v1i4.87.
- [7] V. R. Yandri, "Prospek Pengembangan Energi Surya Untuk Kebutuhan Listrik Di Indonesia," *JURNAL ILMU FISIKA | UNIVERSITAS ANDALAS*, vol. 4, no. 1, pp. 14–19, Mar. 2012, doi: 10.25077/jif.4.1.14-19.2012.
- [8] A. F. Wijaya and S. Widodoatmodjo, "Analisa potensi dan hambatan penerapan solar photovoltaic terhadap program net-zero emission di Indonesia," *Jurnal Manajemen Bisnis dan Kewirausahaan*, vol. 7, no. 3, pp. 501–514, May 2023, doi: 10.24912/jmbk.v7i3.23861.
- [9] L. B. Pratomo and N. Sinaga, "Tinjauan Singkat Optimalisasi Pemanfaatan Energi Surya Pada Sektor Rumah Tangga," *Jurnal Mineral Energi dan Lingkungan*, vol. 6, no. 2, pp. 1–1, Apr. 2023, doi: 10.31315/jmel.v6i2.4777.
- [10] F. E. Wiranata, I. M. Kristiyani, and T. R. Laheba, "Optimasi Penggunaan Sistem Hybrid Panel Surya-Pln Untuk Meminimasi Biaya Energi Listrik Jangka Panjang (Studi Kasus: 20 Tahun)," *J Ti Undip Jurnal Teknik Industri*, vol. 20, no. 3, pp. 155–162, Sept. 2025, doi: 10.14710/jati.20.3.155-162.
- [11] G. Mongi, T. Maundeng, I. W. M. Ariantara, H. G. Momongan, and R. A. Manurip, "Review Jurnal; Implementasi Teknologi PLTS Pada Pedesaan di Indonesia," *Jurnal Elektrik*, vol. 3, no. 1, pp. 38–50, June 2024, doi: 10.65485/elektrik.v3i1.1073.
- [12] C. J. Saputro, L. A. Wenno, F. Doringin, and J. Sundah, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Pada Rakit Rumah Apung Di Kawasan Pesisir Pantai Malalayang Kota Manado," *Jurnal Elektrik*, vol. 4, no. 1, pp. 40–48, June 2025, doi: 10.65485/elektrik.v4i1.1196.
- [13] L. A. Wenno, L. Manoppo, A. R. Rondonuwu, D. S. Pongoh, and H. A. B. Lesnussa, "Konsep Pemanfaatan PLTS pada Rakit Rumah Apung," *Jurnal Elektrik*, vol. 3, no. 2, pp. 37–42, Dec. 2024, doi: 10.65485/elektrik.v3i2.1032.
- [14] E. Wismiana, F. Adzikri, Waryani, A. Z. Z. Rizqi, Jaelani, and J. P. A. Manurung, "Floating Solar Power Plant Planning Design for Public Facility Needs in Situ Tunggilis," *Komputasi Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Matematika*, vol. 23, no. 1, pp. 108–119, Jan. 2026, doi: 10.33751/komputasi.v23i1.87.
- [15] A. Akbar, Z. Zaenudin, Z. Mutaqin, and L. D. Samsumar, "IoT-Based Smart Room Using Web Server-Based Esp32 Microcontroller," *Formosa Journal of Computer and Information Science*, vol. 1, no. 2, pp. 79–86, Dec. 2022, doi: 10.55927/fjcis.v1i2.1241.
- [16] Z. (Zulfahmi) Noor et al., "Penerapan Teknologi Internet Of Things (Iot) Dalam Industri," *Neliti*. July 24, 2025. Accessed: Mar. 2026. [Online]. Available: <https://repository.pustakainspirasi.com/publications/668690/penerapan-teknologi-internet-of-things-iot-dalam-industri>



- [17] V. A. Suoth, D. P. Pandara, and H. S. Kolibu, "Sistem Monitoring Arus dan Tegangan Pada Panel Surya 50Wp Berbasis IoT," *JURNAL ILMIAH SAINS*, pp. 25–33, Mar. 2026, doi: 10.35799/jis.v26i1.64415.
- [18] R. Mayangsari and M. Yuhendri, "Sistem Kontrol dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Human Machine Interface dan Internet of Thing," *JTEIN Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 2, Aug. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.485.
- [19] S. Supratno, B. Y. Habibie, and S. Sugeng, "Real-Time Monitoring Of Plts Using IoT Technology Web-Based," *Journal of Measurements Electronics Communications and Systems*, vol. 11, no. 1, pp. 38–45, Nov. 2024, doi: 10.25124/jmecs.v11i1.8146.