Jurnal Nasional Teknologi Komputer
Vol.5; No: 3; Juli 2025
Website: publikasi.hawari.id/index.php/jnastek
E-ISSN: 2808-4845; P-ISSN: 2808-7801

Makalah Penelitian

Analisis Lingkungan dan Sosial atas Implementasi Penerangan Jalan Umum Berbasis PLTS

M Rizki Liano[1], God Friend Pastian Lase[2], Roberto Yusuf Loi[3], Zuraidah Tharo[4]

[1,2,3,4]Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
mrizkiliano125@gmail.com[1], ariellase180@gmail.com[2], roberto2019ajja@gmail.com[3], zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id[4*]

Corresponding Author: Zuraidah Tharo

ABSTRACT

Public Street Lighting (PJU) based on Solar Power Plants (PLTS) is one of the renewable energy solutions that is starting to be widely applied in Indonesia, especially in areas that have not been reached by conventional electricity networks. This study aims to examine the environmental and social impact of the implementation of PJU PLTS in two regions with different characteristics. The method used is qualitative descriptive with the support of quantitative data, through interviews, observations, and questionnaire dissemination. The results of the study show that PJU PLTS is able to reduce carbon emissions, improve the visual quality of the night environment, and create a safe and productive space for the community. Social impacts include increasing a sense of security, growing night-time economic activities, and strengthening the social cohesion of citizens. However, challenges such as lack of technical education and community participation are still to be found. This study recommends increasing citizen involvement, battery waste management, and strengthening project sustainability monitoring. These findings reinforce the importance of a sustainable and inclusive approach in renewable energy projects at the local level.

Keywords: *PJU PLTS, Renewable Energy, Social Impact, Environmental Impact, Community Participation.*

ABSTRAK

Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu solusi energi terbarukan yang mulai banyak diterapkan di Indonesia, khususnya di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak lingkungan dan sosial dari implementasi PJU PLTS di dua wilayah dengan karakteristik berbeda. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan dukungan data kuantitatif, melalui wawancara, observasi, dan penyebaran kuesioner. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PJU PLTS mampu menurunkan emisi karbon, meningkatkan kualitas visual lingkungan malam hari, serta menciptakan ruang aman dan produktif bagi masyarakat. Dampak sosial mencakup peningkatan rasa aman, pertumbuhan aktivitas ekonomi malam, dan penguatan kohesi sosial warga. Meski demikian, tantangan seperti kurangnya edukasi teknis dan partisipasi masyarakat masih ditemukan. Penelitian ini merekomendasikan peningkatan pelibatan warga, pengelolaan limbah baterai, dan penguatan monitoring keberlanjutan proyek. Temuan ini memperkuat pentingnya pendekatan berkelanjutan dan inklusif dalam proyek energi terbarukan di tingkat lokal.

Kata Kunci: *PJU PLTS, Energi Terbarukan, Dampak Sosial, Dampak Lingkungan, Partisipasi Masyarakat*

1. Pendahuluan

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan infrastruktur penting dalam mendukung aktivitas masyarakat, terutama pada malam hari. Keberadaan PJU tidak hanya berperan dalam meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan, tetapi juga mendukung kelancaran mobilitas serta kegiatan ekonomi di wilayah perkotaan maupun perdesaan. Namun demikian, kebutuhan energi untuk mengoperasikan sistem PJU dalam skala luas kerap menjadi tantangan, khususnya di daerah yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional [1]. Hal ini mendorong pemerintah dan berbagai pemangku kepentingan untuk mencari solusi yang efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan[2].

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Salah satu alternatif solusi yang kini banyak diimplementasikan adalah penggunaan PJU berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [3]. Teknologi ini memanfaatkan energi matahari sebagai sumber daya utama untuk menghasilkan listrik, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil serta menekan emisi gas rumah kaca. Implementasi PJU PLTS dinilai sejalan dengan agenda transisi energi bersih serta target pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya poin ke-7 (energi bersih dan terjangkau) dan ke-13 (penanganan perubahan iklim). Di Indonesia, program percepatan pemanfaatan energi baru dan terbarukan melalui PJU PLTS telah digalakkan oleh pemerintah melalui berbagai skema, termasuk kerja sama antar-lembaga, program CSR perusahaan, dan inisiatif masyarakat [4], [5], [6], [7].

