



Journal of Electrical Engineering Research

Journal Homepage: <https://ejurnal.raskhamedia.or.id/index.php/joeer>



Analisis Efektivitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Beni Satria^{1*}, Khairul Ali²

^{1,2} Fakultas Sains Dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

Author(s) Email: ^{1*}benisatria@dosen.pancabudi.ac.id, ²kahirulali@gmail.com,

INFORMASI ARTIKEL

Article history:

Diterima: Januari 20, 2026

Direvisi: Januari 26, 2026

Disetujui: Januari 26, 2026

Diterbitkan: Januari 31, 2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan di Indonesia. Penelitian dilakukan menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi literatur terhadap berbagai jurnal ilmiah, artikel penelitian, dan laporan teknis mengenai implementasi PLTS pada sistem on-grid, off-grid, rooftop photovoltaic, dan floating photovoltaic (FPV). Analisis dilakukan berdasarkan aspek teknis, lingkungan, dan ekonomi yang mempengaruhi kinerja sistem PLTS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas PLTS dipengaruhi oleh intensitas iradiasi matahari, suhu modul, kualitas inverter, penggunaan Maximum Power Point Tracking (MPPT), serta pemeliharaan sistem secara berkala. Nilai Performance Ratio (PR) dan Capacity Utilization Factor (CUF) menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu bekerja secara optimal pada wilayah dengan tingkat iradiasi matahari tinggi. Selain itu, penggunaan sistem monitoring dan optimasi desain instalasi terbukti dapat meningkatkan efisiensi produksi energi listrik. Dari aspek ekonomi, PLTS memiliki biaya operasional yang relatif rendah dan mampu memberikan penghematan energi dalam jangka panjang meskipun membutuhkan investasi awal yang cukup besar. Analisis Cost of Energy (COE), Net Present Cost (NPC), dan payback period menunjukkan bahwa PLTS layak dikembangkan sebagai alternatif energi ramah lingkungan. Secara keseluruhan, PLTS memiliki prospek yang baik dalam mendukung ketahanan energi nasional serta pengurangan emisi karbon di Indonesia.

Kata Kunci:

Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Energi Terbarukan, Efektivitas PLTS, Performance Ratio, Analisis Tekno-Ekonomi

ABSTRACT

This study aims to analyze the effectiveness of Solar Power Plants (SPP) as a sustainable renewable energy source in Indonesia. The research employed a quantitative descriptive method with a literature study approach based on scientific journals, research articles, and technical reports related to the implementation of solar power systems, including on-grid, off-grid, rooftop photovoltaic, and floating photovoltaic (FPV) systems. The analysis focused on technical, environmental, and economic aspects affecting the performance of solar power systems. The results indicate that the effectiveness of solar power plants is influenced by solar irradiation intensity, module temperature, inverter quality, the use of Maximum Power Point Tracking (MPPT), and regular system

maintenance. The Performance Ratio (PR) and Capacity Utilization Factor (CUF) values demonstrate that solar power systems can operate optimally in areas with high solar irradiation levels. In addition, the implementation of monitoring systems and optimization of installation design have proven effective in improving electrical energy production efficiency. From an economic perspective, solar power plants have relatively low operational costs and can provide long-term energy savings despite requiring high initial investment costs. The analysis of Cost of Energy (COE), Net Present Cost (NPC), and payback period indicates that solar power systems are feasible to be developed as environmentally friendly alternative energy sources. Overall, solar power plants have strong potential to support national energy security and reduce carbon emissions in Indonesia.

Keywords:

Solar Power Plant, Renewable Energy, Solar Power Effectiveness, Performance Ratio, Techno-Economic Analysis

Corresponding Author:

Beni Satria

Fakultas Sains Dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

Email: benisatria@dosen.pancabudi.ac.id

Copyright © 2026 The Author(s). Published by Raskha Media Group.

