

Pemanfaatan Sistem PLTS Sebagai Sumber Penerangan Di Lokasi Objek Wisata Hutan Mangrove Desa Budo

Ali Ramschie¹, Ronny Katuuk², Johan Makal³, Johan Pongoh⁴, Marson Budiman⁵

Teknik Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado ^{1,3,4}

Teknik Komputer, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado ^{2,5}

E-mail: ali.a.s.ramschie@mail.com

Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi strategis dalam mendukung pariwisata berkelanjutan, terutama di daerah terpencil yang belum terjangkau listrik secara optimal. Topik ini dipilih karena pentingnya penyediaan fasilitas dasar seperti penerangan untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan wisatawan, khususnya di lokasi objek wisata hutan mangrove desa Budo. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan suatu sistem penerangan yang dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan kebutuhan, khususnya di malam hari. Adapun penerapannya di lokasi objek wisata hutan mangrove desa Budo. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, dengan menggunakan metode prototyping dalam proses pembuatan dan pengimplementasian sistem penerangan di lokasi objek wisata hutan mangrove desa Budo, dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber energinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem PLTS mampu menyediakan penerangan yang memadai di lokasi objek wisata hutan mangrove desa Budo pada malam hari, dimana penerangannya akan aktif secara otomatis, saat kondisi intensitas cahaya matahari telah dibawah dari 10 lux, dengan tegangan keluaran panel surya terdeteksi sebesar 0 volt. Sistem penerangan dari PLTS akan aktif mulai dari jam 18.00 wita sampai jam 5.40 wita, saat kondisi intensitas cahaya matahari telah melebihi 50 lux, maka secara otomatis sistem penerangannya akan dinonaktifkan. Kinerja dari Sistem PLTS ini juga dapat dipantau di sembarang tempat melalui penerapan teknologi IoT, dimana pemantauannya berhubungan dengan kondisi baterai, kondisi proses pencahayaan di lokasi objek wisata. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan dan perluasan sistem PLTS sebagai bagian dari strategi pengelolaan wisata alam yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata Kunci — Otomatis, Objek Wisata, Penerangan, PLTS.

1. PENDAHULUAN

Desa Budo terletak di Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara, dikenal dengan potensi ekowisata hutan mangrove yang menarik (Awali et al, 2023; Gumalang et al, 2023). Namun, keterbatasan infrastruktur, terutama dalam hal penerangan, menjadi kendala pengembangan wisata malam hari di kawasan ini. Kondisi ini tidak hanya mempengaruhi kenyamanan dan keamanan pengunjung, tetapi juga membatasi aktivitas ekonomi masyarakat setempat.

Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber penerangan di kawasan wisata mangrove Desa Budo menjadi solusi yang potensial. Studi kelayakan yang dilakukan di Ekowisata Mangrove Lembung (Muhammad et al. 2024) menunjukkan bahwa PLTS dapat menjadi alternatif energi yang efisien dan ramah lingkungan untuk mendukung kegiatan wisata di daerah terpencil. Selain itu, kondisi serupa di Desa Mojo, Kabupaten Pemalang, menunjukkan

bahwa pemasangan PLTS di kawasan wisata mangrove dapat meningkatkan kenyamanan pengunjung dan mendukung konservasi lingkungan (Windarta et al. 2023).

Penerangan yang memadai di hutan *mangrove* masih menjadi permasalahan yang dihadapi desa Budo. Kebanyakan area hutan *mangrove* tidak memiliki pencahayaan yang cukup, terutama pada malam hari, yang penerangannya diarahkan langsung ke hutan *mangrove*. Hal ini mengakibatkan pengalaman wisatawan terbatas karena wisatawan tidak dapat menikmati suasana hutan *mangrove* yang menjadi destinasi utamanya.

Dalam upaya mengatasi permasalahan ini, salah satu solusinya adalah menerapkan sistem PLTS, dimana pencahayaannya langsung diarahkan ke hutan *mangrove*. Adapun sistem PLTS merupakan suatu sistem pencahayaan yang menerapkan teknologi sensor untuk mendeteksi intensitas cahaya guna menyalakan dan mematikan lampu, serta sensor arus yang difungsikan untuk mendeteksi kondisi lampu, apakah dalam kondisi menyala atau dalam kondisi mati. Untuk menunjang kebutuhan kelistrikannya, maka dimanfaatkan sumber energi terbarukan melalui penerapan *Solar Cell*. sistem PLTS ini juga dilengkapi dengan teknologi IoT guna memonitoring keadaan dari masing-masing kondisi lampu melalui perangkat smart phone lewat *Web Server*, apakah dalam kondisi mati atau dalam kondisi menyala, saat malam hari. Dan jika dalam kondisi mati, petugas mendapatkan informasi, dan dapat segera dilakukan perawatan. Disamping sebagai pemonitoring kondisi lampu, penerapan teknologi *Internet Of Things* (IoT) ini juga dapat mengontrol (*On/Off*) masing-masing lampu dari jarak jauh melalui perangkat *Smart Phone*.

Isu-isu terkait dengan Penelitian ini, merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya, meliputi:

