



Manajemen Sumber Daya Energi Terbarukan : Optimalisasi PLTS-PLTB untuk Kelistrikan Berkelanjutan di Pulau Dudepo

Sudarmanto Hasan^{1*}, Marini Susanti Hamidun², Dewi Wahyuni K. Baderan³

^{1,2,3} Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Pascasarjana Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

Alamat: Jl. Jend. Sudirman No. 6, Kec. Kota Tengah, Kota Gorontalo 96128

Korespondensi penulis: sudarmanto_hasan@yahoo.com

Abstract. *Remote islands in Indonesia face significant challenges in achieving sustainable electricity supply. This study analyzes the technical and economic feasibility of implementing a hybrid Solar Power Plant (PLTS) and Wind Power Plant (PLTB) system on Dudepo Island, North Gorontalo Regency. With an average solar radiation of 5.2 kWh/m²/day and wind speed of 4.8 m/s, the hybrid system is designed to supply approximately 97% of local electricity demand with an efficiency of 85%. Simulations using HOMER Pro reveal an optimal configuration of 100 kW PLTS, 60 kW PLTB, and 300 kWh battery storage. Economic analysis indicates a Levelized Cost of Energy (LCOE) of IDR 1,450/kWh, more affordable than conventional diesel generators, with an eight-year payback period. The system's implementation has enhanced community well-being by providing stable electricity access for education, healthcare, and economic activities. Moreover, it contributes to carbon emission reduction by up to 120 tons of CO₂ annually. Technical challenges and local human resource capacity necessitate sustainable management strategies, including technician training and IoT-based monitoring systems. This study offers recommendations for sustainable renewable energy development on remote islands as a model for environmentally friendly energy transitions.*

Keywords: Hybrid PLTS-PLTB system, Remote island, Renewable energy, Technical-economic feasibility

Abstrak. Pulau-pulau terpencil di Indonesia menghadapi tantangan besar dalam penyediaan listrik yang berkelanjutan. Penelitian ini menganalisis kelayakan teknis dan ekonomi penerapan sistem hibrida Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Pulau Dudepo, Kabupaten Gorontalo Utara. Dengan potensi radiasi matahari rata-rata 5,2 kWh/m²/hari dan kecepatan angin 4,8 m/s, sistem hibrida ini dirancang untuk menyediakan sekitar 97% kebutuhan listrik masyarakat setempat dengan efisiensi mencapai 85%. Hasil simulasi menggunakan HOMER Pro menunjukkan konfigurasi optimal terdiri dari 100 kW PLTS, 60 kW PLTB, dan penyimpanan baterai 300 kWh. Analisis ekonomi mengindikasikan Levelized Cost of Energy (LCOE) sebesar Rp1.450/kWh, lebih murah dibandingkan genset diesel konvensional, dengan periode pengembalian modal delapan tahun. Implementasi sistem ini telah meningkatkan kualitas hidup masyarakat melalui akses listrik yang stabil untuk pendidikan, kesehatan, dan aktivitas ekonomi. Selain itu, sistem berkontribusi dalam pengurangan emisi karbon hingga 120 ton CO₂ per tahun. Tantangan teknis dan kapasitas sumber daya manusia lokal memerlukan strategi pengelolaan berkelanjutan, termasuk pelatihan teknisi dan sistem monitoring berbasis IoT. Studi ini memberikan rekomendasi pengembangan energi terbarukan berkelanjutan di pulau terpencil sebagai model transisi energi ramah lingkungan.

Kata kunci: Sistem PLTS-PLTB Hibrida, Pulau Terpencil, Energi Terbarukan, Kelayakan Teknis-Ekonomi

1. LATAR BELAKANG

Pulau-pulau terpencil di Indonesia menghadapi tantangan besar dalam pemenuhan kebutuhan listrik yang berkelanjutan. Keterbatasan akses terhadap jaringan listrik konvensional mendorong perlunya pemanfaatan sumber daya energi terbarukan sebagai solusi alternatif (Afidah, Z., Yushardi, & Sudarti., 2023). Manajemen sumber daya alam, khususnya dalam sektor energi, menjadi aspek krusial dalam mendukung pembangunan berkelanjutan di daerah terpencil. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah sistem hibrida Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga

Bayu (PLTB), yang mengkombinasikan dua sumber energi terbarukan untuk meningkatkan keandalan pasokan listrik (Pratama, A., Adam, K. B., & Raharjo, J., 2022).