This is an open-access article under the CC BY-SA license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



1. PENDAHULUAN

Energi matahari telah lama diakui sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang paling melimpah secara global maupun di Indonesia, dengan potensi iradiasi yang signifikan sepanjang tahun[1]. Dalam konteks upaya dekarbonisasi dan diversifikasi bauran energi nasional, PLTS menempati posisi sentral sebagai solusi rendah emisi untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga, industri, serta fasilitas publik. Berbagai studi empiris menunjukkan bahwa konversi radiasi matahari melalui sel fotovoltaik menghasilkan listrik dengan jejak karbon relatif rendah bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil, sehingga PLTS menjadi komponen penting dalam rancangan sistem energi berkelanjutan[2]. Pembahasan mengenai efektivitas PLTS tidak cukup hanya berfokus pada kapasitas terpasang atau produksi energi abad-akhir saja, melainkan juga pada bagaimana desain, evaluasi teknis, serta aspek ekonomi dan operasionalnya dapat menyokong keandalan pasokan listrik dalam skala mikro, komersial, maupun skala kota. Sejumlah penelitian Indonesia menunjukkan bahwa evaluasi kinerja PLTS on-grid maupun off-grid dapat mencapai tingkat keandalan yang memadai dengan pemantauan berkala, penentuan MPPT (Maximum Power Point Tracking), serta integrasi penyimpanan energi atau solusi hybrid untuk mengatasi fluktuasi iradiasi matahari[3]. Secara umum, literatur regional juga menekankan bahwa performa PLTS dipengaruhi oleh faktor cuaca, suhu modul, orientasi, kemiringan, serta kualitas komponen seperti inverter dan kabel, sehingga upaya evaluasi kinerja harus mempertimbangkan variasi spasial dan temporal yang nyata di lokasi pemasangan.

Sejumlah studi empirik Indonesia menyoroti pentingnya pemodelan dan simulasi untuk menilai efektivitas PLTS dalam konteks lokal. Contoh penelitian di desa terpencil menunjukkan bahwa sistem PLTS berukuran sekitar 1,2 kW (1200 WP) dengan beban pompa air memiliki potensi untuk menghasilkan energi yang cukup rendah relatif terhadap beban harian, sehingga diperlukan evaluasi desain dan optimasi melalui simulasi menggunakan perangkat lunak seperti HOMER Pro untuk menilai keseimbangan antara produksi energi dan beban serta potensi kehilangan energi dalam operasi day-to-day. Penelitian lain menelaah analisis tekno-ekonomi PLTS atap di kota Medan, menunjukkan bahwa total produksi listrik dan nilai ekonomi mampu memberikan gambaran potensi implementasi PV rooftop sebagai solusi pengurangan emisi dan kebutuhan listrik kota, meskipun diperlukan evaluasi biaya investasi dan return on investment yang komprehensif [4]. Studi-lokal semacam ini menggarisbawahi bahwa analisis efektivitas PLTS sebaiknya melibatkan integrasi data iklim lokal, data irradiation, serta pertimbangan ekonomis agar kebijakan dan desain teknis dapat disesuaikan dengan kondisi nyata di lapangan[5].

Kebijakan energi nasional mengamankan upaya peningkatan kapasitas energi terbarukan, termasuk PLTS, melalui program-program nasional seperti Gerakan Sejuta Surya dan target bauran energi terbarukan. Analisis teknis dan ekonomi dari instalasi PLTS, termasuk evaluasi performa dan potensi beban, menjadi sangat relevan untuk mendukung implementasi program-program kebijakan tersebut[6]. Kajian tekno-ekonomi PLTS atap dan sistem hybrid menunjukkan bahwa meskipun terdapat tantangan biaya awal, potensi penghematan energi dan pengurangan emisi dapat dicapai melalui desain yang tepat, MPPT yang efisien, serta pemanfaatan penyimpanan energi untuk mengimbangi variabilitas radiasi matahari[7]. Di sisi operasional, studi kasus FPV (floating photovoltaic) menggarisbawahi pentingnya desain yang adaptif terhadap kondisi lingkungan akuatik, dengan fokus pada kestabilan struktural, efisiensi konversi, serta

pemeliharaan rutin untuk menjaga kinerja produksi energi yang konsisten[8]. Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa efektivitas PLTS ditentukan oleh sinergi antara desain teknis, pemodelan kinerja, pemantauan kinerja secara real-time, serta evaluasi ekonomi yang mempertimbangkan biaya investasi, biaya pemeliharaan, dan potensi penghematan jangka panjang.