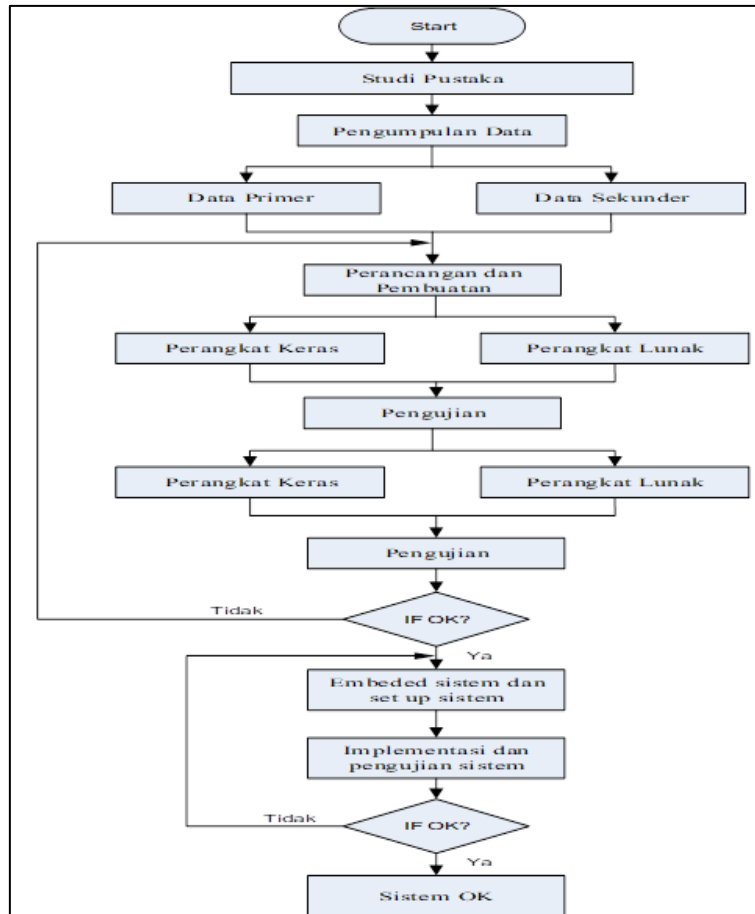
1. Diseminasi Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Kawasan Pulau Cemara sebagai Pulau Mandiri Energi, dimana penelitian ini membahas tentang penerapan PLTS untuk mendukung kemandirian energi di kawasan wisata pulau terpencil (Windarta et al. 2018).
2. Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid untuk Skala Rumah Tangga, penelitian ini menguraikan proses penentuan kapasitas sistem PLTS yang sesuai dengan kebutuhan rumah tangga. (Putri et al. 2024).
3. Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Baterai dan Terhubung Grid di Nias, Sumatera Utara, Penelitian ini mengevaluasi kelayakan teknis dan ekonomi PLTS hybrid di kawasan wisata pulau (Soedjarwanto et al. 2022).
4. Effect of Peak Sun Hour on Energy Productivity of Solar Photovoltaic Power System, Penelitian ini menganalisis pengaruh durasi sinar matahari terhadap produktivitas energi PLTS, relevan untuk perencanaan di kawasan wisata (Megantoro et al. 2022).
5. Pengaruh Efek Suhu terhadap Kinerja Panel Surya, Penelitian ini membahas bagaimana suhu lingkungan mempengaruhi efisiensi panel surya di daerah tropis (Kusumaning et al. 2019).
6. IoT Implementation for Monitoring and Controlling Solar Power Plant Systems, Penelitian ini membahas tentang pengimplementasian teknologi IoT pada proses monitoring dan pengontrolan jarak jauh, terhadap sistem PLTS (Ramschie et al. 2023).
7. Implementasi PLTS Off-Grid 200 Wp Dengan Sistem Monitoring Beban Berbasis Arduino Uno, Penelitian ini membahas tentang pengimplementasian sistem monitoring beban listrik pada sistem PLTS dengan memanfaatkan kontroler Arduino Uno (Anggoro et al. 2024).

Penelitian ini memiliki nilai originalitas karena mengkaji penerapan PLTS secara spesifik di kawasan wisata hutan mangrove Desa Budo, yang belum banyak dikaji dalam literatur akademik. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu vokasi, khususnya dalam bidang teknik energi terbarukan dan manajemen pariwisata berkelanjutan. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi pengambil kebijakan dalam merancang dan mengimplementasikan solusi energi terbarukan di kawasan wisata terpencil.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Prototyping

Dalam menghasilkan suatu sistem PLTS yang dapat diimplementasikan sebagai sumber kelistrikan untuk kebutuhan penerangan di Lokasi wisata hutan *mangrove* di desa Budo, metode yang digunakan adalah metode *Prototyping*, dengan tahapan-tahapannya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode penelitian *Prototyping*

2.2. Perencanaan Sistem PLTS

Dalam menghasilkan suatu sistem PLTS, maka tahapan awal yang dilakukan adalah melakukan proses perancangan terhadap sistem PLTS yang akan dihasilkan. Dalam proses perancangan system PLTS, ditentukan berdasarkan kebutuhan yang bergantung pada kondisi daya listrik yang akan dihasilkan oleh system PLTS. Tabel 1 memperlihatkan penentuan jumlah peralatan listrik dan daya listrik dari masing-masing peralatan listrik yang akan disuplai oleh sistem PLTS.

Tabel 1. Kebutuhan daya listrik yang akan disuplai oleh sistem PLTS

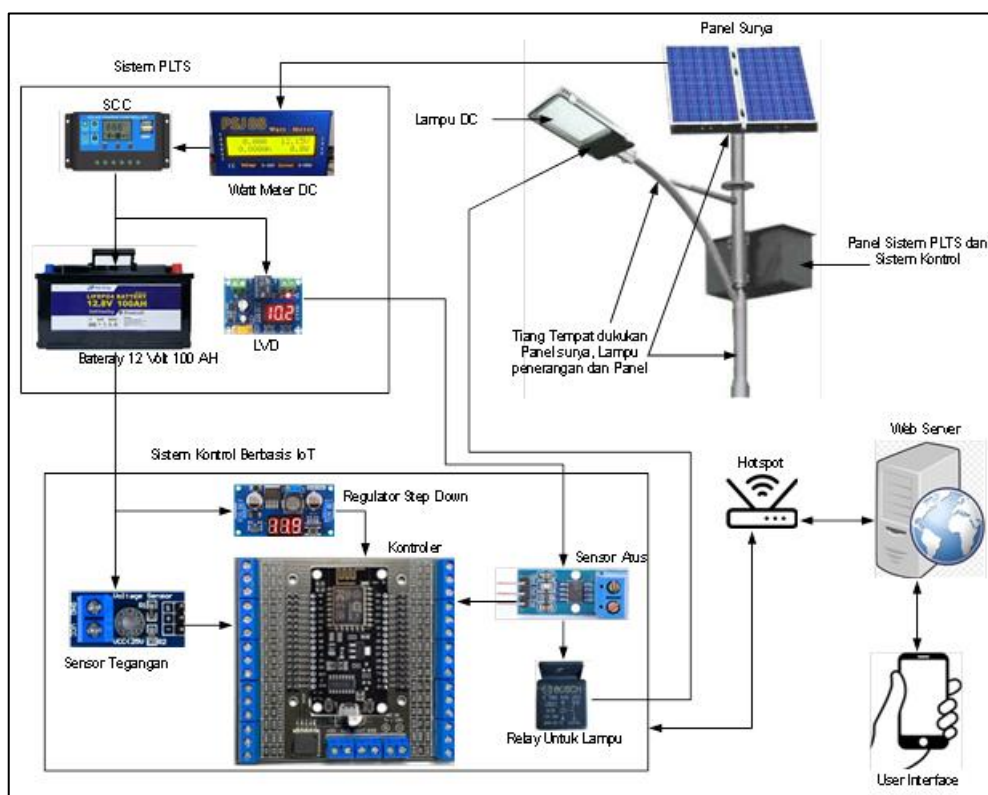
Peralatan Listrik	Jam Pengoperasian	Daya Listrik (Watt)
Lampu LED 30 Watt x 2 Buah	12 jam	720
sistem kontrol	24 Jam	30
Total Daya :		750