Meski demikian, pembangunan PJU PLTS juga memunculkan sejumlah pertanyaan mengenai dampak jangka panjangnya terhadap lingkungan dan masyarakat. Secara ekologis, pemasangan panel surya dan tiang penerangan dapat mempengaruhi tata ruang, keberadaan vegetasi, hingga perubahan mikroklimat setempat. Sementara dari sisi sosial, proyek semacam ini dapat menimbulkan dampak positif seperti peningkatan kualitas hidup dan partisipasi warga, namun juga tidak menutup kemungkinan adanya resistensi, konflik kepentingan, atau ketimpangan akses [3], [8], [9], [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak lingkungan dan sosial dari implementasi PJU PLTS di berbagai wilayah. Studi ini tidak hanya mengukur keberhasilan teknis dari proyek, namun juga memperhatikan persepsi masyarakat, manfaat ekologis, serta potensi tantangan yang muncul selama proses pembangunan dan operasionalisasi PJU PLTS. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengambilan keputusan yang lebih inklusif dan berkelanjutan di bidang pengembangan infrastruktur energi ramah lingkungan [11].

Adapun pertanyaan penelitian utama yang ingin dijawab melalui studi ini antara lain:

1. Apa saja dampak sosial yang dirasakan masyarakat akibat pemasangan PJU PLTS?
2. Bagaimana pengaruh keberadaan PJU PLTS terhadap lingkungan fisik dan ekologis di wilayah penerapan?
3. Sejauh mana keberlanjutan dan efektivitas sistem PJU PLTS dalam jangka menengah dan panjang?

Dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, diharapkan hasil studi ini dapat menjadi referensi penting bagi pemerintah, pengembang energi terbarukan, akademisi, dan masyarakat dalam mendukung implementasi PJU PLTS yang tidak hanya hemat energi, tetapi juga berkeadilan secara sosial dan berwawasan lingkungan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Konsep dasar PLTS dan penerapan pada PJU.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu bentuk energi baru terbarukan yang memanfaatkan radiasi sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik melalui perangkat yang disebut panel surya (solar panel). Panel ini bekerja berdasarkan prinsip efek fotovoltaik, di mana sel surya (solar cell) akan mengubah energi cahaya menjadi energi listrik arus searah (DC). Energi tersebut kemudian disimpan dalam baterai atau langsung dikonversikan menjadi arus bolak-balik (AC) melalui inverter, untuk digunakan sesuai kebutuhan.

Sistem PLTS dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: off-grid, on-grid, dan hybrid. Dalam konteks Penerangan Jalan Umum (PJU), sistem yang paling umum digunakan adalah off-grid karena memungkinkan lampu jalan menyala secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik utama (PLN). PJU PLTS terdiri dari panel surya, baterai penyimpan daya, kontroler, dan lampu LED hemat energi yang diintegrasikan pada tiang penerangan.[12]
Penerapan PJU PLTS menawarkan sejumlah keunggulan, antara lain:

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

a. Efisiensi energi dan penghematan biaya operasional jangka panjang.
b. Kemudahan instalasi di wilayah terpencil atau belum dialiri listrik.
c. Pengurangan emisi karbon dan kontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim.

2.2 Studi terdahulu tentang dampak sosial dan lingkungan PLTS.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji aspek teknis dan manfaat ekonomi dari sistem PLTS, namun kajian tentang dampak sosial dan lingkungan masih tergolong terbatas dan kontekstual. Studi oleh Sartono et al. (2021) menemukan bahwa penerapan PJU PLTS di daerah pedesaan di Nusa Tenggara Timur meningkatkan rasa aman warga dan memicu aktivitas ekonomi malam hari. Sementara itu, Andayani & Nugroho (2020) menyoroti pentingnya pelibatan masyarakat dalam tahap perencanaan dan pemeliharaan agar program tidak menjadi proyek "top-down" yang gagal berkelanjutan.