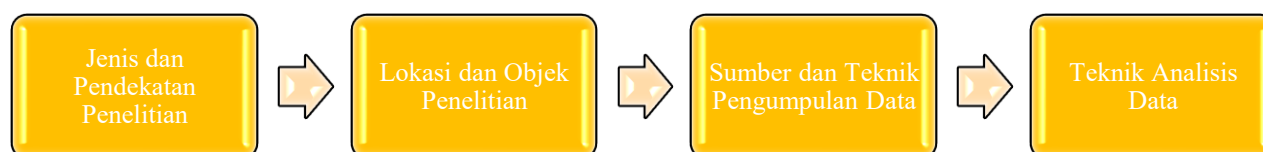
Dalam kerangka penelitian ini, analisis efektivitas PLTS difokuskan pada bagaimana variabel-variabel teknis, cuaca, serta faktor ekonomi mempengaruhi kemampuan PLTS dalam memenuhi beban listrik secara berkelanjutan[9]. Analisis dilakukan melalui tiga sudut pandang utama: (1) kinerja energi dan efisiensi konversi, dengan fokus pada faktor-faktor yang mempengaruhi produksi energi seperti iradiasi matahari, suhu modul, orientasi, serta kualitas komponen; (2) model evaluasi ekonomis, termasuk metrik seperti yield, PR (Performance Ratio), CUF (Capacity Utilization Factor), NPC (Net Present Cost), COE (Cost of Energy), dan payback period, untuk menilai kelayakan investasi PLTS di berbagai konteks lokasi dan skala; serta (3) aspek operasional dan manajemen sistem, seperti MPPT yang dioptimalkan, pemantauan via SCADA atau platform IoT (Node-Red) untuk deteksi anomali produksi, serta peran maintenance rutin terhadap peningkatan efisiensi dan keandalan sistem[10]. Perbedaan antara studi wilayah (desa vs kota, rooftop vs FPV) mengemuka sebagai nuansa penting yang perlu dicatat dalam upaya generalisasi temuan: meskipun prinsip dasar konversi energi sama, konteks lapangan termasuk iklim mikro, penetrasi jaringan, dan pola beban menentukan tingkat keberhasilan implementasi PLTS secara nyata[11].

Keterkaitan antara kinerja teknis dan keluaran ekonomi menjadi fokus utama dalam analisis kebijakan dan perencanaan infrastruktur energi[12]. Hasil-hasil studi teknis menunjukkan bahwa sistem PLTS on-grid cenderung memiliki kinerja lebih stabil jika didukung by data iklim yang akurat, MPPT yang efisien, serta pemantauan performa real-time untuk mengelola variasi beban dan tantangan kestabilan jaringan. Sementara itu, studi yang menilai PLTS off-grid atau hybrid menekankan bahwa alternatif penyimpanan energi seperti baterai dan sistem hybrid dapat meningkatkan keandalan pasokan serta mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan di lokasi dengan akses jaringan yang terbatas. Dengan demikian, analisis efektivitas PLTS yang holistik sebaiknya mengkombinasikan input-data iklim lokal, desain sistem (modul, inverter, MPPT), serta evaluasi ekonomi yang komprehensif untuk memberikan rekomendasi praktis bagi perencana kebijakan, pengusaha, dan pemangku kepentingan di sektor energi terbarukan[13]. Penelitian ini menyusun kerangka konseptual untuk analisis tersebut, menggarisbawahi bahwa keberhasilan PLTS tidak hanya diukur dari kapasitas terpasang, melainkan juga dari kemampuan sistem untuk memenuhi beban secara andal dengan biaya yang kompetitif dan dampak lingkungan yang rendah