Pulau Dudepo di Kabupaten Gorontalo Utara memiliki potensi besar dalam pengembangan energi terbarukan. Kondisi geografisnya yang menerima paparan sinar matahari sepanjang tahun dan memiliki potensi angin yang cukup memungkinkan penerapan sistem hibrida PLTS-PLTB. Manajemen sumber daya energi di pulau ini harus mempertimbangkan ketersediaan dan keberlanjutan sumber daya alam, sehingga sistem yang diterapkan dapat memberikan pasokan listrik yang andal dan berkelanjutan bagi masyarakat setempat.

Keberlanjutan sistem energi di Pulau Dudepo tidak hanya bergantung pada ketersediaan sumber daya, tetapi juga pada aspek teknis dan ekonomi. Secara teknis, sistem hibrida PLTS-PLTB harus dirancang agar efisien dalam memanfaatkan energi surya dan angin, sementara dari sisi ekonomi, investasi dan biaya operasional harus dihitung secara cermat agar tetap terjangkau dan memberikan manfaat jangka panjang (Sobaa, A., Suoth, V. A., & Kolibu, H. S., 2019). Oleh karena itu, studi kelayakan teknis-ekonomi diperlukan untuk memastikan bahwa solusi yang diusulkan dapat diimplementasikan secara efektif.

Manajemen sumber daya alam dalam konteks energi terbarukan juga berkaitan erat dengan aspek lingkungan. Pemanfaatan PLTS-PLTB dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, sehingga menekan emisi gas rumah kaca dan dampak negatif terhadap lingkungan (Afidah, Z., Yushardi, & Sudarti., 2023). Selain itu, pengelolaan energi yang baik akan mendorong masyarakat untuk berpartisipasi dalam upaya konservasi sumber daya alam dan mengadopsi pola konsumsi energi yang lebih efisien.

Dari perspektif sosial, kehadiran sistem energi terbarukan yang andal dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Ketersediaan listrik yang stabil memungkinkan peningkatan kegiatan ekonomi, pendidikan, dan layanan kesehatan (Huda, M. N., & Kurniawan, I. H., 2023). Oleh karena itu, optimalisasi sistem hibrida PLTS-PLTB di Pulau Dudepo diharapkan tidak hanya memenuhi kebutuhan listrik, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup masyarakat setempat.

Implementasi sistem ini, perlu dilakukan analisis daya dukung lingkungan untuk memastikan bahwa pembangunan infrastruktur energi tidak berdampak negatif terhadap ekosistem lokal. Selain itu, strategi pemeliharaan yang efektif harus diterapkan agar sistem dapat beroperasi secara optimal dalam jangka panjang. Keberlanjutan pasokan listrik tidak hanya ditentukan oleh teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh bagaimana sumber daya alam dikelola secara berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomi dari penerapan sistem hibrida PLTS-PLTB di Pulau Dudepo, dengan mempertimbangkan aspek manajemen sumber daya alam. Studi ini akan mengevaluasi potensi energi surya dan angin yang tersedia, desain sistem optimal, serta biaya investasi dan operasional yang dibutuhkan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang tepat untuk pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan di pulau-pulau terpencil. Dengan pendekatan yang berbasis pada pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, penelitian ini berkontribusi dalam mendukung kebijakan energi bersih dan pengurangan dampak lingkungan. Implementasi sistem energi terbarukan yang tepat akan menjadi model bagi wilayah lain yang menghadapi tantangan serupa dalam penyediaan listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2. KAJIAN TEORITIS

Pemanfaatan sumber daya energi terbarukan telah menjadi fokus utama dalam agenda pembangunan berkelanjutan di wilayah terpencil, termasuk pulau-pulau kecil seperti Pulau Dudepo. Energi surya dan angin, yang dimanfaatkan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), menawarkan solusi desentralisasi listrik yang ramah lingkungan dan dapat diandalkan. Berbagai penelitian menegaskan bahwa sistem hybrid PLTS-PLTB mampu memberikan kontinuitas pasokan listrik, mengingat sifat intermiten dari masing-masing sumber energi tersebut dapat saling melengkapi.

Manajemen sumber daya energi terbarukan mencakup perencanaan teknis, pengelolaan sistem, serta integrasi dengan sistem distribusi lokal. Dalam konteks ini, strategi optimalisasi menjadi penting untuk memastikan bahwa ketersediaan energi sesuai dengan kebutuhan beban. Menurut Purwanto et al. (2020), optimalisasi sistem hybrid PLTS-PLTB melibatkan penyesuaian kapasitas panel surya dan turbin angin berdasarkan data cuaca historis dan proyeksi konsumsi listrik masyarakat. Oleh karena itu, data lokal menjadi faktor kunci dalam perancangan sistem yang efisien dan berkelanjutan.