Dari sisi lingkungan, penelitian oleh Putri et al. (2019) menunjukkan bahwa meskipun PLTS memiliki jejak karbon rendah, dampak ekologis dapat muncul dari penggunaan lahan, pemangkasan vegetasi, dan manajemen limbah baterai. Oleh karena itu, pendekatan yang terintegrasi dan berbasis prinsip Environmental and Social Impact Assessment (ESIA) menjadi sangat penting dalam implementasi PLTS skala luas, termasuk PJU.

2.3 Teori pembangunan berkelanjutan dan energi terbarukan.

Penerapan PJU PLTS dapat dianalisis dalam kerangka pembangunan berkelanjutan (sustainable development), yang menekankan keseimbangan antara kebutuhan ekonomi, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan sosial. Konsep ini tercermin dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), terutama poin:

1. SDG 7: Energi bersih dan terjangkau.
2. SDG 11: Kota dan komunitas yang berkelanjutan.
3. SDG 13: Aksi terhadap perubahan iklim.

Dalam perspektif ini, energi tidak hanya dipandang sebagai komoditas teknis, tetapi juga sebagai faktor penting yang memengaruhi inklusi sosial, kesetaraan gender, dan keadilan spasial. Pemanfaatan energi terbarukan seperti PLTS memiliki potensi besar untuk mendorong transformasi sosial, khususnya di komunitas yang sebelumnya termarginalkan dari akses energi.

2.4 Kerangka analisis dampak sosial dan lingkungan (Environmental and Social Impact Assessment/ESIA)

Environmental and Social Impact Assessment (ESIA) adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi dampak potensial dari suatu proyek terhadap lingkungan fisik, sosial, ekonomi, dan budaya. Kerangka ESIA mencakup:

1. Identifikasi potensi dampak langsung dan tidak langsung.
2. Evaluasi tingkat keparahan dan signifikansi dampak.
3. Penyusunan langkah mitigasi dan pemantauan berkelanjutan.

Dalam konteks PJU PLTS, penerapan ESIA dapat digunakan untuk menilai:

1. Dampak visual dan tata ruang akibat tiang-tiang dan panel surya.
2. Risiko ekologis seperti hilangnya vegetasi atau gangguan satwa lokal.
3. Persepsi sosial masyarakat, perubahan pola aktivitas, dan aspek keamanan.

Dengan menerapkan pendekatan ESIA secara komprehensif, implementasi PJU PLTS tidak hanya menjadi proyek teknis, tetapi juga bagian dari strategi pembangunan yang memperhatikan keseimbangan sosial dan ekologis.

3. Metode

3.1 Jenis penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, dengan dukungan data kuantitatif untuk memperkuat analisis.[13] Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengeksplorasi secara mendalam bagaimana implementasi PJU PLTS memengaruhi

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

kondisi sosial dan lingkungan di wilayah studi. Penelitian deskriptif bertujuan memberikan gambaran sistematis, faktual, dan akurat mengenai fenomena sosial dan ekologis yang muncul akibat pemasangan PJU PLTS. Selain itu, data kuantitatif seperti jumlah penerangan yang terpasang, tingkat pencahayaan, serta tingkat kepuasan masyarakat diperoleh untuk mendukung interpretasi data kualitatif secara objektif. Penelitian ini tidak bertujuan untuk menguji hipotesis, melainkan untuk mendeskripsikan dan menganalisis hubungan antarvariabel secara kontekstual.