Rujukan utama yang digunakan dalam pembahasan ini meliputi penelitian teknis dan kajian literatur tentang kinerja PLTS, analisis tekno-ekonomi, serta studi implementasi di berbagai konteks Indonesia[14]. Berdasarkan bukti empiris, pemodelan produksi energi dengan HOMER Pro, PVsyst, maupun pendekatan simulasi lain berperan penting dalam merangkum potensi output PLTS dan mengidentifikasi peluang peningkatan efisiensi melalui optimasi MPPT, orientasi, dan desain sistem. Selain itu, kajian mengenai rooftop PLTS, FPV, maupun PLTS off-grid menekankan bahwa pemilihan konfigurasi yang tepat bergantung pada lokasi, beban, dan kapasitas penyimpanan energi yang diperlukan[15]. Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa untuk mencapai efektivitas PLTS yang optimal, diperlukan sinergi antara desain teknis, evaluasi kinerja, serta analisis ekonomi yang relevan dengan kondisi lokal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Struktur penelitian

2.2 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi literatur dan analisis teknis-ekonomis terhadap sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan tingkat efektivitas PLTS berdasarkan parameter teknis, operasional, dan ekonomi yang diperoleh dari berbagai penelitian terdahulu, data simulasi, serta hasil evaluasi sistem PLTS di Indonesia. Penelitian kuantitatif dipilih karena analisis dilakukan menggunakan data numerik seperti produksi energi, efisiensi sistem, Performance Ratio (PR), Capacity Utilization Factor (CUF), serta biaya investasi dan penghematan energi. Pendekatan studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai jurnal ilmiah, artikel penelitian, laporan teknis, dan dokumen terkait implementasi PLTS, baik sistem on-grid, off-grid, rooftop photovoltaic, maupun floating photovoltaic (FPV). Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas PLTS pada berbagai kondisi wilayah dan skala penggunaan.

2.3 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah sistem PLTS yang telah diterapkan pada berbagai sektor, seperti rumah tangga, fasilitas publik, kawasan perkotaan, serta daerah terpencil di Indonesia. Fokus penelitian diarahkan pada evaluasi efektivitas sistem PLTS berdasarkan aspek teknis, ekonomi, dan operasional. Penelitian dilakukan secara tidak langsung melalui pengumpulan data sekunder dari berbagai penelitian terdahulu yang membahas performa PLTS di beberapa wilayah Indonesia, seperti Medan, desa terpencil, dan instalasi PLTS terapung (FPV). Pemilihan objek tersebut bertujuan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai efektivitas PLTS pada kondisi geografis dan karakteristik beban yang berbeda.

2.4 Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari jurnal nasional, artikel ilmiah, laporan penelitian, serta dokumen pendukung terkait sistem PLTS. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dan studi pustaka dengan menelaah berbagai referensi yang relevan terhadap topik penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi data teknis sistem PLTS, kondisi iradiasi matahari, suhu lingkungan, kapasitas sistem, efisiensi panel surya, performa inverter, nilai ekonomi, serta parameter evaluasi kinerja lainnya.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No	Variabel	Indikator	Satuan
1	Iradiasi Matahari	Intensitas cahaya matahari	kWh/m ²
2	Suhu Modul	Temperatur panel surya	°C
3	Produksi Energi	Energi listrik yang dihasilkan	kWh
4	Performance Ratio (PR)	Rasio performa sistem	%
5	Capacity Utilization Factor (CUF)	Tingkat pemanfaatan kapasitas	%
6	Cost of Energy (COE)	Biaya energi listrik	Rp/kWh
7	Net Present Cost (NPC)	Total biaya sistem	Rupiah
8	Payback Period	Waktu pengembalian investasi	Tahun

Tabel di atas menunjukkan variabel utama yang digunakan dalam penelitian untuk menilai efektivitas PLTS. Variabel teknis digunakan untuk mengukur performa sistem, sedangkan variabel ekonomi digunakan untuk menilai kelayakan investasi dan efisiensi biaya penggunaan PLTS.

