



Konsep Pemanfaatan Teknologi IoT Berbasis ESP32 untuk Sakelar Cerdas pada Sistem PLTS Rakit Rumah Apung

Leony Ariesta Wenko^{*1}, Billy Josef Waworuntu², Stieven Netanel Rumokoy³, Hosea Gian Kaunang⁴, Stanley B Dodie⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

e-mail: ^{*1}leonywenno@elektro.polimdo.ac.id, ²waworuntu.billy@gmail.com,

³rumokoy@elektro.polimdo.ac.id, ⁴gian.kaunang@gmail.com, ⁵stanleydodie@elektro.polimdo.ac.id

Abstrak

Penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada rakit rumah apung menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan dan mandiri. Namun, sistem PLTS konvensional masih memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi pengelolaan beban listrik dan monitoring penggunaan energi. Penelitian ini mengusulkan konsep pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) berbasis mikrokontroler ESP32 sebagai sakelar cerdas untuk mengotomatiskan pengendalian beban listrik pada sistem PLTS di rakit rumah apung. ESP32 digunakan untuk mengontrol nyala-mati perangkat listrik secara otomatis berdasarkan kondisi tertentu seperti kapasitas baterai, waktu operasional, dan intensitas cahaya matahari. Sistem ini juga memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui jaringan Wi-Fi dan antarmuka berbasis android. Hasil rancangan konseptual menunjukkan bahwa integrasi ESP32 dalam sistem PLTS dapat meningkatkan efisiensi energi, mengurangi beban kerja pengguna, serta memperpanjang umur penyimpanan daya. Konsep ini diharapkan menjadi langkah awal dalam pengembangan rumah apung mandiri energi berbasis teknologi cerdas.

Kata kunci - IoT, ESP32, PLTS, Sakelar cerdas.

Abstract

The implementation of Solar Power Plant (PLTS) systems on floating raft houses presents an environmentally friendly and self-sufficient energy solution. However, conventional PLTS systems still face limitations in load management efficiency and energy usage monitoring. This study proposes a conceptual approach for utilizing Internet of Things (IoT) technology based on the ESP32 microcontroller as a smart switch to automate load control in PLTS systems on floating raft houses. The ESP32 is used to automatically control the on-off state of electrical devices based on specific conditions such as battery capacity, operational time, and sunlight intensity. The system also enables remote monitoring through Wi-Fi connectivity and an Android-based interface. The conceptual design results indicate that the integration of ESP32 into PLTS systems can enhance energy efficiency, reduce user workload, and extend battery life. This concept is expected to serve as a preliminary step toward the development of energy-independent floating houses powered by smart technology.

Keywords – IoT, ESP32, Solar Power Plants, Smart switch.

1. PENDAHULUAN

Kegiatan wisata berbasis perairan seperti wisata memancing, rekreasi keluarga, dan aktivitas ekowisata semakin berkembang di berbagai wilayah pesisir dan danau di Indonesia. Salah satu infrastruktur pendukung kegiatan tersebut adalah rakit rumah apung, yaitu bangunan terapung yang digunakan sebagai tempat beristirahat, berkumpul, atau sebagai basis operasional kegiatan wisata. Meskipun tidak digunakan sebagai tempat tinggal permanen, rumah apung ini tetap membutuhkan pasokan energi listrik untuk mendukung peralatan seperti lampu sorot, lampu penerangan, perangkat elektronik, hingga sistem keamanan. Bangunan terapung ini membutuhkan pasokan listrik untuk penerangan, perangkat elektronik, dan sistem keamanan, yang selama ini bergantung pada genset berbahan bakar fosil dengan berbagai kelemahan seperti



biaya operasional tinggi dan polusi lingkungan [1]. Kondisi ini mendorong perlunya alternatif energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang lebih ramah lingkungan dan mandiri, khususnya untuk lokasi terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik konvensional [2][3][4].