3.2 Lokasi studi

Lokasi penelitian dipilih secara purposive berdasarkan kriteria tertentu, yaitu: (1) wilayah yang telah mengimplementasikan PJU PLTS selama minimal satu tahun, (2) adanya interaksi sosial yang dapat diamati di sekitar lokasi PJU, dan (3) ketersediaan data pendukung dari pemerintah daerah atau lembaga terkait. Studi kasus dilakukan di dua lokasi berbeda untuk membandingkan konteks urban dan rural, misalnya di Kabupaten Langkat (desa Pasar 6 Kwala mencirim) dan Kota Binjai (Binjai Kota). Pemilihan lokasi ganda ini bertujuan untuk memperlihatkan variasi dampak sosial dan lingkungan berdasarkan latar geografis, tingkat keterjangkauan teknologi, dan partisipasi masyarakat. Data spasial dan peta distribusi PJU PLTS juga digunakan untuk memperkuat analisis wilayah.[12]

3.3 Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama, yaitu:

1. Wawancara mendalam dengan tokoh masyarakat, pengguna jalan, aparat desa, dan teknisi proyek PJU PLTS. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur untuk menggali pengalaman dan persepsi mereka terhadap manfaat atau kendala dari PJU PLTS.
2. Observasi lapangan, untuk mencatat kondisi fisik lingkungan sekitar PJU, tingkat pencahayaan di malam hari, serta respons sosial masyarakat terhadap keberadaan lampu jalan.
3. Kuesioner yang disebarkan kepada warga sekitar lokasi untuk mengukur tingkat kepuasan, rasa aman, perubahan aktivitas malam hari, dan penilaian mereka terhadap aspek lingkungan setelah pemasangan PJU PLTS.
   Data sekunder juga dikumpulkan dari laporan proyek, data pemerintah daerah, dan dokumentasi visual sebagai bahan triangulasi.
   a. Wawancara dan kuesioner kepada warga, tokoh masyarakat, pemerintah lokal.
   b. Observasi lapangan dan dokumentasi visual.
   c. Data sekunder dari instansi terkait.

3.4 Teknik analisis data

Data kualitatif dianalisis menggunakan analisis tematik, dengan langkah-langkah pengkodean, kategorisasi, dan interpretasi terhadap pola-pola makna yang muncul dari wawancara dan observasi. Analisis dilakukan secara induktif, dimulai dari data lapangan menuju temuan konseptual. Sementara itu, data kuantitatif dari kuesioner dianalisis secara deskriptif statistik, seperti tabulasi frekuensi dan persentase, untuk mendukung temuan kualitatif secara numerik. Untuk menilai dampak lingkungan, analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah pemasangan PJU PLTS berdasarkan indikator seperti kebersihan area, vegetasi, dan polusicahaya. Triangulasi metode dan sumber dilakukan untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas data, dengan membandingkan hasil dari wawancara, observasi, dan dokumen resmi. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menyajikan hasil secara komprehensif, menyeluruh, dan relevan dengan konteks lokal.[13]

4. Hasil

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

4.1 Dampak Lingkungan

Implementasi PJU PLTS membawa sejumlah perubahan terhadap lingkungan fisik, terutama di wilayah pedesaan dan pinggiran kota. Hasil observasi menunjukkan bahwa penggunaan lampu LED bertenaga surya telah mengurangi konsumsi energi listrik berbasis fosil, yang umumnya masih digunakan pada PJU konvensional. Secara langsung, hal ini turut menurunkan emisi karbon, memperkuat kontribusi terhadap pengendalian perubahan iklim.

