

Perencanaan PLTS Rooftop Pada Pulau Wisata Gusung Toraja

Esty Yunus Yunus¹, Muhammad Taufiq Enri Rahman Taufik², Adeaksa Samsul Ade³,
A.M. Shiddiq Yunus⁴, Musrady Mulyadi⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-mail korespondensi: shiddiq@poliupg.ac.id

Abstract: *This study aims to determine the capacity of rooftop solar power plants to meet electricity needs on Gusung Toraja Island, design appropriate technical designs, and analyze the technical, economic, and environmental feasibility of the project. The method used is quantitative research with modeling using PVsyst, AutoCAD, and SketchUp software. Data were collected through interviews and observations. The design results show a power capacity of 5 kWp, energy production of 7,842 kWh/year, and an initial investment cost of IDR 197,117,200. Economic analysis shows an NPV of IDR 313,256,802 and a payback period of 15 years and 4 months, with an annual energy cost of IDR 3,714/kWh. PV system simulation produces an energy cost of IDR 1,296/kWh, an NPV of IDR 196,859,802, and a payback period of 12.2 years. With a positive NPV, a payback period shorter than the project life, a Profitability Index (PI) of 1.6, and an IRR higher than the interest rate, this investment is declared feasible and sustainable.*

Keywords: *Off Grid PLTS; Rooftop PLTS; Gusung Toraja Island; PVsyst*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menentukan kapasitas PLTS rooftop untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Gusung Toraja, merancang desain teknis yang sesuai, serta menganalisis kelayakan teknis, ekonomi, dan lingkungan proyek tersebut. Metode yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pemodelan menggunakan perangkat lunak PVsyst, AutoCAD, dan SketchUp. Data dikumpulkan melalui wawancara dan observasi. Hasil perancangan menunjukkan kapasitas daya 5 kWp, produksi energi 7.842 kWh/tahun, dan biaya investasi awal Rp 197.117.200. Analisis ekonomi menunjukkan NPV Rp 313.256.802 dan periode pengembalian modal 15 tahun 4 bulan, dengan biaya energi tahunan Rp 3.714/kWh. Simulasi PVsyst menghasilkan biaya energi Rp 1.296/kWh, NPV Rp 196.859.802, dan periode pengembalian 12,2 tahun. Dengan NPV positif, periode pengembalian yang lebih pendek dari umur proyek, Profitability Index (PI) 1,6, dan IRR yang lebih tinggi dari suku bunga, investasi ini dinyatakan layak dan berkelanjutan.

Kata kunci : PLTS *Off Grid*; PLTS *Rooftop*; Pulau Gusung Toraja; PVsyst

I. PENDAHULUAN

Pulau Gusung Toraja merupakan sebuah pulau kecil yang terletak di perairan Teluk Mandar, tepatnya di wilayah Tonyamang, Kecamatan Binuang, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat, Indonesia. Secara koordinat geografis, Pulau Gusung Toraja terletak pada 3°26'35" Lintang Selatan dan 118°55'20" Bujur Timur [1]. Pulau ini berjarak sekitar 30 km dari Ibukota Kabupaten Polewali Mandar yang dapat ditempuh dengan perjalanan laut menggunakan kapal atau perahu nelayan. Dengan luas sekitar 2,5 km persegi, Pulau Gusung Toraja memiliki bentuk memanjang dengan panjang sekitar 3 km dan lebar sekitar 1 km. Pulau ini dikelilingi oleh perairan yang cukup dangkal dengan kedalaman rata-rata hanya sekitar 4 -10 meter, sehingga memungkinkan untuk berenang dan menikmati terumbu karang di sekitarnya [2].

Namun, di balik keindahan alamnya, Pulau Gusung Toraja menghadapi kendala terbatasnya akses listrik. Selama ini, pulau ini mengandalkan pembangkit listrik tenaga diesel yang tidak ramah lingkungan, mahal biaya operasionalnya, serta pasokan bahan bakar yang terbatas [3]. Kondisi ini dapat menghambat upaya pengembangan fasilitas wisata yang memadai dan berkelanjutan. Oleh karena itu, sebuah inisiatif direncanakan untuk memasang pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *Rooftop* di Pulau Gusung Toraja dalam rangka mendukung pengembangan pariwisata yang ramah lingkungan.