Selama ini, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) konvensional telah digunakan sebagai alternatif sumber energi, namun masih memiliki keterbatasan dalam manajemen energi yang efisien dan adaptif [5]. Beberapa kendala utama yang dihadapi meliputi ketidakmampuan sistem dalam mengatur beban secara otomatis berdasarkan kapasitas baterai dan waktu operasional, serta ketiadaan sistem pemantauan real-time terhadap konsumsi energi [6]. Masalah tersebut menjadi semakin krusial karena operasional rumah apung wisata umumnya bersifat tidak kontinu dan bergantung pada jam-jam tertentu. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem energi yang mampu menyesuaikan operasional secara cerdas tanpa perlu intervensi manual secara terus-menerus [7]. Dalam konteks ini, integrasi teknologi Internet of Things (IoT) menjadi solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas sistem PLTS [8].

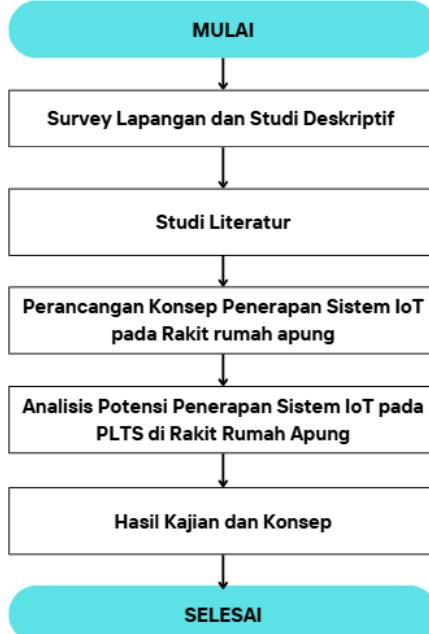
Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu perangkat IoT yang sangat potensial digunakan dalam pengembangan sistem kontrol cerdas untuk PLTS [9][10]. Perangkat ini mendukung konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth serta memiliki konsumsi daya rendah, sehingga ideal untuk aplikasi di lokasi terpencil seperti perairan [11]. Dengan memanfaatkan ESP32 sebagai sakelar pintar, sistem dapat mengatur beban listrik secara dinamis berdasarkan State of Charge (SOC) baterai, serta memungkinkan pengendalian dan pemantauan sistem baik secara lokal maupun jarak jauh melalui aplikasi berbasis smartphone [12].

Selain menawarkan otomatisasi pengaturan beban, sistem berbasis IoT ini juga memiliki keunggulan dalam hal perlindungan baterai dari kondisi over-discharge melalui algoritma kontrol adaptif, memperpanjang umur penyimpanan energi [13]. Pemanfaatan platform cloud sebagai media pemantauan juga memungkinkan pengguna memantau performa sistem secara real-time dari lokasi manapun, yang sangat penting untuk instalasi terapung [14]. Di sisi lain, sistem ini juga mampu meningkatkan efisiensi energi dengan meminimalkan konsumsi daya pada periode tidak aktif [15].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem PLTS cerdas berbasis IoT untuk aplikasi rumah apung wisata [16][17], dengan mengintegrasikan tiga komponen utama: ESP32 sebagai pengendali utama, algoritma kontrol berbasis SOC, dan antarmuka pemantauan berbasis mobile. Diharapkan, solusi ini dapat menjadi model pengembangan sistem energi terbarukan yang efisien, berkelanjutan, dan sesuai dengan kebutuhan spesifik sektor pariwisata perairan di Indonesia [18][19].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi deskriptif yang didasarkan pada penelusuran literatur. Penelitian ini berada pada tahap awal pengembangan teknologi, yang berfokus pada pengkajian ide dan konsep dasar pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai sakelar otomatis pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di rumah apung. Studi deskriptif dilakukan dengan menggambarkan dan menganalisis secara konseptual bagaimana sistem sakelar otomatis dapat bekerja, termasuk bagaimana ESP32 diintegrasikan dengan sensor suhu dan alat pengukur daya listrik. Kajian ini secara khusus menelaah bagaimana komponen-komponen tersebut saling terhubung dan berfungsi dalam sistem, serta sejauh mana sistem ini dapat diterapkan pada rumah apung yang digunakan untuk kegiatan wisata memancing dan rekreasi perairan. Selain itu, studi literatur dilakukan untuk menelusuri teknologi sejenis yang telah ada, serta memahami berbagai topik yang relevan seperti: sistem PLTS di daerah terpencil, pengendalian otomatis beban listrik menggunakan mikrokontroler, pemanfaatan ESP32 dan IoT untuk pemantauan energi, penggunaan relay sebagai sakelar otomatis, serta fungsi sensor suhu (DS18B20) dan modul pengukur daya (PZEM-004T). Alur dan tahapan penelitian ini dijelaskan lebih lanjut pada Gambar 2.1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian.