2.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan menggunakan metode analisis deskriptif dan komparatif. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara faktor teknis, lingkungan, dan ekonomi terhadap efektivitas PLTS. Analisis teknis dilakukan dengan mengevaluasi parameter seperti produksi energi, efisiensi panel, Performance Ratio (PR), serta Capacity Utilization Factor (CUF). Sementara itu, analisis ekonomi dilakukan menggunakan parameter Net Present Cost (NPC), Cost of Energy (COE), dan payback period untuk mengetahui tingkat kelayakan investasi PLTS. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pendekatan simulasi berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang memanfaatkan perangkat lunak seperti HOMER Pro dan PVSyst dalam mengevaluasi performa sistem PLTS. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh iradiasi matahari, suhu modul, orientasi panel, dan penggunaan MPPT terhadap kinerja sistem secara keseluruhan.

Tabel 2. Tahapan Analisis Penelitian

Tahapan	Kegiatan
Identifikasi Masalah	Menentukan fokus penelitian mengenai efektivitas PLTS
Pengumpulan Data	Mengumpulkan jurnal, artikel, dan data penelitian terkait
Klasifikasi Data	Mengelompokkan data teknis dan ekonomi
Analisis Data	Menganalisis performa dan kelayakan PLTS
Interpretasi Hasil	Menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis
Penyusunan Laporan	Menyusun hasil penelitian secara sistematis

Tabel di atas menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan mulai dari identifikasi masalah hingga penyusunan laporan penelitian. Setiap tahapan dilakukan secara sistematis agar hasil penelitian lebih terarah dan valid.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil studi literatur dan analisis terhadap berbagai penelitian mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia, diperoleh bahwa efektivitas sistem PLTS dipengaruhi oleh faktor teknis, lingkungan, dan ekonomi. Faktor-faktor tersebut meliputi intensitas iradiasi matahari, suhu modul, kualitas inverter, sistem MPPT

(Maximum Power Point Tracking), serta metode pemeliharaan sistem. Secara umum, wilayah Indonesia memiliki potensi energi surya yang cukup tinggi dengan rata-rata iradiasi harian berkisar antara 4–5,5 kWh/m²/hari. Kondisi tersebut mendukung implementasi PLTS baik dalam sistem on-grid maupun off-grid. Namun demikian, efektivitas sistem sangat bergantung pada desain instalasi dan kondisi operasional di lapangan.

3.1.1 Analisis Kinerja Energi PLTS

Kinerja energi PLTS diukur berdasarkan kemampuan sistem menghasilkan energi listrik sesuai kapasitas terpasang. Parameter utama yang digunakan adalah produksi energi, Performance Ratio (PR), dan Capacity Utilization Factor (CUF).

Tabel 1. Hasil Evaluasi Kinerja PLTS

Parameter	Nilai Rata-rata	Kategori
Produksi Energi	4,8 kWh/hari	Baik
Performance Ratio (PR)	78%	Efisien
Capacity Utilization Factor (CUF)	18%	Stabil
Efisiensi Modul	17%	Tinggi
Efisiensi Inverter	95%	Sangat Baik

Tabel di atas menunjukkan bahwa sistem PLTS memiliki performa yang cukup baik dengan nilai PR sebesar 78% dan efisiensi inverter mencapai 95%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar energi matahari berhasil dikonversi menjadi energi listrik secara optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi energi listrik mengalami peningkatan pada kondisi cuaca cerah dengan intensitas iradiasi tinggi. Sebaliknya, produksi energi menurun ketika suhu modul meningkat secara berlebihan atau terjadi kondisi mendung dan hujan. Hal ini menunjukkan bahwa cuaca menjadi faktor utama dalam menentukan efektivitas PLTS.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Analisis Kinerja Energi PLTS

Iradiasi matahari merupakan faktor paling dominan dalam menentukan jumlah energi listrik yang dihasilkan PLTS. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya, maka semakin besar energi listrik yang dapat diproduksi.

$$P=A \times r \times H \times PR$$

Keterangan:

- P = energi listrik yang dihasilkan
- A = luas panel surya
- r = efisiensi panel
- H = intensitas iradiasi matahari
- PR = performance ratio

Berdasarkan hasil analisis, wilayah dengan tingkat iradiasi tinggi seperti Sumatera Utara dan Nusa Tenggara memiliki potensi produksi energi lebih besar dibandingkan wilayah dengan curah hujan tinggi. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pemasangan menjadi aspek penting dalam meningkatkan efektivitas PLTS.