Berdasarkan kebutuhan daya listrik untuk sistem PLTS, maka didapatkan hasil untuk kebutuhan sistem PLTS sebagai berikut:

- Jumlah Panel Surya 1 buah, dengan Kapasitas 150 Wp
- Jumlah baterai yang digunakan sebanyak 1 buah berkapasitas 100 Ah. Bateray yang dipilih untuk sistem PLTS ini adalah jenis Lifepo 4, dikarenakan efisiensi baterai jenis ini berkisar antara 75% sampai dengan 95%.
- Kapasitas SCC yang digunakan sebesar 30 Ampere
- Besarnya pengaman, baik pengaman terhadap Panel Surya maupun pengaman terhadap Baterai adalah sebesar 16 Ampere

2.3. Perancangan dan Pembuatan Sistem PLTS

Adapun blok diagram sistem PLTS merupakan rancangan awal dari sistema PLTS yang akan dihasilkan, berdasarkan konsep lampu penerangan jalan, untuk suber penerangan di Lokasi objek wisata hutan mangrove di desa Budo. Blok diagram sistem PLTS, diperlihatkan pada Gambar 2.



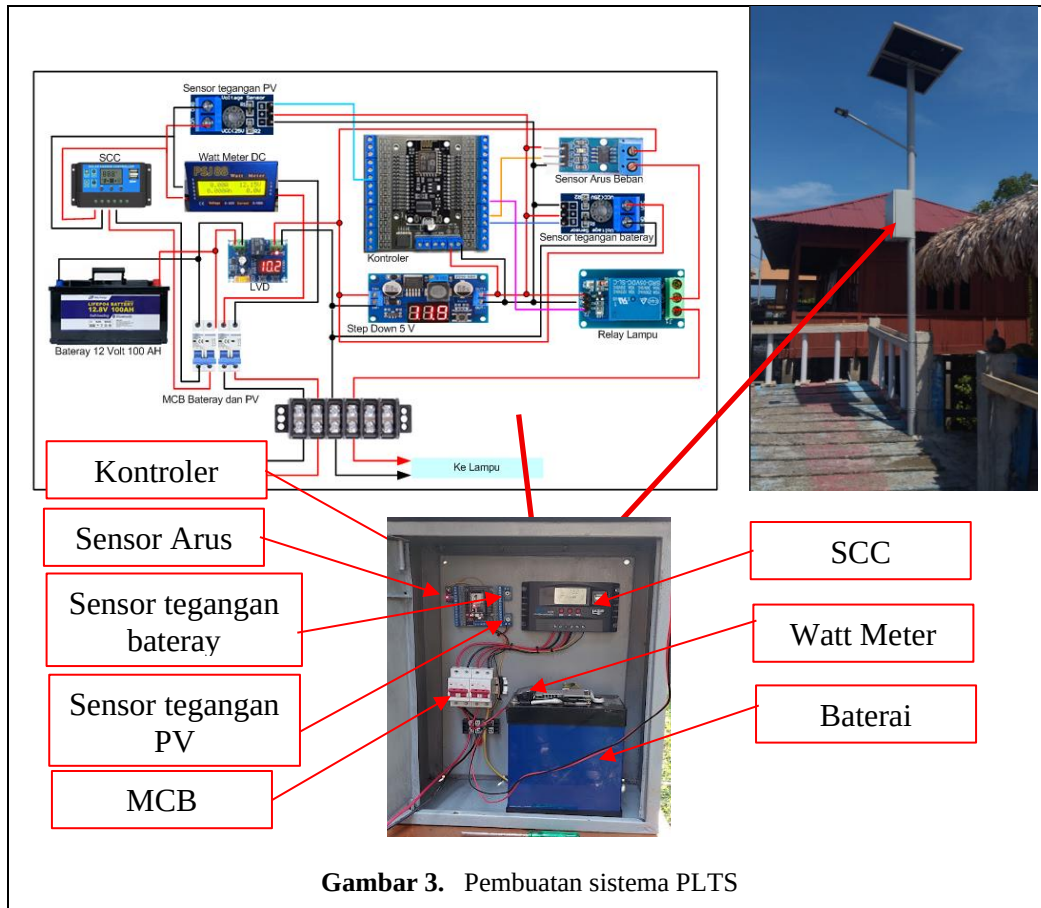
Gambar 2. Blok diagram sistem PLTS

Adapun keterangan dari Blok diagram pada Gambar 2 adalah sebagai berikut:

1. Sensor cahaya yang difungsikan sebagai indikator kebutuhan pencahayaan di kawasan objek wisata hutan mangrove. Output dari sensor cahaya diinputkan ke kontroler sebagai penginformasi kondisi pencahayaan di lokasi tersebut;
2. Sensor Arus yang difungsikan sebagai pendeteksi kondisi lampu, apakah dalam kondisi menyala atau tidak, disaat sistem telah mengaktifkan lampu (dimalam Hari) guna penerangan di lokasi objek wisata. Output dari sensor arus diinputkan ke kontroler, sebagai informasi kondisi lampu;
3. Driver relay yang difungsikan sebagai saklar untuk menyalakan dan mematikan lampu, melalui output dari kontroler.