3. PEMBAHASAN DAN HASIL

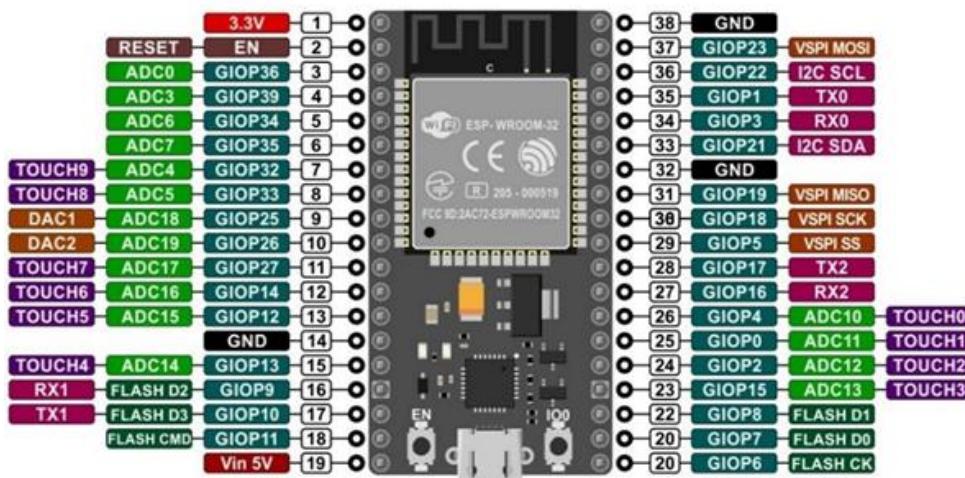
3.1. NodeMCU ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler 32-bit yang dilengkapi dengan prosesor *dual-core* serta fitur konektivitas *Wi-Fi* dan *Bluetooth*. Mikrokontroler ini memiliki kapasitas pemrosesan dan memori internal yang cukup untuk mendukung integrasi langsung dengan berbagai sensor maupun perangkat eksternal melalui pin *input/output* (I/O), serta dapat diprogram secara efisien dengan kode sederhana [20]. Dalam sistem ini, ESP32 berperan sebagai pusat kendali utama yang bertugas mengatur komunikasi data dari sensor, membaca informasi yang diterima, dan mengontrol perangkat keluaran seperti relay. Keunggulannya dalam mendukung komunikasi nirkabel menjadikan ESP32 sangat ideal untuk pengembangan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT), terutama karena dapat diprogram dengan mudah melalui Arduino IDE. Selain itu, ESP32 mendukung jaringan *Wi-Fi* 802.11 b/g/n pada frekuensi 2,4 GHz dan teknologi *bluetooth* versi 4.2 (BLE), yang memungkinkan konektivitas jarak jauh dan hemat daya [21].