Kebutuhan energi di pulau kecil cenderung stabil namun rentan terhadap gangguan distribusi akibat keterbatasan infrastruktur. Energi terbarukan berbasis komunitas dinilai lebih resilien terhadap gangguan eksternal. Penelitian oleh Rahmawati et al. (2022) menekankan pentingnya pendekatan partisipatif dalam pengelolaan PLTS dan PLTB, di mana masyarakat lokal dilibatkan dalam pemeliharaan dan monitoring sistem. Ini tidak

hanya meningkatkan keberlanjutan teknis, tetapi juga memberdayakan masyarakat secara sosial dan ekonomi.

Selain aspek teknis dan sosial, keberlanjutan finansial juga menjadi dimensi penting dalam manajemen energi terbarukan. Skema pembiayaan berbasis swadaya, subsidi pemerintah, serta kerja sama dengan lembaga donor internasional terbukti dapat mendukung pembangunan sistem hybrid di wilayah pesisir. Efektivitas investasi akan meningkat apabila sistem dirancang untuk masa operasional jangka panjang dan dilengkapi dengan skema pelatihan teknis bagi operator lokal.

Dalam konteks pengembangan energi terbarukan di daerah terpencil seperti Pulau Dudepo, tantangan utama meliputi keterbatasan akses logistik, keterampilan teknis sumber daya manusia, dan fluktuasi cuaca. Untuk itu, integrasi sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) semakin dikembangkan untuk memastikan efisiensi dan responsivitas terhadap gangguan. Sistem ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data secara real-time oleh pengelola sistem maupun pihak eksternal.

Optimalisasi PLTS-PLTB pada dasarnya memerlukan pendekatan interdisipliner yang menggabungkan teknologi, manajemen, dan kebijakan publik. Dengan strategi pengelolaan yang adaptif dan berbasis data, Pulau Dudepo dapat menjadi model penerapan energi terbarukan di wilayah kepulauan Indonesia. Selain menjamin keberlanjutan lingkungan, sistem ini juga dapat memperkuat ketahanan energi nasional dan mendukung pencapaian target SDGs bidang energi bersih dan terjangkau.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis deskriptif untuk mengevaluasi kelayakan teknis dan ekonomi dari sistem hibrida PLTS-PLTB di Pulau Dudepo. Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder yang dikumpulkan melalui beberapa metode berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai teknologi sistem hibrida PLTS-PLTB, kebijakan energi terbarukan, serta studi kasus terkait di daerah lain. Literatur yang digunakan mencakup jurnal ilmiah, laporan penelitian, regulasi pemerintah, dan dokumen teknis dari lembaga terkait. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan dasar teoretis yang kuat dalam merancang sistem hibrida yang optimal.

b. Pengukuran Potensi Sumber Daya Energi

Pengukuran radiasi matahari dilakukan menggunakan pyranometer untuk menilai potensi energi surya di Pulau Dudepo. Selain itu, pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer bertujuan untuk mengetahui potensi energi angin di lokasi penelitian. Data cuaca historis dari BMKG juga dianalisis untuk memahami pola variabilitas energi terbarukan yang dapat mempengaruhi kinerja sistem hibrida.

c. Desain Sistem Hibrida PLTS-PLTB

Perhitungan kebutuhan daya listrik dilakukan dengan mengidentifikasi konsumsi energi masyarakat setempat. Data ini digunakan sebagai dasar dalam pemodelan sistem menggunakan perangkat lunak seperti HOMER Pro, yang memungkinkan simulasi berbagai skenario operasi sistem hibrida PLTS-PLTB untuk mendapatkan konfigurasi yang paling efisien dan andal.

d. Analisis Kelayakan Teknis

Evaluasi kelayakan teknis meliputi analisis efisiensi panel surya dan turbin angin berdasarkan kondisi lokal. Ketahanan sistem terhadap variabilitas sumber daya energi juga dianalisis untuk memastikan stabilitas pasokan listrik. Penilaian keandalan sistem dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kapasitas penyimpanan energi dan redundansi dalam sistem distribusi listrik.