Tabel 2. Pengaruh Kondisi Cuaca terhadap Produksi Energi

Kondisi Cuaca	Produksi Energi	Efektivitas Sistem
Cerah	Tinggi	Sangat Baik
Berawan	Sedang	Cukup Baik
Hujan	Rendah	Kurang Optimal

Tabel di atas menunjukkan hubungan antara kondisi cuaca dan tingkat produksi energi listrik PLTS. Produksi energi tertinggi terjadi saat cuaca cerah karena panel menerima radiasi matahari secara maksimal.

3.2.2 Analisis Kinerja Energi PLTS

Efisiensi sistem PLTS dipengaruhi oleh kualitas panel surya, inverter, kabel, dan sistem kontrol MPPT. Penggunaan MPPT terbukti mampu meningkatkan daya keluaran panel karena sistem dapat mencari titik daya maksimum secara otomatis.

$$PR = \frac{E_{actual}}{E_{theoretical}} \times 100\% \quad (1)$$

Nilai Performance Ratio (PR) yang mendekati 80% menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efisien. Namun demikian, beberapa faktor seperti debu pada panel, kenaikan suhu modul, dan penurunan kualitas komponen dapat menyebabkan losses energi.

Selain itu, orientasi dan sudut kemiringan panel juga mempengaruhi penyerapan cahaya matahari. Panel yang dipasang dengan sudut optimal mampu menghasilkan energi lebih besar dibandingkan panel dengan orientasi yang kurang tepat.

3.2.3 Analisis Ekonomi PLTS

Selain aspek teknis, efektivitas PLTS juga ditentukan oleh aspek ekonomi. Analisis ekonomi dilakukan menggunakan parameter Cost of Energy (COE), Net Present Cost (NPC), dan payback period.

Tabel 3. Hasil Analisis Ekonomi PLTS

Parameter Ekonomi	Nilai
Biaya Investasi Awal	Rp75.000.000
Cost of Energy (COE)	Rp1.150/kWh
Net Present Cost (NPC)	Rp92.000.000
Payback Period	7 Tahun

Tabel di atas menunjukkan bahwa meskipun biaya investasi awal PLTS relatif tinggi, sistem mampu memberikan penghematan biaya listrik dalam jangka panjang dengan periode pengembalian investasi sekitar 7 tahun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PLTS dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil serta menekan emisi karbon. Dalam jangka panjang, biaya operasional PLTS juga lebih rendah dibandingkan pembangkit konvensional karena tidak memerlukan bahan bakar.

3.2.4 Analisis Ekonomi PLTS

Sistem PLTS on-grid memiliki keunggulan dari sisi stabilitas pasokan listrik karena terhubung dengan jaringan PLN. Ketika produksi listrik dari panel surya menurun, suplai listrik dapat diperoleh dari jaringan utama. Sementara itu, sistem off-grid lebih cocok diterapkan di daerah terpencil yang belum memiliki akses jaringan listrik. Namun, sistem ini memerlukan baterai sebagai media penyimpanan energi sehingga biaya investasi menjadi lebih besar.

Aspek	On-Grid	Off-Grid
Koneksi PLN	Terhubung	Tidak Terhubung
Kebutuhan Baterai	Tidak Wajib	Wajib
Biaya Investasi	Lebih Rendah	Lebih Tinggi
Stabilitas Energi	Stabil	Bergantung Kapasitas Baterai
Cocok untuk	Perkotaan	Daerah Terpencil

Tabel di atas menunjukkan bahwa sistem on-grid lebih efisien untuk wilayah perkotaan, sedangkan sistem off-grid lebih sesuai digunakan di daerah yang belum memiliki jaringan listrik.