Karakteristik dari ESP32 [22]:

- CPU: Dual-core Tensilica LX6 240 MHz
- RAM: 520 KB
- Komunikasi: Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2
- Tegangan operasi: 2.2 V - 3.3 V
- Jumlah GPIO: 34 pin

Kelebihan dan kekurangan ESP 32: Terintegrasi dengan Wi-Fi dan Bluetooth, Konsumsi daya rendah, Cocok untuk sistem IoT dan kendali otomatis, Sensitif terhadap tegangan input (harus stabil), Tidak semua pin mendukung fitur multitasking. *Datasheet* dari ESP32 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Datasheet* NodeMCU ESP32

3.2 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 merupakan suatu komponen yang dapat mengkonversi perubahan temperatur lingkungan menjadi besaran listrik [23]. Sensor ini juga merupakan sensor suhu digital yang menggunakan protokol komunikasi 1-Wire, sehingga dapat dikoneksikan ke ESP32 dengan satu pin data. DS18B20 memiliki 3 pin kaki yang terdiri dari Vs, ground dan data input/output. Vs sendiri berfungsi sebagai tegangan sumber. Tegangan yang dimiliki sensor DS18B20 sebesar 3V-5,5V namun Vs memberikan tegangan kepada mikrokontroler sebesar 5V karena tegangan mikrokontroler memiliki tegangan 5V [24].

Karakteristik DS18B20:

- Rentang suhu: -55°C hingga +125°C
- Akurasi: $\pm 0.5^\circ\text{C}$
- Tegangan kerja: 3.0 – 5.5 V
- Komunikasi: Digital 1-Wire

Kelebihan dan kekurangan DS18B20 adalah Dapat digunakan dalam topologi paralel, Stabil dan tahan terhadap interferensi, Membutuhkan resistor pull-up, Proses komunikasi lebih lambat dibanding sensor analog. DS18B20 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sensor Suhu DS18B20

3.3 Modul Pengukuran Energi PZEM-004T

PZEM-004T merupakan modul sensor yang berfungsi untuk mengukur tegangan RMS, arus RMS, dan daya aktif, serta dapat dengan mudah diintegrasikan dengan Arduino maupun platform open-source lainnya. Modul ini memiliki dimensi fisik sebesar $3,1 \times 7,4$ cm. Dalam paketnya, PZEM-004T dilengkapi dengan sebuah current transformer (CT) atau trafo arus berdiameter 3 mm, yang mampu digunakan untuk mengukur arus listrik hingga 100 A [25].

Karakteristik PZEM-004T:

- Tegangan input: 80–260 VAC
- Arus input: hingga 100A (dengan CT)
- Parameter diukur: Voltage, Current, Power, Energy



- Komunikasi: UART (Serial TTL)

Kelebihan dan kekurangan PZEM-004T adalah akurat dalam pengukuran energi listrik, kompatibel dengan berbagai mikrokontroler, tidak mendukung arus DC, memerlukan perhatian ekstra dalam pemasangan karena bekerja pada tegangan tinggi. Bentuk Fisik sensor PZEM-004T dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sensor PZEM-004T

3.4 Modul Relay 5V

Relay adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk memutus atau menyambungkan aliran listrik secara tidak langsung. Relay disebut juga sebagai saklar magnet cara kerja relay adalah ketika arus listrik tersambung maka akan terjadi kontak antar plat sehingga arus listrik dapat mengalir [26]. Relay digunakan sebagai sakelar otomatis untuk menghubungkan atau memutus beban listrik. Dalam sistem ini digunakan 4 buah modul relay 1-channel.