e. Analisis Kelayakan Ekonomi

Estimasi biaya investasi, operasional, dan pemeliharaan sistem hibrida dilakukan untuk memahami aspek ekonomi dari implementasi teknologi ini. Perhitungan Levelized Cost of Energy (LCOE) digunakan untuk menilai daya saing sistem ini dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Selain itu, dampak ekonomi jangka panjang terhadap masyarakat setempat dianalisis untuk melihat potensi peningkatan kesejahteraan.

f. Evaluasi Dampak Lingkungan

Dampak pembangunan infrastruktur terhadap ekosistem lokal dianalisis untuk memastikan bahwa proyek ini tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Potensi pengurangan emisi karbon dari penggunaan energi terbarukan juga dinilai sebagai bagian dari manfaat lingkungan yang dihasilkan dari sistem hibrida PLTS-PLTB ini.

g. Analisis Data

Data yang dikumpulkan dianalisis secara kuantitatif menggunakan perangkat lunak statistik dan pemodelan energi. Hasil analisis kelayakan teknis dan ekonomi dibandingkan dengan standar nasional dan internasional untuk menentukan kesesuaian

sistem ini dalam konteks global. Interpretasi data yang dilakukan bertujuan untuk menyusun rekomendasi yang tepat bagi pengembangan energi terbarukan di Pulau Dudepo.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Energi Terbarukan di Pulau Dudepo

Pulau Dudepo menunjukkan potensi energi terbarukan yang menjanjikan berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan data historis dari BMKG. Rata-rata intensitas radiasi matahari tercatat sebesar $5,2 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$, yang tergolong tinggi dan cukup stabil sepanjang tahun. Kecepatan angin tahunan mencapai rata-rata $4,8 \text{ m/s}$, dengan puncaknya terjadi pada bulan Mei hingga Agustus. Meskipun kecepatan ini berada pada batas minimal yang ideal untuk pembangkitan energi angin, konsistensinya dapat diandalkan untuk skala kecil-menengah. Kondisi geografis pulau yang terbuka terhadap angin laut dan bebas dari penghalang besar memperkuat profil potensial PLTB sebagai pelengkap PLTS.

Analisis terhadap pola musiman menunjukkan bahwa matahari menjadi sumber dominan selama musim kemarau, sementara angin lebih berkontribusi pada musim penghujan. Variabilitas energi yang cukup stabil ini menunjukkan bahwa pendekatan sistem hibrida menjadi pilihan yang tepat untuk meminimalkan risiko intermitensi energi. Hal ini semakin diperkuat dengan minimnya gangguan lingkungan seperti polusi udara atau tutupan awan tebal secara permanen. Dengan karakteristik topografi dan iklim lokal, potensi energi surya dan angin di Pulau Dudepo dapat dimanfaatkan secara simultan untuk mendukung sistem energi berkelanjutan.

Desain dan Kinerja Sistem Hibrida PLTS-PLTB

Simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER Pro menghasilkan desain sistem optimal yang menggabungkan 100 kW PLTS dan 60 kW PLTB, dengan penyimpanan energi melalui baterai berkapasitas 300 kWh dan inverter 120 kW . Konfigurasi ini dipilih berdasarkan simulasi kebutuhan energi harian masyarakat, yang rata-rata mencapai 450 kWh per hari. Sistem ini dirancang untuk menyediakan sekitar 97% dari total kebutuhan listrik, dengan margin ketahanan terhadap kondisi cuaca ekstrem dan beban puncak. Output listrik dari PLTS mendominasi pada siang hari, sedangkan PLTB dan baterai berfungsi utama pada malam hari dan saat radiasi matahari rendah.

Dari segi teknis, sistem menunjukkan efisiensi total sebesar 85% , dengan kehilangan energi akibat konversi dan penyimpanan yang relatif rendah. Keandalan sistem

ditunjukkan oleh nilai Loss of Power Supply Probability (LPSP) sebesar 0,023, yang berarti kemungkinan pemadaman listrik sangat kecil. Penggunaan baterai sebagai sistem penyimpanan memberikan kestabilan pasokan dan memungkinkan desentralisasi distribusi energi di beberapa titik permukiman. Fleksibilitas sistem juga memudahkan integrasi tambahan energi jika populasi dan konsumsi energi meningkat di masa depan. Secara umum, desain ini layak diterapkan dalam konteks geografis dan kebutuhan masyarakat Pulau Dudepo.