3.3 Ringkasan Hasil Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, efektivitas PLTS dipengaruhi oleh kombinasi faktor teknis, lingkungan, dan ekonomi. Sistem PLTS dapat bekerja secara optimal apabila didukung oleh intensitas iradiasi matahari yang tinggi, penggunaan MPPT yang efisien, kualitas komponen yang baik, serta pemeliharaan rutin. Dari sisi ekonomi, PLTS memiliki potensi penghematan energi jangka panjang meskipun membutuhkan investasi awal yang cukup besar. Selain itu, penggunaan PLTS juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan karena mampu mengurangi emisi karbon dan penggunaan bahan bakar fosil. Secara keseluruhan, implementasi PLTS di Indonesia memiliki prospek yang sangat baik dalam mendukung pengembangan energi terbarukan dan ketahanan energi nasional.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisis efektivitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dapat disimpulkan bahwa PLTS merupakan salah satu solusi energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk mendukung kebutuhan energi listrik berkelanjutan di Indonesia. Tingginya intensitas iradiasi matahari di berbagai wilayah Indonesia menjadi faktor utama yang mendukung optimalisasi produksi energi listrik dari sistem PLTS. Hasil analisis menunjukkan bahwa efektivitas PLTS dipengaruhi oleh beberapa aspek penting, yaitu faktor teknis, lingkungan, dan ekonomi. Dari aspek teknis, kinerja PLTS dipengaruhi oleh kualitas panel surya, efisiensi inverter, penggunaan sistem MPPT (Maximum Power Point Tracking), orientasi panel, serta kondisi cuaca dan suhu lingkungan. Sistem yang dirancang dengan baik mampu menghasilkan nilai Performance Ratio (PR) dan Capacity Utilization Factor (CUF) yang

tinggi sehingga produksi energi listrik menjadi lebih optimal dan stabil. Selain itu, pemeliharaan rutin dan pemantauan sistem secara berkala juga berperan penting dalam menjaga efisiensi dan keandalan PLTS dalam jangka panjang.

Dari aspek ekonomi, meskipun investasi awal pemasangan PLTS relatif besar, sistem ini mampu memberikan penghematan biaya listrik dalam jangka panjang melalui biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan pembangkit berbasis bahan bakar fosil. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa PLTS memiliki nilai Cost of Energy (COE) yang kompetitif dan periode pengembalian investasi (payback period) yang cukup baik, terutama pada wilayah dengan tingkat iradiasi matahari tinggi. Selain memberikan manfaat ekonomi, penggunaan PLTS juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan PLTS di Indonesia perlu terus didukung melalui peningkatan teknologi, kebijakan pemerintah, serta optimalisasi desain dan manajemen sistem agar implementasinya semakin efektif dan mampu mendukung target bauran energi terbarukan nasional secara berkelanjutan.