Karakteristik Relay:

- Tipe: SPDT (Single Pole Double Throw)
- Tegangan kendali: 5V DC
- Kapasitas beban: 10A @ 250V AC / 30V DC
- Proteksi optocoupler

Kelebihan dan kekurangan relay adalah mampu mengendalikan perangkat AC/DC, mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler, memiliki waktu tunda switching, mekanisme fisik (bisa aus dalam jangka panjang). Modul relay dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Modul Relay

3.5 Skenario uji coba

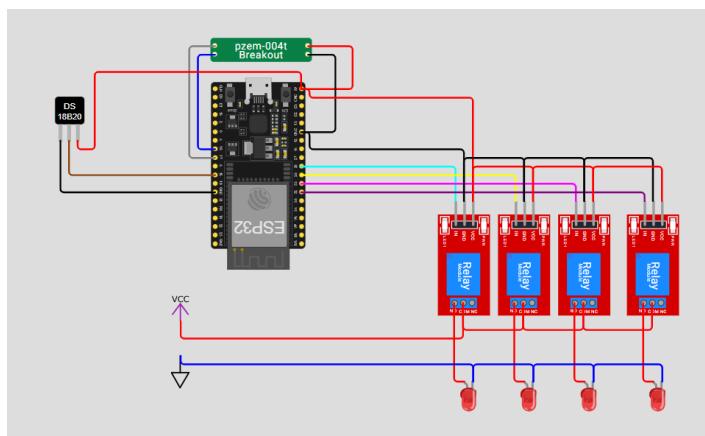
Skenario pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa ESP32 dapat berkomunikasi dengan modul sensor daya PZEM-004T V3.0 dan mampu membaca parameter kelistrikan secara akurat. Langkah awal dilakukan dengan menghubungkan PZEM-004T ke ESP32 melalui komunikasi UART pada pin GPIO 16 dan GPIO 17. Setelah program diunggah, perangkat diuji untuk menampilkan alamat perangkat PZEM dan pembacaan awal ke dalam serial monitor. Keberhasilan deteksi alamat dan munculnya data menunjukkan bahwa koneksi dan komunikasi antarperangkat berjalan dengan baik.

Pengujian pertama difokuskan pada parameter tegangan. Ketika sensor diberi input listrik 220V AC, serial monitor menampilkan nilai tegangan mendekati 220 volt. Sebaliknya, ketika tidak ada sumber listrik terhubung, sistem memberikan respons error berupa pesan "Error reading voltage". Uji selanjutnya adalah pembacaan arus dan daya. Dengan menghubungkan beban listrik seperti lampu pijar 100 watt ke rangkaian,



sensor mampu membaca arus sekitar 0,45 ampere dan daya aktif sekitar 100 watt, sesuai dengan karakteristik beban. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi konsumsi daya secara real-time. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap parameter energi kumulatif (kWh) dengan cara membiarkan beban menyala selama beberapa menit. Hasilnya, nilai energi meningkat secara bertahap pada serial monitor, yang menunjukkan bahwa fungsi pencatatan energi terakumulasi bekerja dengan baik. Selain itu, sensor juga menampilkan frekuensi listrik sistem sekitar 50 Hz dan faktor daya (power factor) sekitar 0,9, yang sesuai dengan karakteristik sistem kelistrikan AC di Indonesia.

Terakhir, untuk menguji kemampuan sistem dalam mendeteksi kesalahan, koneksi antara ESP32 dan PZEM-004T dilepas. Hasilnya, seluruh parameter seperti tegangan, arus, daya, dan lainnya menampilkan pesan kesalahan (“Error reading...”), yang mengindikasikan bahwa sistem memiliki kemampuan mendeteksi gangguan koneksi atau data tidak valid. Secara keseluruhan, pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca parameter listrik secara lengkap dan dapat digunakan sebagai bagian dari monitoring daya dalam sistem PLTS rumah apung berbasis IoT. Skema rangkaian pengujian dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Simulasi Sistem IoT Berbasis ESP32