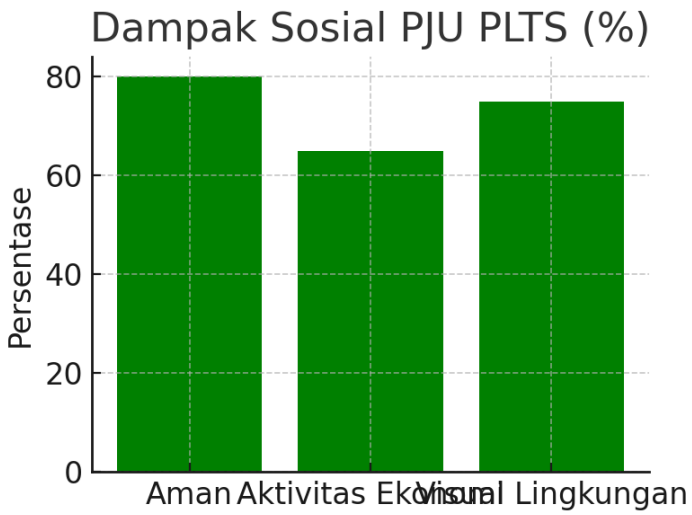
Dari sisi ekosistem, pemasangan panel surya dan tiang lampu pada umumnya tidak memerlukan lahan tambahan yang luas, karena memanfaatkan jalur jalan yang sudah ada. Namun, di beberapa lokasi ditemukan bahwa proses pembangunan sempat mengharuskan pemangkasan vegetasi, terutama pepohonan rindang yang menghalangi penyerapan sinar matahari ke panel. Meskipun tidak signifikan, hal ini tetap memerlukan pertimbangan ekologi agar tidak merusak habitat lokal.[14]

Kondisi lingkungan setelah pemasangan PJU PLTS juga menunjukkan peningkatan kualitas visual malam hari. Wilayah yang sebelumnya gelap dan rawan kecelakaan kini lebih terang dan bersih, karena warga terdorong menjaga area sekitarnya. Namun, perlu dicatat bahwa dalam jangka panjang, limbah baterai dan komponen elektronik PLTS dapat menjadi masalah lingkungan jika tidak ditangani secara sistematis. Oleh karena itu, sistem pengelolaan limbah panel dan baterai perlu dirancang sejak awal.[15]

Secara umum, PJU PLTS memberikan dampak lingkungan yang lebih positif dibanding sistem konvensional, namun keberlanjutan jangka panjangnya sangat bergantung pada tata kelola dan edukasi masyarakat dalam pemanfaatan teknologi ramah lingkungan [16], [17], [18].

4.2 Dampak Sosial

Dampak sosial dari pemasangan PJU PLTS sangat terasa di berbagai aspek kehidupan masyarakat. Salah satu temuan paling menonjol adalah peningkatan rasa aman di malam hari. Berdasarkan kuesioner yang disebarkan kepada warga, lebih dari 80% responden menyatakan bahwa mereka merasa lebih nyaman melakukan aktivitas malam seperti berjalan kaki, berjualan, atau mengikuti kegiatan sosial karena penerangan jalan yang memadai.[19]



Gambar 1. Presentase Dampak Sosial PJU PLTS

Selain itu, kehadiran PJU PLTS mendorong peningkatan aktivitas ekonomi malam hari. Di beberapa desa, warga memanfaatkan area yang terang untuk membuka warung kopi, kios makanan, atau tempat berkumpul komunitas, yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan karena gelap gulita. Ini menunjukkan bahwa penerangan yang baik menjadi faktor pemicu munculnya peluang ekonomi baru di tingkat lokal.

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Dalam aspek sosial-budaya, lampu jalan juga berfungsi sebagai penanda kawasan yang mulai "terakses pembangunan". Warga menganggap keberadaan PJU PLTS sebagai simbol perhatian pemerintah, sehingga menumbuhkan rasa optimisme dan kebersamaan dalam menjaga fasilitas umum tersebut. Bahkan, di sejumlah lokasi, warga secara sukarela membuat jadwal patroli malam atau sistem gotong royong untuk memelihara kebersihan dan keamanan area sekitar PJU.

Namun demikian, tidak semua respon bersifat positif. Beberapa warga mengeluhkan kurangnya sosialisasi di awal proyek, serta ketidakpahaman mereka terhadap sistem perawatan baterai dan panel. Tantangan lainnya adalah kurangnya keterlibatan masyarakat lokal dalam proses perencanaan, yang membuat sebagian warga merasa "tidak dilibatkan" dan akhirnya kurang peduli terhadap keberlanjutan sistem.