4. Solar Charge Controller (SCC) pada sistem Smart lighting, berfungsi untuk proses pengisian baterai dari panel surya, disamping itu juga SCC difungsikan untuk mengatur tegangan maksimum dari baterai saat proses pengisian ke baterai berlangsung, Dimana besarnya tegangan maksimum yang diatur adalah sebesar 14.6 Volt, Dimana tegangan ini merupakan tegangan batas pengisian untuk baterai jenis Lifepo 4 dengan kapasitas tegangan 13.2 volt. selain itu juga SCC difungsikan untuk memutuskan jalur kelistrikan ke beban Listrik, saat terdeteksi tegangannya telah berada pada nilai 11 volt, untuk menjaga kondisi baterai terkuras habis saat proses pembebanan berlangsung. SCC juga berfungsi untuk mendeteksi ada tidaknya tegangan keluaran dari panel surya untuk mengaktifkan dan menonaktifkan beban Listrik lampu, Dimana jika terdeteksi tidak ada tegangan yang dihasilkan oleh panel surya, dikarenakan kondisi tidak ada Cahaya (malam hari), maka secara otomatis beban Listrik yang terkoneksi dengan sumber kelistrikan baterai akan diaktifkan dan sebaliknya jika terdeteksi ada tegangan yang dihasilkan pada keluaran panel surya, maka secara otomatis beban Listrik yang terkoneksi dengan baterai akan dinonaktifkan. Adapun fungsi lain dari SCC adalah sebagai media informasi melalui tampilan LCD display sehubungan dengan: temperature panel surya, besarnya tegangan yang dihasilkan panel surya, besarnya arus pengisian ke baterai, saat proses pengisian berlangsung.
5. Bateray Management System (BMS), Dimana BMS berfungsi untuk mendeteksi setiap tegangan pada masing-masing sel dari baterai Lifepo 4 saat proses pengisian dan pengosongan baterai, guna melindungi baterai dari kerusakan. Dimana tegangan kerja dari masing-masing selnya adalah 3.2 volt, dan saat proses pengisian berlangsung dan BMS mendeteksi tegangan dari masing-masing selnya telah berada pada nilai tegangan 3.2 volt, maka secara otomatis proses pengisian akan dinonaktifkan. Saat proses pengosongan baterai berlangsung, dan BMS mendeteksi tegangan dari masing-masing selnya telah bernilai 2.8 volt, maka secara otomatis BMS akan memutuskan suplai kelistrikan ke beban.
6. Lampu merupakan beban listrik yang terkoneksi dengan sistem smart lighting, Dimana lampu difungsikan sebagai media penerangan di lokasi objek wisata hutan mangrove di desa Budo, saat malam hari. Adapun lampu yang digunakan adalah lampu DC dengan kapasitas 12 Volt 30 watt dan pencahayaannya sebesar 2400 lumen.
7. Panel sistem PLTS, merupakan tempat diletakkannya sistem smart lighting.
8. Watt meter berfungsi untuk mendeteksi tegangan baterai, arus pembebanan baterai, dan daya Listrik yang dikonsumsi oleh beban Listrik dari baterai
9. Sistem IoT mencakup:
 - Kontroler, sebagai media pemrosesan data hasil monitoring terhadap kerja sistem PLTS, yang meliputi data tegangan pada baterai dan data arus beban. Disamping itu juga, kontroler berfungsi untuk mengirimkan data ke web server sebagai informasi kondisi dari sistem PLTS,
 - Sensor tegangan baterai berfungsi sebagai pendeteksi kapasitas tegangan dari baterai,
 - Sensor arus berfungsi sebagai pendeteksi kondisi peralatan listrik (lampu),
 - Akses point berfungsi sebagai media komunikasi melalui jaringan internet, antara kontroler dengan web server,
 - Web server berfungsi sebagai tempat penampungan data yang dikirimkan dari kontroler, dan monitoring terhadap kerja dari sistem PLTS,
 - User interface berfungsi sebagai media monitoring terhadap pengoperasian dari sistem PLTS.

Berdasarkan hasil rancangan sistem PLTS yang telah dihasilkan dalam bentuk blok diagram sistem PLTS, maka dibuat sistem PLTS melalui proses pengintegrasian tiap-tiap komponen pendukung pada sistem PLTS, yang diperlihatkan pada Gambar 3.



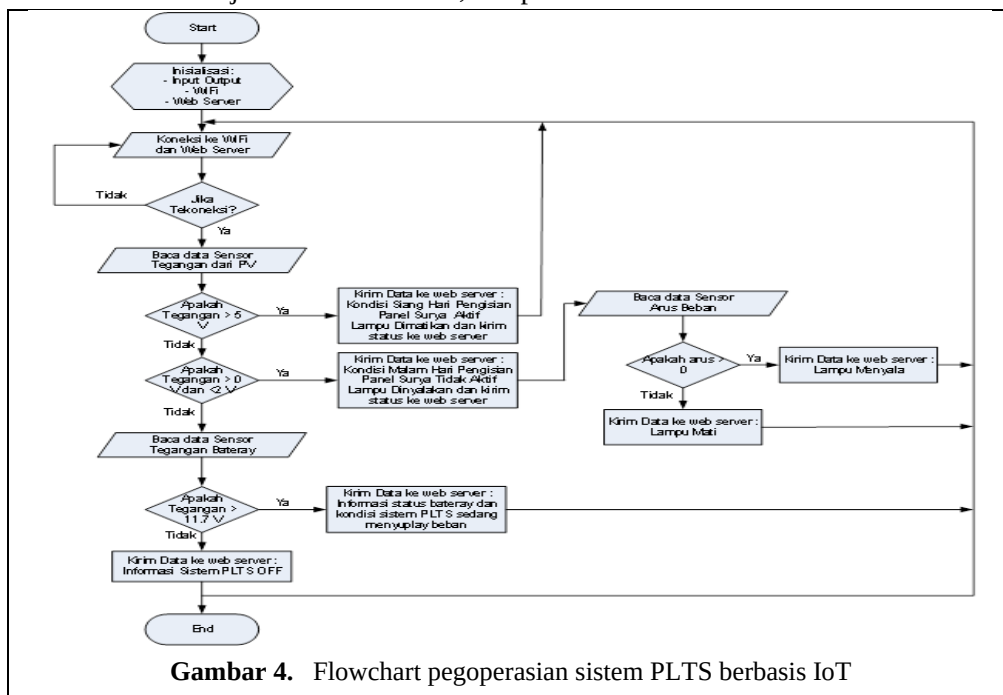
Gambar 3. Pembuatan sistema PLTS

2.4. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak sistem IoT

Dalam menghasilkan perangkat lunak untuk pengoperasian sistem PLTS berbasis IoT, maka yang dilakukan adalah merancang struktur kerja sistem dalam bentuk diagram alir (*flowchart*), yang diperlihatkan pada Gambar 4.