Pengujian terhadap sensor suhu DS18B20 dilakukan untuk mengevaluasi kemampuannya dalam mendeteksi suhu lingkungan secara akurat dan responsif. Sensor ini dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 melalui satu pin data dan menggunakan protokol komunikasi *One-Wire*, yang memungkinkan transfer data hanya dengan satu jalur data selain VCC dan GND. Setelah kode program diunggah, pembacaan suhu ditampilkan pada serial monitor dengan interval waktu tertentu. Pengujian awal dilakukan pada suhu ruang normal (sekitar 28–30°C) untuk memastikan sensor mampu memberikan pembacaan stabil. Selanjutnya, dilakukan simulasi perubahan suhu dengan mendekatkan sensor ke sumber panas, seperti tangan atau permukaan hangat, dan hasilnya menunjukkan peningkatan suhu yang ditampilkan secara real-time. Sebaliknya, ketika sensor disentuhkan ke permukaan dingin atau ditiup menggunakan udara sejuk, nilai suhu menurun secara bertahap. Selama pengujian, sensor mampu merespons perubahan suhu dengan cukup cepat dan stabil tanpa fluktuasi ekstrem. Hasil ini menunjukkan bahwa DS18B20 bekerja dengan baik untuk memantau kondisi suhu lingkungan dan dapat diintegrasikan dalam sistem otomatisasi, seperti untuk mengaktifkan beban kipas atau pendingin berdasarkan ambang batas suhu tertentu. Sensor ini juga mendukung pemantauan suhu jarak jauh dengan akurasi tinggi, sehingga cocok digunakan dalam sistem PLTS rumah apung berbasis IoT yang membutuhkan kontrol suhu pada perangkat tertentu.

Pengujian terhadap empat relay dilakukan untuk melihat apakah sistem dapat menyalakan dan mematikan empat buah lampu secara otomatis menggunakan aplikasi Blynk di ponsel. Masing-masing lampu dihubungkan ke modul relay yang dikendalikan oleh ESP32. ESP32 terhubung ke jaringan Wi-Fi sehingga bisa menerima perintah dari aplikasi Blynk. Di dalam aplikasi tersebut, pengguna cukup menekan tombol virtual untuk menyalakan atau mematikan lampu sesuai keinginan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perintah dari aplikasi bisa diterima dengan cepat dan sistem merespons dengan baik, seperti lampu menyala saat tombol dinyalakan, dan mati saat tombol dimatikan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan cocok digunakan di rumah apung untuk mempermudah pengendalian lampu dari jarak jauh hanya lewat ponsel. Tampilan pada aplikasi Blynk dapat dilihat pada gambar 7.



LAMPU1	LAMPU3	ARUS	DAYA	SUHU
		0 A	0 W	27 °C
LAMPU2	LAMPU4	ENERGI	VOLTAGE	WIFI
		0 kWh	0 V	-62

Gambar 7. Tampilan control pada Aplikasi Blynk di web

4. KESIMPULAN

Berdasarkan skenario pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem sakelar cerdas berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil berfungsi dengan baik dalam mengintegrasikan berbagai perangkat pada sistem PLTS rumah apung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 mampu berkomunikasi secara stabil dengan sensor PZEM-004T V3.0 untuk memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya secara real-time. Sensor suhu DS18B20 juga bekerja responsif dalam mendeteksi perubahan suhu lingkungan, yang dapat digunakan sebagai pemicu otomatisasi beban tertentu seperti kipas pendingin. Sementara itu, pengujian terhadap relay 4 channel membuktikan bahwa sistem mampu mengontrol beban listrik secara otomatis maupun manual melalui aplikasi Blynk di perangkat seluler berbasis Wi-Fi.

Keseluruhan pengujian menunjukkan bahwa konsep sistem ini tidak hanya mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan energi listrik pada rumah apung, tetapi juga memudahkan pengguna dalam memantau dan mengendalikan beban dari jarak jauh. Dengan kemampuan pemrosesan data, konektivitas nirkabel, dan kendali berbasis kondisi lingkungan maupun waktu, ESP32 terbukti efektif sebagai pusat kendali otomatisasi pada sistem PLTS. Konsep ini menunjukkan potensi besar untuk diterapkan dalam pengembangan rumah apung berbasis energi mandiri dan teknologi cerdas, terutama untuk mendukung aktivitas wisata perairan seperti memancing dan rekreasi dengan lebih efisien dan berkelanjutan..