Secara keseluruhan, dampak sosial PJU PLTS bersifat positif dan transformatif, namun efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh pola komunikasi, partisipasi masyarakat, dan keberlanjutan pelatihan teknis di tingkat lokal.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Penerapan Penerangan Jalan Umum berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PJU PLTS) terbukti memberikan dampak positif secara signifikan terhadap lingkungan dan kehidupan sosial masyarakat, khususnya di wilayah yang sebelumnya minim akses terhadap penerangan. Dari sisi lingkungan, PJU PLTS berhasil mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, menurunkan emisi karbon, dan menciptakan ruang publik malam hari yang lebih aman dan ramah lingkungan. Meski demikian, beberapa potensi dampak negatif seperti gangguan vegetasi dan risiko limbah baterai tetap perlu diantisipasi melalui pengelolaan yang tepat.

Sementara itu, dari sisi sosial, keberadaan PJU PLTS meningkatkan rasa aman, mendorong aktivitas ekonomi malam hari, dan memperkuat interaksi sosial antarwarga. Program ini juga membawa dampak simbolis berupa meningkatnya kepercayaan masyarakat terhadap pemerintah dan proyek pembangunan berbasis energi terbarukan. Namun, tantangan berupa kurangnya pemahaman teknis, minimnya partisipasi masyarakat dalam tahap awal, dan keterbatasan edukasi menjadi faktor penting yang memengaruhi keberlanjutan program ini dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, PJU PLTS dapat menjadi solusi yang efektif dan berkelanjutan dalam mendukung pemerataan akses energi sekaligus pembangunan yang ramah lingkungan. Keberhasilannya sangat ditentukan oleh pendekatan partisipatif, penguatan kapasitas lokal, serta tata kelola proyek yang inklusif dan adaptif.

5.2 Rekomendasi

1. Peningkatan Edukasi dan Pelatihan Teknis
   Pemerintah daerah dan pelaksana proyek sebaiknya menyediakan program edukasi berkelanjutan mengenai cara kerja, pemeliharaan, dan pengelolaan limbah dari sistem PLTS agar masyarakat tidak hanya menjadi pengguna, tetapi juga penjaga teknologi.
2. Pendekatan Partisipatif dalam Perencanaan
   Melibatkan masyarakat sejak tahap perencanaan hingga pemeliharaan akan meningkatkan rasa memiliki dan tanggung jawab warga terhadap PJU PLTS yang telah dibangun.
3. Perencanaan Tata Ruang yang Berwawasan Ekologis
   Pemasangan PJU PLTS harus mempertimbangkan aspek lingkungan secara detail, seperti lokasi pemasangan yang tidak merusak vegetasi penting atau mengganggu habitat lokal.
4. Penguatan Skema Monitoring dan Evaluasi

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Dibutuhkan sistem pemantauan dan evaluasi berbasis data yang transparan dan rutin, untuk memastikan sistem PJU PLTS berjalan optimal dan dapat dikembangkan lebih lanjut ke wilayah lain.

5. Kolaborasi Multi-Pihak

   Kerja sama antara pemerintah, swasta, akademisi, dan masyarakat sipil sangat penting untuk menjamin keberlanjutan proyek PJU PLTS, baik dari sisi teknis, sosial, maupun pendanaan jangka panjang.

   Dengan implementasi strategi yang tepat, PJU PLTS tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga dapat menjelma sebagai penggerak perubahan sosial dan lingkungan yang berkelanjutan di tingkat komunitas lokal maupun nasional.

REFERENSI

[1] Z. Tharo, H. Hamdani, M. Andriana, and P. Andhika, "Wastafel Pintar Berbasis Energi Terbarukan," *Intecoms: Journal Of Information Technology And Computer Science*, vol. 6, no. 1, pp. 363–370, 2023.