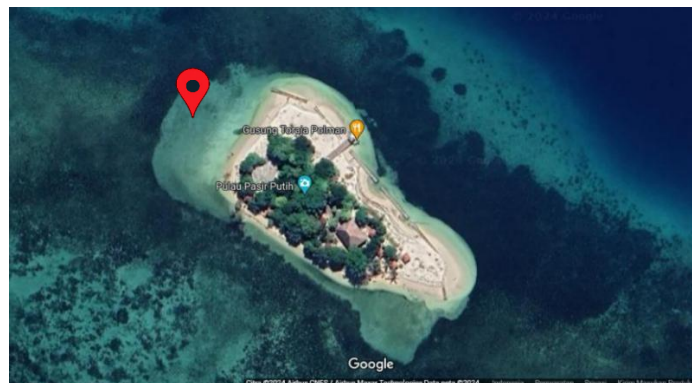
Berdasarkan Permen ESDM No. 2/2024 tentang PLTS atap yang terhubung pada jaringan tenaga listrik IUPTLU (Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum), sistem pembangkit surya atap adalah pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan modul *fotovoltaik* yang dipasang dan

diletakkan pada atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan milik pelanggan PLTS atap serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik pelanggan PLTS atap dimana yang bertujuan menghemat tagihan listrik, mendapat listrik dari sumber energi terbarukan, dan berkontribusi menurunkan emisi gas rumah kaca. Penggunaan sistem PLTS atap sebagaimana pasal 5, wajib memperhatikan keamanan dan keandalan operasi jaringan tenaga listrik pemegang IUPTLU sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang ketenagalistrikan [4-7].

Konsep PLTS *rooftop* dipilih dengan mempertimbangkan keterbatasan lahan daratan di pulau kecil tersebut. Sistem ini diharapkan dapat menghasilkan listrik secara mandiri, efisien, dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Gusung Toraja. Listrik yang dihasilkan PLTS *rooftop* akan digunakan untuk menyuplai kebutuhan akomodasi wisata, penerangan area publik, operasional fasilitas wisata, serta kebutuhan lainnya. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan pariwisata berkelanjutan di Pulau Gusung Toraja, sekaligus menjaga kelestarian lingkungan alam yang menjadi daya tarik utama destinasi wisata tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian perencanaan ini dilakukan di Pulau Gusung Toraja yang terletak di perairan Teluk Mandar, tepatnya di wilayah Tonyamang, Kecamatan Binuang, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat, Indonesia. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode yang berisi tentang pengolahan data berupa angka. Dimana pada penyusunan penelitian ini akan mengumpulkan data primer kemudian dilakukan perencanaan PLTS menggunakan perangkat lunak PVsyst 7.4, Autocad dan SketchUp



Gambar 1. Lokasi Wisata Pulau Gusung Toraja

A. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan melalui dua metode utama: observasi langsung dan studi literatur. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data Primer:

- Luas area atap rumah yang akan di tempatkan untuk PLTS
- Data daya yang dibutuhkan pada Wisata Pulau Gusung Toraja
- Dimensi dan spesifikasi PLTS *Rooftop*

2. Data Sekunder:

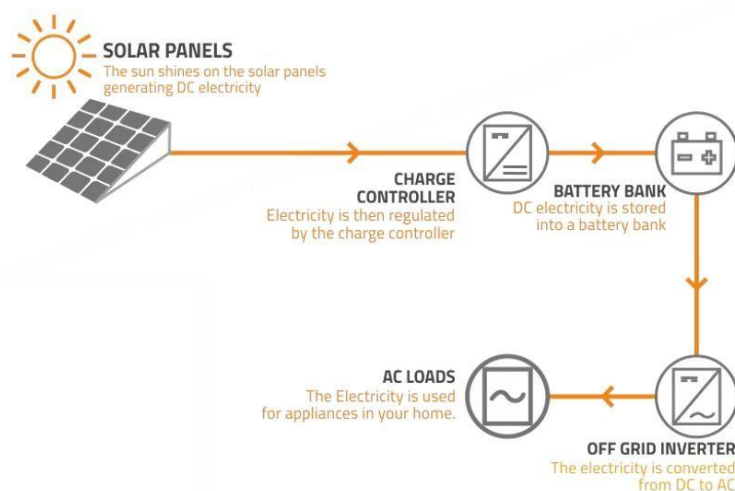
- Data radiasi matahari wilayah Polewali Mandar (sumber: Meteonorm 8.1)
- Data temperatur wilayah Polewali Mandar (sumber: Meteonorm 8.1)
- Spesifikasi dan harga komponen PLTS dari berbagai produsen