5. SARAN

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, disarankan agar pengujian sistem tidak hanya dilakukan secara simulasi atau berbasis rancangan konseptual, tetapi dilanjutkan ke tahap implementasi langsung di lapangan, khususnya pada rumah apung yang beroperasi secara nyata di lingkungan wisata perairan. Pengujian lanjut dapat mencakup pengukuran kinerja sistem dalam kondisi cuaca yang berbeda, kestabilan koneksi nirkabel di area terbuka, serta efektivitas pengendalian beban listrik terhadap kapasitas baterai PLTS secara dinamis. Selain itu, integrasi sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan sensor kelembaban, sensor intensitas cahaya matahari, serta fitur notifikasi pada aplikasi seluler untuk memperluas fungsionalitas dan keamanan sistem. Evaluasi terhadap konsumsi daya ESP32 dan efisiensi keseluruhan sistem IoT juga perlu dilakukan agar sistem ini benar-benar hemat energi dan layak diterapkan secara berkelanjutan di lingkungan off-grid seperti rumah apung.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada instansi Pendidikan tinggi vokasi Politeknik Negeri Manado juga kepada Prof. Lefrand Manoppo yang terus memberikan dukungan dan arahan dalam setiap kerja penelitian yang dilakukan oleh penulis. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada seluruh pihak lain yang telah terlibat dalam pelaksanaan kegiatan ini.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yudiono, Y., Umboro, L., & Ratnasari, V. "Analisis Biaya untuk Pemilihan Sumber Daya Listrik Utama Rumah Pompa Grges". ITS Journal of Civil Engineering, 33(1), 2018.
- [2] Nalle, D. Y., Mauboy, E. R., & Galla, W. F. "Perencanaan PLTS Off-Grid untuk Rumah Tangga di Desa Delo, Sabu Raijua". JTekEL: Jurnal Teknik Elektro, 1(1), 11-19, 2024.
- [3] Pradana, M. R. & Fitriani, E. "Sistem Monitoring pada PLTS dan Charging-Station Menggunakan ESP32". INTECOMS, 7(2), 550-556, 2024
- [4] Leony Ariesta Wenna., Lefrand Manoppo., Arnold R. Rondonuwu., Deitje S. Pongoh., Henny A. B. Lesnussa. "Konsep Pemanfaatan PLTS pada Rakit Rumah Apung". Jurnal Elektrik, Vol. 3, No. 2, pp. 37-42, 2024.
- [5] Lailatun, H. I. "Sistem Otomasi Photovoltaic pada PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduino Skala Lab". Jurnal Teknik Pertanian Lampung, 8(2), 65-72, 2019.
- [6] Permana B.S.I., Aji A.D., Muchliah., Monika D. "Sistem Monitoring PLTS pada Miniatur PLTH Berbasis Mikrokontroler". Elposys, 12(2), 109-113, 2025
- [7] Aas Wasri Hasanah, Maulana Azro Azqolani, Hendrianto Husada, Tri Joko Pramono. "Monitoring Battery and Load Control of Solar Power Plants Using IoT Technology". Journal of Electrical Systems, 20-10s, 1775-1783, 2024.
- [8] Fadli, R., Trisno, B., & Nashruddakwah, J. "Implementation of Solar-PV Protection System in Indonesia: A Review". ELKHA: Jurnal Teknik Elektro, 16(2), 93-98, 2024.
- [9] Gazabi, N. "Sistem Telemetri untuk Battery-Management-System (BMS) pada PLTS Berbasis IoT". Laporan Proyek Akhir, Politeknik Caltex Riau. 2024