Kelayakan Ekonomi Sistem

Kelayakan ekonomi sistem hibrida PLTS-PLTB dianalisis melalui indikator Levelized Cost of Energy (LCOE), yang menunjukkan nilai sebesar Rp1.450/kWh. Angka ini lebih rendah dibandingkan dengan biaya listrik dari genset berbasis solar yang biasa digunakan di daerah terpencil, yang berkisar Rp3.000–Rp4.000/kWh. Investasi awal sistem diperkirakan mencapai Rp5,2 miliar, termasuk biaya instalasi, infrastruktur penyimpanan, dan sistem monitoring. Periode pengembalian modal (payback period) diproyeksikan selama 8 tahun, dengan biaya operasional dan pemeliharaan tahunan hanya sekitar 5% dari investasi awal.

Dari perspektif ekonomi lokal, penerapan sistem ini tidak hanya menurunkan beban biaya energi, tetapi juga mendorong munculnya kegiatan ekonomi baru. Masyarakat berpotensi mengembangkan usaha kecil berbasis listrik, seperti pengolahan hasil laut, produksi es batu, hingga warung internet dan fasilitas pendidikan malam hari. Peluang kerja juga terbuka dalam bidang teknisi sistem energi, perawatan panel surya, dan manajemen komunitas energi. Secara keseluruhan, investasi pada sistem ini memberikan manfaat jangka panjang baik dalam aspek penghematan biaya energi maupun pemberdayaan ekonomi masyarakat.

Dampak Sosial dan Lingkungan

Dampak sosial dari implementasi sistem PLTS-PLTB menunjukkan respons positif dari masyarakat. Berdasarkan survei kepada 60 kepala keluarga, sebanyak 87% menyatakan kesiapan dan dukungan terhadap penerapan energi terbarukan. Ketersediaan listrik selama 24 jam telah memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kualitas hidup, terutama dalam hal pendidikan, kesehatan, dan produktivitas ekonomi. Siswa dapat belajar lebih lama pada malam hari, pusat layanan kesehatan dapat mengoperasikan peralatan vital, dan aktivitas nelayan pasca-tangkap menjadi lebih efektif.

Secara lingkungan, sistem ini berkontribusi besar dalam pengurangan emisi karbon. Konversi dari genset diesel ke energi bersih diperkirakan mengurangi emisi hingga 120 ton CO₂ per tahun. Risiko dampak negatif terhadap ekosistem lokal juga sangat kecil karena instalasi dilakukan di lahan tidak produktif dan tidak mengganggu kawasan pesisir atau konservasi. Panel surya dipasang secara terpusat di area terbuka dengan sistem drainase yang baik, sedangkan turbin angin dipasang di wilayah terbuka jauh dari permukiman. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya menyediakan listrik yang berkelanjutan, tetapi juga memperkuat upaya konservasi lingkungan.

Tantangan dan Strategi Pengelolaan

Meskipun hasil teknis dan ekonomi menunjukkan kelayakan tinggi, beberapa tantangan tetap perlu diantisipasi. Di antaranya adalah potensi kerusakan peralatan akibat cuaca ekstrem seperti angin kencang atau korosi oleh udara laut. Selain itu, keterbatasan tenaga teknis lokal untuk pemeliharaan menjadi kendala utama dalam keberlanjutan operasional sistem. Jika tidak ditangani dengan baik, hal ini dapat menimbulkan kerusakan sistem dan menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap energi terbarukan.

Untuk menjawab tantangan tersebut, strategi pengelolaan yang berkelanjutan harus disusun. Pelatihan teknisi lokal menjadi prioritas utama agar masyarakat memiliki kapasitas dalam mengoperasikan dan merawat sistem secara mandiri. Sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) juga direkomendasikan untuk memudahkan deteksi dini kerusakan dan efisiensi pemantauan dari jarak jauh. Selain itu, pembentukan lembaga pengelola energi berbasis komunitas dapat meningkatkan rasa memiliki dan tanggung jawab kolektif dalam menjaga sistem. Pendekatan partisipatif ini menjadi kunci keberhasilan jangka panjang dalam mewujudkan transisi energi yang adil dan berkelanjutan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Studi ini menunjukkan bahwa Pulau Dudepo memiliki potensi besar dalam penerapan sistem energi terbarukan berbasis PLTS-PLTB. Dari aspek teknis, sistem hibrida yang dirancang mampu memenuhi hampir seluruh kebutuhan listrik masyarakat dengan efisiensi tinggi dan keandalan yang baik. Keunggulan potensi energi surya dan angin yang saling melengkapi memungkinkan pemanfaatan sumber daya secara optimal sepanjang tahun. Sistem penyimpanan dan distribusi juga mendukung stabilitas pasokan, sekaligus memberikan fleksibilitas dalam pengembangan skala lebih besar di masa depan. Secara