Pengumpulan data primer dilakukan melalui survei lapangan dan wawancara dengan Pengelola Wisata Pulau Gusung Toraja. Untuk data sekunder, selain menggunakan database Meteonorm, juga dilakukan studi literatur dari jurnal ilmiah, laporan teknis, dan katalog produsen komponen PLTS.

B. Perancangan PLTS

Perancangan PLTS dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Analisis kebutuhan beban listrik:
 - Identifikasi semua peralatan listrik di Pulau Gusung Toraja
 - Penghitungan konsumsi energi harian berdasarkan daya dan durasi penggunaan peralatan
2. Perhitungan kapasitas PLTS yang dibutuhkan:
 - Penentuan Peak Sun Hours (PSH) berdasarkan data radiasi matahari
 - Perhitungan kapasitas panel surya menggunakan faktor keamanan 1,3
3. Penentuan jumlah dan konfigurasi panel surya:
 - Pemilihan jenis panel surya (monocrystalline/polycrystalline)
 - Perhitungan jumlah panel berdasarkan kapasitas yang dibutuhkan
 - Perancangan konfigurasi seri-paralel panel surya
4. Perhitungan kapasitas baterai:
 - Penentuan hari otonomi (biasanya 1-3 hari)
 - Perhitungan kapasitas baterai dengan mempertimbangkan Depth of Discharge (DoD)
5. Penentuan kapasitas dan spesifikasi inverter:
 - Pemilihan inverter yang sesuai dengan kapasitas sistem
 - Pertimbangan faktor oversize 1,2-1,3 kali kapasitas panel surya
6. Perancangan sistem proteksi dan pengkabelan:
 - Penentuan ukuran kabel berdasarkan arus maksimum
 - Pemilihan komponen proteksi (MCB, fuse, surge arrester)



Gambar 2. Skema Desain PLTS Offgrid

Simulasi perancangan PLTS dilakukan menggunakan software PVSyst 7.4 :

- Input data meteorologi (radiasi matahari, temperatur)
- Pemodelan sistem PLTS termasuk pemilihan komponen
- Analisis performa teknis termasuk losses dan performance ratio

C. Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan dengan menggunakan beberapa metode penilaian investasi:

1. Net Present Value (NPV):
 - Perhitungan arus kas masuk dan keluar selama umur proyek

- Penentuan tingkat diskonto berdasarkan WACC (Weighted Average Cost of Capital)
- Perhitungan NPV menggunakan persamaan standar
- 2. Internal Rate of Return (IRR):
 - Penentuan IRR menggunakan metode interpolasi
 - Perbandingan IRR dengan MARR (Minimum Attractive Rate of Return)
- 3. Payback Period (PP):
 - Perhitungan waktu pengembalian investasi
 - Analisis sensitivitas PP terhadap perubahan biaya dan pendapatan
- 4. Benefit Cost Ratio (BCR):
 - Identifikasi dan kuantifikasi manfaat langsung dan tidak langsung

Perhitungan rasio manfaat terhadap biaya Parameter yang digunakan dalam analisis meliputi:

- Biaya investasi awal (CAPEX)
- Biaya operasional dan pemeliharaan tahunan (OPEX)
- Estimasi produksi energi tahunan
- Inflasi dan eskalasi harga listrik
- Umur proyek (umumnya 25 tahun)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan Energi