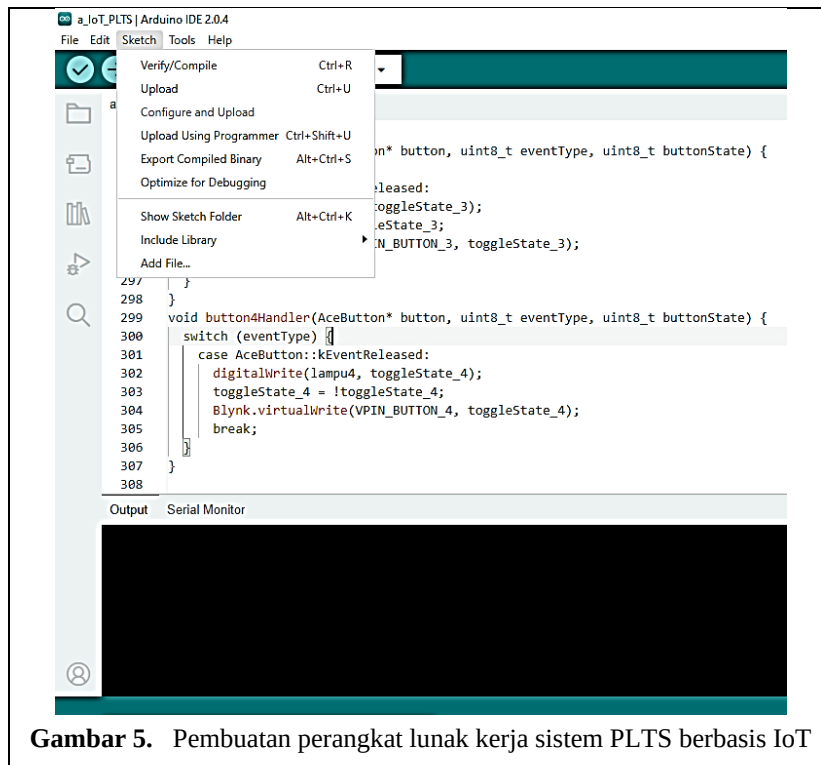
1. Saat sistem dijalankan (Start), maka sistem (kontroler) akan menjalankan bagian program untuk proses inisialisasi dan setup sistem. Adapun bagian inisialisasi sehubungan dengan pengenalan library-library yang akan digunakan dalam menjalankan sistem dan variable-variable yang digunakan dalam program.
2. Selanjutnya, kontroler akan menjalankan program untuk mengkoneksikan antara kontroler dengan web server (Blynk IoT) melalui komunikasi wifi. Adapun proses pengkoneksian antara kontroler dengan web server berdasarkan hak akses melalui autentifikasi data Token ke dashboard yang telah dibuat. Jika koneksi ke web server berhasil, maka proses selanjutnya akan dikerjakan, dan jika koneksi belum berhasil, maka kontroler akan melakukan proses pengkoneksian ini secara berulang-ulang, hingga terkoneksi antara kontroler dengan web server.
3. Saat kontroler dan web server telah terkoneksi, maka selanjutnya program yang dijalankan adalah bagian pembacaan data keluaran tegangan panel surya melalui sensor tegangan. Dimana prosedurnya sebagai berikut:

- Jika data tegangan yang terdeteksi melalui sensor tegangan lebih besar dari 5 Volt, maka kontroler akan mengolah data tersebut dan mengambil keputusan bahwa sistem PLTS sementara melakukan proses pengisian baterai, karena kondisinya telah ada cahaya matahari. Selanjutnya kontroler akan mengirimkan data ke web server berupa informasi kondisi sistem PLTS sementara menjalankan proses pengisian baterai, dan lampu dimatikan.
 - Jika data tegangan yang terdeteksi oleh kontroler lebih besar dari 0 volt dan lebih kecil dari 2 volt, maka kontroler secara otomatis akan mengirimkan data berupa informasi kondisi sistem PLTS tidak mengisi daya ke baterai, dikarenakan kondisi yang terdeteksi telah malam hari. Selanjutnya kontroler akan membaca data sensor arus, Dimana prosedurnya sebagai berikut:
 - Jika kontroler mendeteksi data dari sensor arus lebih besar dari 0 ampere, maka kontroler akan mengirimkan informasi ke web server, bahwa lampu penerangan pada sistem PLTS menyala.
 - Jika kontroler mendeteksi data dari sensor arus sama dengan atau lebih kecil dari 0 ampere, maka kontroler akan mengirimkan informasi ke web server dan notifikasi melalui e-mail, bahwa lampu penerangan pada sistem PLTS tidak menyala.
 - Membaca sensor tegangan baterai, dimana kontroler akan mengolah data tegangan hasil pembacaan tersebut dengan prosedur:
 - Jika tegangan baterai terdeteksi lebih besar dari 11.7 volt, maka kontroler akan mengirimkan informasi ke web server kondisi sistem PLTS dalam kondisi normal dan sementara mengaktifkan lampu sebagai sumber penerangan. Kontroler juga akan mengirimkan informasi status tegangan baterai ke web server.
 - Jika tegangan baterai terdeteksi lebih kecil dari 11.7 volt, maka kontroler akan menonaktifkan kerja lampu (lampu dimatikan) dan kontroler mengirimkan informasi ke web server bahwa lampu pada sistem PLTS telah dinonaktifkan, karena tegangan baterai telah dibawa dari tegangan 11.7 volt, untuk menjaga kondisi baterai.
4. Kondisi ini akan berjalan terus menerus, sampai kontroler dinonaktifkan.