- [10] Suprayogi, F., Al Fatah, S., & Wulandari, R. "Design of System Monitoring for Floating Solar-Panel Energy Based on IoT: Blynk". Indonesian Journal of Innovation & Applied Sciences, 4(3), 217-224, 2024.
- [11] Muqorrobin, Z. P. "Rancang Bangun Monitoring PLTS Off-Grid Menggunakan ESP32 dan HT-UV5R". Jurnal Teknik Elektro (Universitas Negeri Surabaya). 2025
- [12] Wardana, M. W. et al. "Rancang Bangun Sistem Kontrol & Monitoring PLTS Berbasis IoT". Repositori Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2023.
- [13] Pratama, I., Susanto, A., & Azis, A. "Rancang Bangun PLTS Rumah Tangga Berbasis IoT Menggunakan ESP32". Jurnal Teknik Elektro, 8(1). 2025.
- [14] Ramdan, M. "Sistem Monitoring PLTS Berbasis Blynk". Innovative Journal, 8(2), 101-108. 2024
- [15] Rachmansyah Putra, V. "Perancangan Smart-Grid dengan Distribusi Beban Listrik Berbasis IoT". Skripsi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. 2022.
- [16] Hadi, L. "Wisata Apung dengan Pendekatan Arsitektur Vernakular di Danau Toba". Senthong: Jurnal Arsitektur, 7(1), 45-52. 2021.
- [17] Zaidan, R. H., Rindo, G., Amiruddin, W., Prasetyo, N.A. "Perencanaan Floating Club-House sebagai Inovasi Bisnis Pariwisata di Pantai Amed, Bali". Jurnal Integrasi, 16(2), 165-176, 2024.
- [18] Tolentino, L. K. S., Abacco, D. F. P., & Siquihod, M. J. M. "Efficiency Improvement of Commercial MPPT Controllers Using Boost Converter". arXiv preprint arXiv:1911.01524, 2019.
- [19] Laksono, D. T. "Simulasi & Perancangan PLTS Off-Grid 3 kW Menggunakan PVsyst". Jurnal Teknik Elektro, 5(2), 88-95. 2025.
- [20] Visayas, Cakra, Yonal Supit. "Sistem Kontrol Alat Elektronik Dalam Rumah Berbasis Internet of Things (IoT)". Jurnal Sistem Informasi dan Teknik Komputer, 9 (2), 249-261, 2024
- [21] Riyadi, G. A., Elektro, F. T., & Telkom, U. "Implementasi Dan Analisis Performansi Lampu Pintar Berbasis Internet of Things Dengan Media Kontrol Aplikasi Android Implementation and Anlysis of Smart Lamp Based on Internet of Things Using Android Application As Media". E-Proceeding of Engineering, 7(2), 3623–3630. 2020.



-
- [22] Tatang Adi Julianto. "Rancang bangun sistem penerangan area parkir otomatis berbasis internet of things (IoT) menggunakan ESP32". Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang. 2022
 - [23] Alfiatun Hasanah. "Rancang Bangun Alat Peraga Water Heater Menggunakan Heater Portable Dan Sensor Ds18b20 Berbasis Arduino Uno R3 Pada Konsep Termodinamika". Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Juni 2023, 9(12), 19-28. 2023
 - [24] Muhammad Bagus Roudlotul Huda, Wahyu Dwi Kurniawan. "Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino". JRM. Volume 07 Nomor 02 Tahun 2022, 18 – 23. 2022.
 - [25] Salwin Anwar, Tri Artono, Nasrul, Dasrul, A.Fadli. "Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T". Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe Vol.3 No.1. 2019
 - [26] Yusnadi Faizin Rahman, I Gede Putu Wirarama WW, Ahmad Zafrullah M. "Perancangan Sistem Monitoring Energi Listrik Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan PZEM-004T Untuk Mengontrol Penggunaan Listrik". Jurnal Tugas Akhir. Dept Informatics Engineering, Mataram University. 2023.