Berdasarkan hasil survei dan analisis data operasional pada Wisata Pulau Gusung Toraja, total kebutuhan energi harian adalah sebesar 22,2 kWh. Rincian konsumsi energi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Energi Listrik Harian Wisata Pulau Gusung Toraja

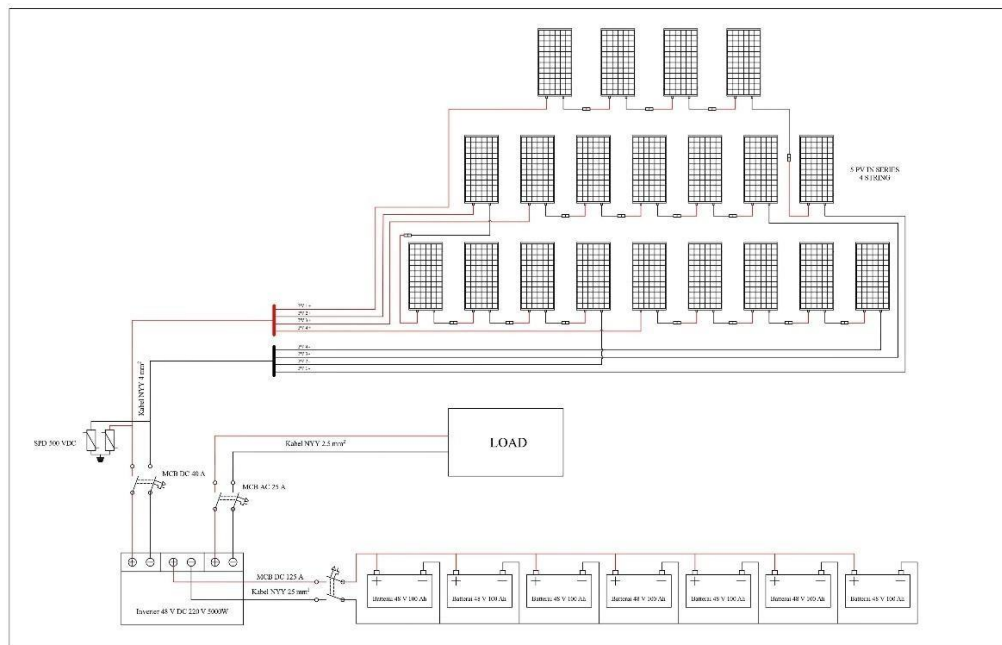
No.	Jenis Peralatan / Beban	Jumlah (Unit)	Daya (Watt)	Daya Total (Watt)	Operasi per Hari (Jam)	Kebutuhan (Wh)
1	Lampu Gazebo	10	10	100	12	1.200
2	Lampu Kantin 1	2	8	16	9	144
3	Lampu Kantin 2	2	8	16	9	144
4	Lampu Musollah	2	8	16	6	96
5	Lampu Ruangan 1	1	8	8	7	56
6	Lampu Ruangan 2	1	8	8	7	56
7	Lampu Ruangan 3	1	8	8	7	56
8	Lampu Dapur	1	10	10	8	80
9	Lampu Teras	1	15	15	12	180
10	Lampu Taman	4	20	80	9	720
11	Lampu Toilet	2	5	10	6	60
12	Lampu Pos	1	8	8	12	96
13	Kipas Pos	1	55	55	5	275
14	Kipas Rumah	1	90	90	4	360
15	Kulkas Rumah	1	160	160	24	3.840
16	Kulkas Kantin 1	1	180	180	24	4.320
17	Kulkas Kantin 2	1	180	180	24	4.320
18	Penanak Nasi 1	1	250	250	2	500
19	Penanak Nasi 2	1	230	230	2	460
20	Dispenser Kantin 1	1	350	350	3	1.050
21	Dispenser Kantin 2	1	300	300	3	900
Total Beban Existing				2.090		18.913
22	Mesin Ro	1	1.100	1.100	3	3.300
Total Beban Existing + SWRO				3.190		22.213

Total kebutuhan energi harian adalah 22,2 kWh, dengan beban puncak 2,2 kW.