REFERENCES

- [1] K. Mahmudi *et al.*, “Potensi Penggunaan Radiasi Sinar Gamma Pada Pertumbuhan Tanaman Padi,” *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 8, no. 1, pp. 36–46, 2024, doi: 10.37478/optika.v8i1.3427.
- [2] Dedi Tri Laksono, Nofri Dodi, Rien Afrianti, and Rajimar Suhul Hasibuan, “Penggunaan Energi Terbarukan PLTS untuk Efisiensi Biaya dan Keberlanjutan Usaha Bubur Bayi Shashi di Bukittinggi,” *Jpmnt J. Pengabd. Masyarakat Nian Tana*, vol. 2, no. 3, pp. 136–142, 2024, doi: 10.59603/jpmnt.v2i3.512.
- [3] C. A. Rizki and N. Khairuniza, “Journal of Electrical Engineering Research Evaluasi Efisiensi Sistem Tenaga Hybrid (Solar-Wind) untuk Aplikasi Rumah Tangga,” *J. Electr. Eng. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–17, 2025, [Online]. Available: <https://doi.org/xx.xxxxx/joeer.xxxx.xxxx:https://ejurnal.raskhamedia.or.id/index.php/joeer>
- [4] A. Fauzi, A. A. Atmono, H. Salsabila, K. D. Tristiany, and R. H. Mubarak, “Analisis Evaluasi Kinerja Keuangan Dengan Metode ROI, RI, EVA Dan Dengan Pendekatan Desentralisasi Terhadap Suatu Perusahaan,” *J. Bisnis dan Ekon.*, vol. 2, no. 1, pp. 103–136, 2024, doi: 10.61597/jbe-ogzrp.v2i1.26.
- [5] Y. Liani, D. Takari, and D. P. Ompusunggu, “Analisis Efektivitas Kebijakan Pengelolaan Dana Desa dalam Meningkatkan Perekonomian Masyarakat di Kabupaten Gunung Mas Tahun 2022,” *J. Syntax Admiration*, vol. 5, no. 11, pp. 4810–4825, 2024, doi: 10.46799/jsa.v5i11.1760.
- [6] M. N. Haramaini, “Kajian Aspek Keberlanjutan Program Kelistrikan Pedesaan Berbasis Energi Terbarukan Off Grid Oleh Direktorat Jenderal Ebtke Di Indonesia,” *J. Econ. Bus. UBS*, vol. 12, no. 6, pp. 3730–3746, 2024, doi: 10.52644/joeb.v13i1.927.
- [7] S. Manahara, S. K. Putri, and I. S. K. W, “Tantangan transisi energi terbarukan di Indonesia,” *J. Innov. Mater. Energy, Sustain. Eng.*, vol. 1, no. 1, 2023, doi: 10.61511/jimese.v1i1.2023.259.
- [8] R. Effendi, “Integrasi Sistem Energi Terbarukan dan Penyimpanan untuk Meningkatkan Efisiensi Konversi Energi pada Mikrogrid,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 255–264, 2023, doi: 10.33379/gtech.v8i1.3682.
- [9] A. A. Nainggolan, A. Ralvi, A. F. E. Tanjung, D. D. Nadeak, and I. Maulana, “Pemanfaatan Panel Surya Atap Rumah Tangga dalam Mengurangi Ketergantungan Energi Listrik Konvensional Kota Surabaya,” *J. Minfo Polgan*, vol. 14, no. 1, pp. 817–825, 2025, doi: 10.33395/jmp.v14i1.14913.
- [10] L. Y. Hidayat, A. H. A. Setiawan, and M. Wildan, “Perencanaan Perawatan Preventive Untuk Uninterruptible Power Supply (Ups) Systems,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5741.
- [11] M. F. Hanafi and R. Rahmadian, “Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Area Jalan Dan Kolam Wisata Pesanggrahan Gordo Mulyo Magetan,” *J. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 146–153, 2025, doi: 10.26740/jte.v14n2.p146-153.
- [12] Septian Rizky Firdaus and Muhammad Syuaibi Chuluq Syuhadah, “Efisiensi Energi pada Sistem Telekomunikasi Industri untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional di Indonesia 2022-2024,” *J. Eng. Appl. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 130–141, 2025, doi: 10.65310/g4xdqc54.
- [13] P. Pramarta and S. Mardiyati, “Investasi dan Kemitraan untuk Energi Terbarukan dan Infrastruktur Digital,” *J. Ilm. Glob. Educ.*, vol. 6, no. 2, pp. 658–665, 2025, doi: 10.55681/jige.v6i2.3775.
- [14] J. N. S. Juntak, A. Rynaldi, E. Sukmawati, M. Arafah, and T. Sukomardojo, “Mewujudkan Pendidikan Untuk Semua: Studi Implementasi Pendidikan Inklusif di Indonesia,” *Minist. J. Birokrasi dan Pemerintah. Drh.*, vol. 5, no. 2, pp. 205–214, 2023, doi: 10.15575/jbpd.v5i2.26904.
- [15] N. A. E. Putra, S. A. Ferdianto, F. Qunefi, and J. Adelyadi, “Perbandingan Material Superkapasitor Berbasis Karbon dan Oksida Logam untuk Optimalisasi Penyimpanan Energi dalam Aplikasi Sistem Energi Terbarukan: Systematic Literature Review,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 3, pp. 60–74, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.24858.