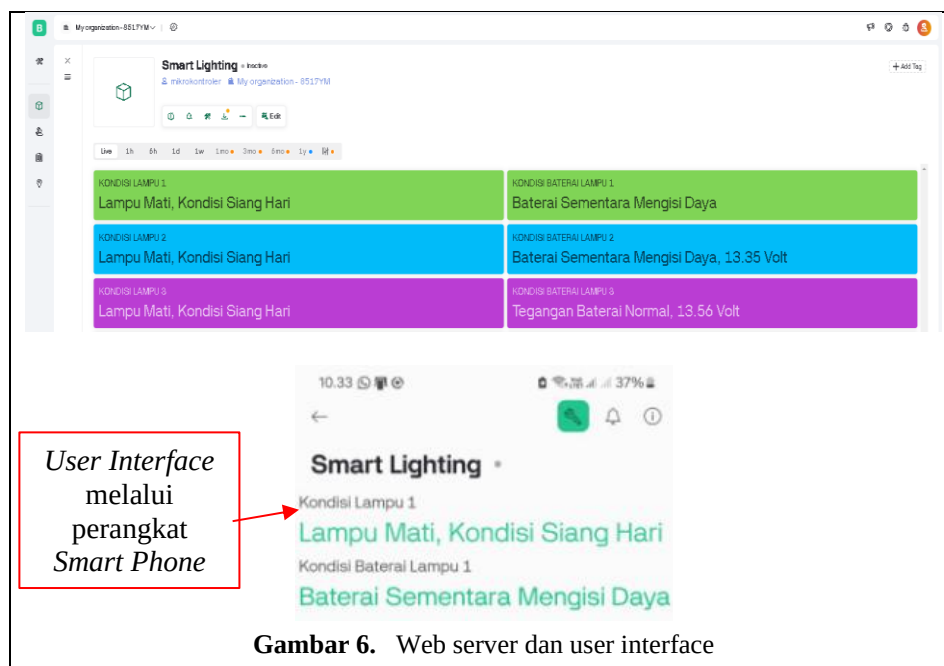


Gambar 4. Flowchart pegoperasian sistem PLTS berbasis IoT

Berdasarkan *Flowchart* yang dihasilkan, selanjutnya proses pembuatan perangkat lunak, dimana *tools* yang digunakan adalah *Arduino IDE*. Adapun proses pembuatan perangkat lunak diperlihatkan pada Gambar 5.



Untuk kebutuhan monitoring sistem PLTS jarak jauh, maka dibutuhkan *web server* sebagai media *user interfacenya*. Adapun *web server* yang digunakan adalah *Blynk IoT*, dimana pembuatan *web server* diperlihatkan pada Gambar 6.



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berhubungan dengan proses pengujian terhadap kinerja sistem PLTS, yang diimplementasikan sebagai media penerangan di lokasi objek wisata kawasan hutan mangrove di desa Budo, dimana proses pengujiannya mencakup: kinerja sistem PLTS untuk proses pengisian baterai di siang hari, kinerja sistem PLTS saat proses penerangan di malam hari dan kinerja sistem monitoring terhadap kerja sistem PLTS berbasis IoT.

3.1. Pengujian Kinerja Sistem PLTS Saat Proses Pengisian Baterai

Pengujian kinerja sistem PLTS pada proses pengisian baterai, dilakukan untuk mendapatkan data sehubungan dengan kinerja sistem PLTS dalam melakukan proses pengisian baterai untuk kebutuhan penerangan di malam hari. Data hasil pengujian proses pengisian baterai, ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian proses pengisian baterai sistem PLTS

Jam	Intensitas Cahaya (Lux)	Pengisian Output Arus PV ke Batarray (A)	Tegangan Output panel Surya (V)	Kondisi Batteary (V)	Kondisi Suhu PV (°C)
08.00	732,3	3,6	16,5	13,2	30
08.30	623,6	3,2	16,4	13,3	30
09.00	687,2	3,42	16,5	13,4	34
09.30	1.287,2	5,7	19	13,5	39
10.00	1.250,5	5,7	18,5	13,7	39
10.30	1.321,3	6,1	20	14,00	45
11.00	1.453,4	6,1	20	14,2	45
11.30	1.425,7	0	20	14,6	40

Dari hasil pengujian sistem PLTS untuk proses pengisian baterai, dimana pengujian yang dilakukan selama 3.5 jam, dimulai dari jam 8.00 sampai dengan jam 11.30, terlihat bahwa proses pengisian baterai dari panel surya tergantung dari besarnya arus pengisian panel surya ke baterai, dimana waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian baterai dengan kapasitas baterai terdeteksi sebesar 13,2 volt sampai terisi penuh pada tegangan 14.6 volt adalah selama 3.5 jam. Dari data hasil pengujian pada Table 2 juga memperlihatkan bahwa proses pengisian baterai bergantung dari besarnya intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya. Seperti contoh untuk besarnya intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya sebesar 723 lux, akan menghasilkan arus pengisian ke baterai sebesar 3.6 ampere, sedangkan untuk intensitas cahaya matahari sebesar 1.453.4 akan menghasilkan arus listrik sebesar 6.1 ampere untuk proses pengisian ke baterai, dimana waktu yang dibutuhkan untuk proses pengisian baterai dari tegangan 14,2 volt ke 14,6 volt adalah selama kurang lebih 30 menit.

3.2. Pengujian Kinerja Sistem PLTS Saat Proses Penerangan Di Malam Hari

Pengujian kinerja sistem PLTS saat proses penerangan di malam hari di lokasi objek wisata kawasan hutan mangrove di desa Budo, dilakukan saat sistem PLTS secara otomatis telah menyalakan lampu sebagai media penerangan, saat tegangan keluaran dari panel surya terdeteksi sebesar 0 volt. Kondisi ini terjadi karena panel surya sudah tidak menghasilkan tegangan keluaran, dikarenakan intensitas cahaya matahari telah turun dibawah 10 lux, dan waktu penyalakan lampu sebagai media penerangan pada jam 18.00. Data hasil pengujian kinerja sistem PLTS saat proses penerangan di malam hari diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian kinerja sistem PLTS saat proses penerangan di malam hari