B. Perancangan PLTS

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi, diperoleh desain PLTS Offgrid dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Kapasitas PLTS: 5 kWp
2. Jumlah panel surya: 2 unit (250 Wp per panel)
3. Konfigurasi: 4 string, setiap string terdiri dari 5 panel terhubung seri
4. Inverter: 1 unit inverter 5 kW
5. Baterai: 7 unit baterai lithium-ion, total kapasitas 33,6 kWh



Gambar 3. Wiring Diagram Sistem PLTS Offgrid

Panel Surya

Panel surya yang dipilih adalah jenis monocrystalline dengan kapasitas 250 Wp per panel. Pemilihan ini didasarkan pada efisiensi tinggi (16,9%) dan performa yang baik dalam kondisi radiasi rendah. Konfigurasi seri 5 panel menghasilkan tegangan sistem DC sebesar 144 V, yang sesuai dengan range input inverter yang dipilih.

Inverter

Inverter 5 kW dipilih untuk mengakomodasi beban puncak yang berfungsi merubah arus AC ke DC. Inverter ini dilengkapi dengan MPPT (Maximum Power Point Tracking) ganda untuk optimasi produksi energi.

Baterai

Sistem penyimpanan energi menggunakan baterai lithium-ion 48V 100Ah sebanyak 7 unit. Pemilihan baterai lithium-ion didasarkan pada umur pakai yang panjang, efisiensi tinggi, dan kemampuan deep discharge. Total kapasitas penyimpanan 33,6 kWh memungkinkan sistem untuk menyuplai beban selama kurang dari 2 hari.

C. Hasil Simulasi Produksi Energi

Hasil simulasi produksi energi tahunan dari dua metode berbeda ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Simulasi Produksi Energi Tahunan

Metode	Produksi Energi (kWh/tahun)
Perhitungan Manual	8.107
PVsyst	8.533

Perbedaan hasil ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor:

1. Metode perhitungan: Perhitungan manual cenderung menghasilkan estimasi yang lebih optimis karena tidak memperhitungkan semua faktor losses.
2. Pemodelan losses: PVsyst memodelkan losses sistem secara lebih detail, termasuk losses akibat temperatur, shading, dan mismatch, yang menghasilkan estimasi yang lebih konservatif.
3. Asumsi efisiensi: Software PVSyst menggunakan asumsi efisiensi komponen yang sedikit berbeda, yang berkontribusi pada perbedaan hasil akhir.

D. Analisis Performa Teknis

Berdasarkan hasil simulasi PVsyst, diperoleh beberapa parameter performa kunci:

1. Performance Ratio (PR): 75,35%
2. Specific Yield: 451.53 kWh/kWp/tahun
3. System Losses: 28,4%

Performance Ratio 75,35% menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan efisiensi yang cukup baik, mengingat lokasi tropis dengan suhu tinggi yang dapat menurunkan efisiensi panel surya.

E. Analisis Kelistrikan

Sistem kelistrikan PLTS Hybrid dirancang dengan mempertimbangkan keamanan dan efisiensi. Spesifikasi pengkabelan dan proteksi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Instalasi panel surya ke inverter:
 - Kabel: NYY 4 mm²
 - Proteksi: MCB DC 40 A, SPD DC 500 V
2. Instalasi inverter ke baterai:
 - Kabel: NYY 25 mm²
 - Proteksi: MCB DC 125 A
3. Instalasi inverter ke beban:
 - Kabel: NYY 2,5 mm²
 - Proteksi: MCB AC 25 A

Pemilihan ukuran kabel dan proteksi ini memastikan keamanan sistem dan meminimalkan losses akibat resistansi kabel.

F. Analisis Kelayakan Ekonomi

Hasil analisis kelayakan ekonomi menunjukkan:

1. Net Present Value (NPV): Rp313.256.802
2. Internal Rate of Return (IRR): 12,19%
3. Payback Period: 15,4 Tahun
4. Benefit Cost Ratio (BCR): 1,6 >1

Hasil analisis menunjukkan bahwa proyek ini layak untuk dilaksanakan dari segi ekonomi. NPV positif menunjukkan bahwa proyek akan menghasilkan keuntungan bersih selama masa hidupnya. IRR yang lebih tinggi dari tingkat diskonto menunjukkan bahwa tingkat pengembalian proyek lebih tinggi dari biaya modal. Payback period kurang dari setengah umur proyek juga menunjukkan bahwa investasi dapat kembali dalam waktu yang relatif cepat. BCR lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa manfaat proyek lebih besar dari biayanya.