ekonomi, sistem ini menunjukkan kelayakan investasi jangka panjang dengan biaya operasional rendah dan manfaat sosial yang besar. Penerapan sistem ini telah berdampak positif terhadap kehidupan masyarakat, baik dari sisi pendidikan, ekonomi, maupun kesehatan. Selain itu, sistem ini juga berkontribusi dalam upaya mitigasi perubahan iklim dengan mengurangi emisi karbon secara signifikan. Kendati demikian, tantangan dalam aspek teknis dan kapasitas SDM lokal memerlukan strategi pengelolaan yang berkelanjutan dan berbasis partisipasi masyarakat.

DAFTAR REFERENSI

- BMKG Provinsi Gorontalo. (2024). *Data Cuaca Gorontalo Utara*.
- Fidah, Z., Yushardi, & Sudarti. (2023). Implementasi energi terbarukan sebagai solusi energi di wilayah terpencil: Tinjauan potensi dan dampak lingkungan. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 14(2), 112–121. <https://doi.org/10.25077/jel.14.2.112-121.2023>
- Fitriani, L., & Wibowo, D. (2019). Pengembangan sistem monitoring berbasis IoT untuk PLTS terpadu. *Jurnal Rekayasa Energi dan Teknologi Informasi*, 5(2), 89–97.
- Huda, M. N., & Kurniawan, I. H. (2023). Dampak sosial pemanfaatan PLTS di daerah 3T di Indonesia. *Jurnal Sosial dan Teknologi*, 5(1), 44–52. <https://doi.org/10.29103/jst.v5i1.4567>
- Lestari, I. A., & Santoso, T. (2023). Pendanaan energi terbarukan untuk kawasan tertinggal: Studi kebijakan dan implementasi. *Jurnal Kebijakan Energi Nasional*, 9(3), 233–245.
- Mustofa, A., & Ningsih, L. R. (2022). Manajemen sumber daya energi terbarukan di kawasan pesisir: Studi kasus Pulau Madura. *Jurnal Manajemen Energi dan Pembangunan*, 8(1), 88–97. <https://doi.org/10.36456/jmep.v8i1.3925>
- Nugroho, R. A., & Hidayat, R. (2021). Studi optimalisasi sistem hybrid PLTS-PLTB untuk desa terpencil di Indonesia. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 15(2), 75–84.
- Pratama, A., Adam, K. B., & Raharjo, J. (2022). Analisis kinerja sistem hibrida PLTS-PLTB untuk penyediaan energi di wilayah kepulauan. *Jurnal Teknik Energi*, 11(3), 189–198. <https://doi.org/10.22146/jte.v11i3.65432>
- Pratama, A., Adam, K. B., & Raharjo, J. (2022). Simulasi optimasi pembangkit listrik tenaga hibrida di Pulau Nusa Penida. *Jurnal Sistem Energi Terbarukan*, 14(1), 67–75.
- Purwanto, W. W., Prasetyo, A., & Hartono, B. (2020). Hybrid renewable energy systems: A case study of solar and wind integration. *Renewable Energy Research and Applications*, 8(1), 55–63.
- Rahmawati, D., Yusuf, A., & Karunia, E. (2022). Peran masyarakat dalam keberlanjutan sistem PLTS di daerah pesisir. *Jurnal Teknologi Energi*, 13(1), 101–109.

Ramadhani, D. S., & Astuti, R. (2020). Desain optimal PLTS-PLTB menggunakan HOMER di daerah non-listrik. *Jurnal Ilmu Teknik dan Energi*, 6(3), 213–222. <https://doi.org/10.25077/jite.6.3.213-222.2020>

Sobaa, A., Suoth, V. A., & Kolibu, H. S. (2019). Evaluasi ekonomi pembangkit listrik tenaga surya dan angin di pulau terpencil. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 15(1), 56–64. <https://doi.org/10.35793/jre.v15i1.234>

Wahyudi, H., & Sari, M. P. (2021). Levelized cost of electricity (LCOE) pada sistem energi hibrida di pulau kecil. *Jurnal Teknik Elektro Terapan*, 9(2), 105–114. <https://doi.org/10.14710/jtet.9.2.105-114>