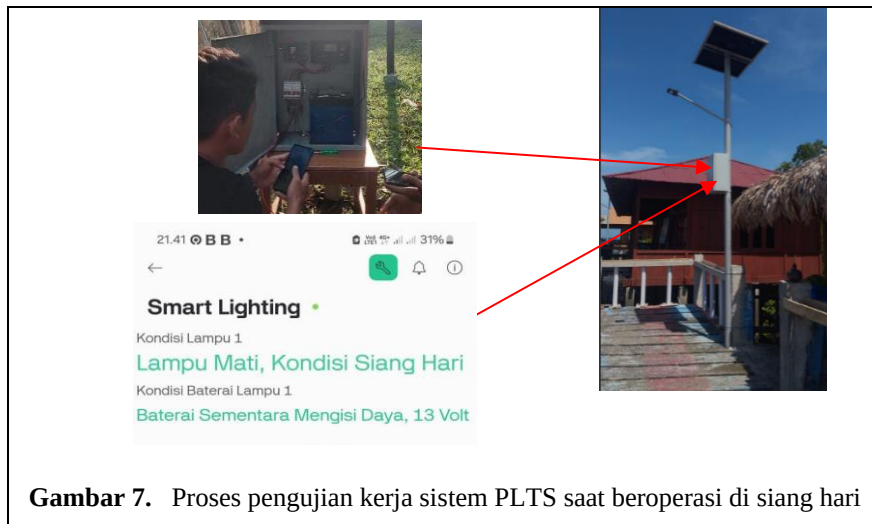
Waktu (jam)	Intensitas cahaya Lampu (Lux)	Konsumsi Arus Listrik Beban Lampu DC 30 Watt (A)	Tegangan Bateray (V).
18:10	1200	1,6	14,1
18:40	1185	1,4	13,2
19:10	1185	1,4	13,2
19:40	1185	1,4	13,2
20:10	1185	1,4	13,2
20:40	1185	1,4	13,2
21:10	1185	1,4	13,2
21:40	1185	1,4	13,2
22:10	1185	1,4	13,2
22:40	1185	1,4	13,2
23 :10	1185	1,4	13,2
23:40	1185	1,4	13,2
00:10	1125	1,3	13,2
00:40	1125	1,3	13,2
01:10	1125	1,3	13,2
01:40	1125	1,3	13,2
02:10	1125	1,3	13,2
02:40	1125	1,3	13,2
03.10	1125	1,3	13,2
03.40	1125	1,3	13,2
04.10	1125	1,3	13,2
04.40	1125	1,3	13,2
05.10	1125	1,3	13,2
05.40	1125	1,3	13,2
06:00	0	0	13,3

Dari hasil pengujian seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3, terlihat bahwa sistem PLTS yang dihasilkan dapat memberikan pencahayaan selama 12 jam, sebagai kebutuhan penerangan di lokasi objek wisata hutan mangrove desa budo. Data hasil pengujian memperlihatkan bahwa saat proses pencahayaan dari sistem PLTS aktif, tegangan baterai terdeteksi sebesar 14.1 volt dengan besarnya arus yang dikonsumsi oleh lampu dengan daya 30 waat adalah sebesar 1.6 Ampere. Kapasitas daya baterai akan berkurang seiring dengan waktu pembebanan penerangan dari sistem PLTS, dimana setelah proses pembebanan berlangsung selama 12 jam, terlihat penurunan kapasitas baterai dari 14.1 volt menjadi 13.2 volt. Seiring berkurangnya kapasitas daya baterai, maka akan berdampak pada penurunan suplai arus listrik ke beban (lampu), sehingga intensitas cahaya yang dihasilkan oleh proses pencahayaan lampu akan berkurang. Seperti contoh saat jam 18.10, terlihat bahwa kapasitas tegangan baterai terdeteksi sebesar 14.1 volt dengan arus beban terdeteksi sebesar 1.6 ampere dan besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu sebesar 1.200 lux. Seiring dengan lamanya proses pembebanan terhadap sistem PLTS, maka kapasitas daya listrik dari baterai juga akan berkurang, dimana berdasarkan hasil pengujian pada jam 5.40, terlihat bahwa kapasitas tegangan baterai telah turun sebesar 0.9 volt menjadi 13.2 volt.

3.3. Pengujian Kinerja Sistem Monitoring Terhadap Kerja Sistem PLTS Berbasis IoT

Pengujian kinerja sistem monitoring terhadap kerja sistem PLTS berbasis IoT, dilakukan untuk mendapatkan data sehubungan dengan kinerja sistem monitoring dalam proses monitoring kondisi sistem PLTS, dimana proses monitoring ini mencakup: memonitoring kondisi sistem PLTS saat proses pengisian baterai di siang hari, memonitoring kondisi sistem PLTS di malam hari saat proses pencahayaan dan memonitoring kondisi lampu sebagai media penerangan, apakah dalam kondisi baik atau rusak. Adapun data hasil monitoring akan dikirimkan dari sistem PLTS ke *web server*, sehingga dapat dipantau oleh pengguna disembarang tempat melalui perangkat *user* dalam hal ini perangkat *smart phone*.

Proses pengujian kerja sistem PLTS saat beroperasi di siang hari, sehubungan dengan proses pengisian baterai, dimana proses monitoringnya diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses pengujian kerja sistem PLTS saat beroperasi di siang hari

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada sistem PLTS, terlihat melalui aplikasi *web server* yang tertanam pada perangkat *smart phone*, saat kondisi panel surya masih menghasilkan output tegangan, maka kontroler akan mengolah datanya dan mengirimkan informasi ke *web server* bahwa kondisi lampu dalam keadaan mati, karena masih dalam kondisi siang hari, dan kondisi baterai sementara mengisi daya, dimana tegangan baterai terbaca sebesar 13 Volt.

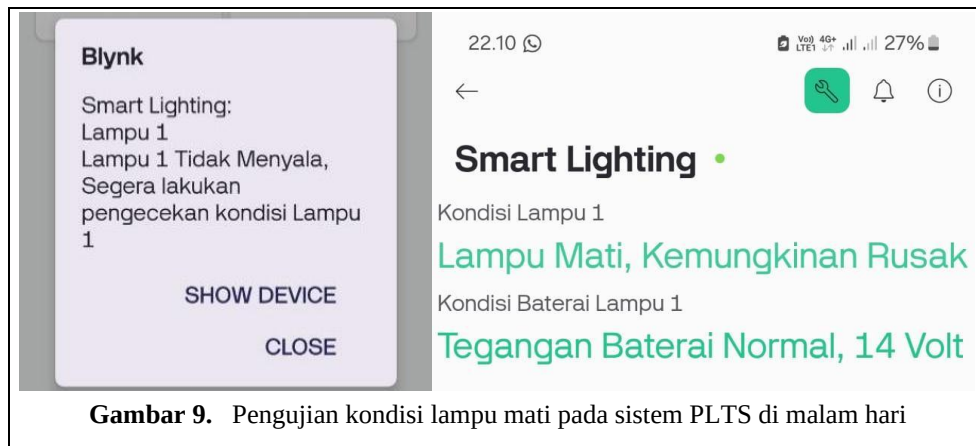
Proses pengujian kerja sistem PLTS di malam hari saat proses pencahayaan, dimana proses monitoringnya diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses pengujian kerja sistem PLTS di malam hari saat proses pencahayaan

Dari hasil pengujian yang dilakukan, untuk kondisi malam hari, maka hasil monitoring seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8, terlihat bahwa penerapan teknologi IoT pada sistem PLTS dapat memantau kondisi sistem PLTS, dimana untuk hasil monitoringnya terlihat bahwa saat terdeteksi malam hari (tegangan keluaran panel surya terdeteksi 0 volt), maka informasi yang diterima di *web server*, menunjukkan bahwa lampu untuk penerangan di lokasi wisata hutan mangrove desa budo dalam kondisi menyala dan tegangan baterai masih dalam kondisi normal, dimana tegangan baterai yang terbaca sebesar 13 Volt.