G. Desain Layout 3D

Perencanaan sistem PLTS *Offgrid* ini dilakukan dengan melakukan gambar ulang tata letak dari

penempatan komponen seperti panel surya, inverter, dan baterai, serta berbagai komponen lainnya dengan menggunakan *software* Sketchup Pro. Adapun penggambaran tata letak perencanaan ini dalam bentuk 3D dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Ilustrasi Hasil Desain PLTS di WisataPulau Gusung Toraja

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Analisis kebutuhan listrik di Pulau Gusung Toraja menunjukkan kebutuhan harian rata-rata mencapai 22.213 Wh, yang memerlukan kapasitas PLTS rooftop sebesar 5 kWp. Potensi radiasi matahari di wilayah ini adalah 5,72 kWh/m²/hari, menjadikannya cocok untuk pemanfaatan energi surya.
2. Desain sistem PLTS off-grid menggunakan 20 panel surya Canadian Solar 250 Wp yang dikonfigurasi dalam 4 string (5 panel seri) untuk total kapasitas 5 kWp. Sistem ini dilengkapi inverter Sako 5 kW dan 7 baterai ZTE 48V 100 Ah untuk memastikan pasokan listrik yang stabil dan optimalisasi ruang di atap rumah.
3. Analisis ekonomi menunjukkan investasi awal Rp 197.117.200 dengan biaya energi tahunan Rp 3.714/kWh dan NPV Rp 313.256.802. Simulasi PVsyst menghasilkan biaya energi Rp 1.296/kWh, NPV Rp 196.859.791, dan periode pengembalian modal 12,2 tahun. Dengan NPV positif, periode pengembalian lebih pendek dari umur proyek, Profitability Index (PI) 1,6, dan IRR yang lebih tinggi dari suku bunga, investasi ini dinyatakan layak.

Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang potensi dan tantangan penggunaan PLTS Offgrid untuk kebutuhan wisatawan, serta mendukung pengembangan solusi energi terbarukan yang lebih efektif dan berkelanjutan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. S., Parawansa, Ningsih, I. F., & Omar, S. B. A. (2020). Biodiversitas Lamun di Perairan Kepulauan Tonyaman, Kabupaten Polewali Mandar. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan*, 7.
- [2] S. B. A., Omar, Duma, D., Rahim, S. W., Parawansa, B. S., & Umar, M. T. (2020). Keanekaragaman Echinoidea di Kepulauan Tonyaman, Polewali Mandar Echinoidea diversity in Tonyaman Island, Polewali Mandar. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan*, 7.
- [3] A. L., Irwan & Nawawi, J. (2021). Analisis Pengembangan Pariwisata di Kecamatan Binuang Kabupaten Polewali Mandar. *GOVERNMENT: Jurnal Ilmu Pemerintahan*, 35-45.
- [4] Peraturan Menteri Negeri dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2021 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang Terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang izin usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum. <https://drive.esdm.go.id/> , diakses 24 April 2024.
- [5] S. Modjo, "PLN vs Energi Terbarukan: Peraturan Menteri ESDM Terkait Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap," *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 19-40, 2019.
- [6] R. A. N. R. A. Nugraha, M. D. M. Dzikron, B. S. U. P. B. Satrio, and U. Prawiraharjo, "Analisis Yuridis Implementasi Keselamatan Ketenagalistrikan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel: Perubahan Regulasi dari Izin Operasi Ke IUPTLS dan Implikasi Hukumnya Bagi Perusahaan," *Knowledge on Sustentive Order, Litigation, Decree, Arbitration, Statute, & Imperatives*, vol. 1, no. 1, pp. 37-54, 2025.
- [7] H. Bayu and J. Windarta, "Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia," *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 123-132, 2021.