[2] R. Rahmaniar, A. Junaidi, and R. F. Wijaya, "Renewable Energy Education through Virtual Reality Tours," vol. 14, no. 2, pp. 1642–1649, 2025, doi: 10.18421/TEM142.

[3] Z. Tharo, E. Syahputra, and R. Mulyadi, "Analysis of Saving Electrical Load Costs With a Hybrid Source of PLN-PLTS 500 Wp," *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, vol. 4, no. 1, pp. 235–243, 2022.

[4] Z. Tharo, H. Hamdani, and M. Andriana, "Pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan angin sebagai sumber alternatif menghadapi krisis energi fosil di sumatera," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 141–144.

[5] P. Wibowo, S. A. Lubis, and Z. T. Hamdani, "Smart home security system design sensor based on pir and microcontroller," *International Journal of Global Sustainability*, vol. 1, no. 1, pp. 67–73, 2017.

[6] P. Wibowo, S. A. Lubis, and Z. T. Hamdani, "Smart home security system design sensor based on pir and microcontroller," *International Journal of Global Sustainability*, vol. 1, no. 1, pp. 67–73, 2017.

[7] Z. Tharo, H. Hamdani, M. Andriana, and P. Andhika, "Wastafel Pintar Berbasis Energi Terbarukan," *Intecoms: Journal Of Information Technology And Computer Science*, vol. 6, no. 1, pp. 363–370, 2023.

[8] Z. Tharo and H. Hamdani, "Analisis biaya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap skala rumah tangga," *Journal of Electrical and System Control Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 65–71, 2020.

[9] Z. Tharo, H. Hamdani, and M. Andriana, "Pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan angin sebagai sumber alternatif menghadapi krisis energi fosil di sumatera," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 141–144.

[10] H. Hamdani, Z. Tharo, and S. Anisah, "Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 2019, pp. 190–195.

[11] A. D. Tarigan, P. Wibowo, and A. S. Tarigan, "Perancangan Otoped Listrik Menggunakan Panel Surya Sebagai Media Transportasi," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 62–65, 2022.

[12] M. and others Syukri, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 9, no. 2, pp. 77–80, 2024, doi: 10.31289/jesce.v6i2.12618.

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

[13] S. Romlah, "PENELITIAN KUALITATIF DAN KUANTITATIF (Pendekatan Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif)," *Jurnal Studi Islam*, vol. 16, no. 1, 2021.

[14] S. Anisah, R. Bachtiar, and Z. Tharo, "Kajian Dampak Limbah-Limbah Listrik (Lampu Penerangan) Terhadap Lingkungan," *Teknik Program Studi Elektro*, pp. 74–81, 2018.

[15] Z. Taro, "JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering) Analisis Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Skala Rumah Tangga Analysis of Household Scale Solar Power Plant Roof Costs," *Jesce*, vol. 3, no. 2, p. 2020, 2020.

[16] E. Rajagukguk, A. S. P. Tarigan, and R. Rahmaniar, "Enhance Adjustment Mass Position Based On A Solar Panel Tracking System," *Jurnal Scientia*, vol. 12, no. 04, pp. 156–160, 2023.

[17] R. Rahmaniar, A. Junaidi, A. S. P. Tarigan, and A. H. B. Butar, "Digital Simulation of Short Circuit Current Calculation Using Graphical User Interface for Learning Media Electric Power System Analysis," *International Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 6, no. 1.1, 2024.

[18] M. Siregar, Zamriyetti, S. Wahyuni, and Rahmaniar, "Pelatihan Sistem Tanam Hidroponik Kepada Para IBu Jalasenastri FASHARKAN Belawan," *Jurnal Abdimas Hawari, Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 9–17, 2021.

[19] S. Anisah, Z. Tharo, and F. Prayogi, "Sistem Monitoring Daya dan Arus Listrik Pada Pembakit Power and Electric Current Monitoring System in Wind Power Plants Based on Thingspeak," vol. 8, no. 1, pp. 189–194, 2024, doi: 10.31289/jesce.v6i2.12617.

******

Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.