Jika kondisi di malam hari dan lampu dalam keadaan mati dan terdeteksi arus bebannya 0 ampere, maka kontroler akan menginformasikan ke *web server* berupa notifikasi kondisi yang terjadi. Seperti contoh untuk kondisi lampu pada sistem PLTS, dimana lampu terdeteksi dalam kondisi mati saat malam hari, maka informasi yang dikirimkan ke *web server* dalam bentuk notifikasi dan informasi pada bagian *dashboar*-nya, dimana hasil pengujiannya diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengujian kondisi lampu mati pada sistem PLTS di malam hari

Dari hasil pengujian yang dilakukan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9, terlihat bahwa saat terdeteksi lampu tidak menyala di malam hari, notifikasi yang diterima di perangkat *smart phone* berupa kondisi lampu pada sistem PLTS dalam kondisi tidak menyala, hal ini dapat dijadikan acuan bagi pengguna untuk melakukan pemeriksaan ke lokasi terpasangnya sistem PLTS, dan pengguna dapat melakukan proses pengecekan dan perbaikan untuk kondisi yang terdeteksi tersebut.

Hal yang sama dengan kondisi lampu tidak menyala juga berlaku untuk pengecekan kondisi dari kapasitas baterai, dimana saat terindikasi tegangan baterai telah turun dibawah 11.7 volt, maka secara otomatis sistem PLTS akan menonaktifkan lampu untuk menjaga kondisi baterai agar tidak terjadi pengurasan daya baterai yang dapat berdampak pada masa pakai baterai.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem PLTS mampu menyediakan penerangan yang memadai di lokasi objek wisata hutan mangrove desa Budo pada malam hari, dimana penerangannya akan aktif secara otomatis, saat kondisi intensitas cahaya matahari telah dibawah dari 10 lux, dengan tegangan keluaran panel surya terdeteksi sebesar 0 volt. Sistem penerangan dari PLTS akan aktif mulai selama kurang lebih 12 jam, dari jam 18.00 wita sampai jam 5.40 wita, saat kondisi intensitas cahaya matahari telah melebihi 50 lux, maka secara otomatis sistem penerangannya akan dinonaktifkan. Kinerja dari Sistem PLTS ini juga dapat dipantau di sembarang tempat melalui penerapan teknologi IoT, dimana pemantauannya berhubungan dengan kondisi proses pencahayaan di lokasi objek wisata yang di suplai melalui sistem PLTS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Manado yang telah memfasilitasi penelitian ini dan kepada panitia penyelenggara semnas ini yang telah memberikan kesempatan untuk mempresentasikan hasil penelitian ini serta kepada rekan-rekan baik peneliti dan rekan-rekan dosen yang telah berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Awali, K. R., Saroinsong, F. B., & Kalitouw, D. W., (2023), Penilaian Manfaat Ekowisata Hutan Mangrove Desa Budo Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara. *AGRI-SOSIOEKONOMI*, Vol. 19, No. 1, DOI: <https://doi.org/10.35791/agrsosek.v19i1.46855>.
- Gumalang, A. B., Lolowang, T. F., & Memah, M. J., (2023), Strategi Pengembangan Wisata Hutan Mangrove di Desa Budo Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara, *AGRI-SOSIOEKONOMI*, Vol. 19, No. 3, DOI: <https://doi.org/10.35791/agrsosek.v19i3.50606>
- Muhammad K. A, Ach M. Z., Fauzan B., Nurlia P. S., Wirawan W., (2024), Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penerangan di Lokasi Ekowisata Mangrove Lembung, Desa Lembung, Kecamatan Galis Kabupaten Pamekasan, *Jurnal VENUS*, Vol. 2, No. 5. DOI: <https://doi.org/10.61132/venus.v2i5.600>
- Windarta, J., Purnaweni, H., & Wardaya, A. Y., (2023), Pemanfaatan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, Vol. 4, No. 1, hal. 7-14.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.16965>
- Windarta J. , Hartuti P., Asep Y. W., Bimo B., Ardhito P., (2018), Diseminasi Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Kawasan Pulau Cemara Sebagai Pulau Mandiri Energi, *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO)*, Bandung, Indonesia
- Putri, T. M., & Kartini, U. T., (2024), Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid untuk Skala Rumah Tangga. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, Vol. 14, No. 1,
DOI: <https://doi.org/10.26740/jte.v14n1.p16-22>
- Soedjarwanto N., Komalasari E., Asyraf Fardhan S., (2022), Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Dengan Baterai Dan Terhubung Grid Di Nias, Sumatera Utara, *Jurnal Teknik Ilmu Dan Aplikasi*, Vol. 3, No. 2, 35–41
- Megantoro, P., Syahbani, M. A., Sukmawan, I. H., Perkasa, S. D., Vigneshwaran, P., (2022), *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, Vol. 11, No. 5, DOI: <https://doi.org/10.11591/eei.v11i5.3962>
- Kusumaning Tiyas, P., Widyartono, M., 2019, Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya, *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, Vol. 9, No. 1, DOI: <https://doi.org/10.26740/jte.v9n1.p%p>
- Ramschie A, Katuuk R., Eksan S., (2023), IoT Implementation for Monitoring and Controlling Solar Power Plant Systems. *International Journal of Computer Applications*. Vol. 185, No. 37, Hal. 23-31, DOI= 10.5120/ijca2023923177
- Anggoro M. A., Amperawan, (2024), Implementasi Plts Off-Grid 200 Wp Dengan Sistem Monitoring Beban Berbasis Arduino Uno, Vol. 17, No. 3, DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14004912>
