

Prediksi Energi Dan *Performance Ratio* Plts On-Grid 21 kWp Pada Perumahan Di Lampung Menggunakan Pvsys

Andi Dyah Harum Hardyanti¹, Tony Koerniawan^{2*}, Muammar Faiq Fsj³, Sigit Sukmajati⁴, Novi Gusti Pahiyanti⁵, Nayusrizal⁶

^{1,2,3,4,5,6} Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN

Email Korespondensi: tony.koerniawan@itpln.ac.id

Received: June 2024; Revised: July 2024; Published: July 2024

Abstrak

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memerlukan simulasi yang akurat untuk memastikan kinerja dan kelayakan sistem sebelum dibangun. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk mensimulasikan dan merancang sistem PLTS on-grid yang bertujuan mengurangi beban listrik pada suatu kawasan semi-perumahan. Lokasi penelitian berada di Perumahan Guru, Kotabumi, Lampung Utara, dengan total konsumsi energi listrik harian sebesar 242 kWh/hari yang berasal dari 35 rumah tangga. Sistem PLTS yang dirancang memiliki kapasitas 20 kWp, terdiri dari 102 modul fotovoltaik berdaya 205 Wp dan dua unit inverter masing-masing berkapasitas 10 kWp. Kelayakan sistem dievaluasi menggunakan parameter Performance Ratio (PR) serta perbandingan hasil simulasi PVsyst dengan perhitungan manual. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu mengurangi beban listrik sebesar sekitar 33%. Nilai Performance Ratio yang diperoleh dari simulasi PVsyst sebesar 85%, sedangkan dari perhitungan manual sebesar 83%. Energi listrik rata-rata tahunan yang dihasilkan berdasarkan simulasi PVsyst mencapai 30,23 MWh/tahun, sementara hasil perhitungan manual sebesar 29,55 MWh/tahun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perencanaan PLTS menggunakan PVsyst memberikan hasil yang mendekati perhitungan manual dan layak untuk diterapkan pada lokasi penelitian. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan teknis bagi perencana energi dan pengembangan perumahan dalam merancang sistem PLTS skala kawasan dengan karakteristik beban serupa. Dari perspektif kebijakan, studi ini mendukung pengembangan kebijakan pemanfaatan PLTS atas berbasis komunitas sebagai strategi pengurangan beban jaringan dan peningkatan penetrasi energi terbarukan di sektor perumahan, khususnya di wilayah semi-perkotaan di Indonesia.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya; PLTS On-Grid; PVsyst; Performance Ratio; Energi Surya

Energy Yield And Performance Ratio Prediction Of A 21 kWp On-Grid Photovoltaic System In Residential Housing In Lampung Using PVsyst

Abstract

Planning a Solar Power Plant (PLTS) requires accurate simulation to ensure system performance and feasibility before implementation. This study utilizes PVsyst software to simulate and design an on-grid PLTS system aimed at reducing electricity demand in a semi-residential area. The study location is in Perumahan Guru, Kotabumi, North Lampung, with a total daily electricity consumption of 242 kWh/day from 35 households. The designed PLTS system has a capacity of 20 kWp, consisting of 102 photovoltaic modules of 205 Wp each and two inverters with 10 kWp capacity each. System feasibility is evaluated using the Performance Ratio (PR) parameter and by comparing PVsyst simulation results with manual calculations. The analysis shows that the PLTS system can reduce total electricity demand by approximately 33%. The Performance Ratio obtained from PVsyst simulation is 85%, while the manual calculation yields 83%. The average annual energy produced based on PVsyst simulation is 30.23 MWh/year, compared to 29.55 MWh/year from manual calculation. The results indicate that PLTS planning using PVsyst produces results close to manual calculations and is feasible for implementation at the study site. Practically, the results of this study can serve as a technical reference for energy planners and housing developers in designing area-scale PV systems with similar load characteristics. From a policy perspective, this study supports the development of community-based rooftop PV policies as a strategy to reduce grid load and increase the penetration of renewable energy in the residential sector, particularly in semi-urban areas of Indonesia.

Keywords: Solar Power Plant; On-Grid PLTS; PVsyst; Performance Ratio; Solar Energy

How to Cite: Hardyanti, A. D. H., Koerniawan, T., Fsj, M. F., Sukmajati, S., Pahiyanti, N. G., & Nayusrizal. (n.d.). Prediksi Energi Dan Performance Ratio Plts On-Grid 21 kWp Pada Perumahan Di Lampung Menggunakan Pvsys. *Journal of Authentic Research*, 132-146. <https://doi.org/10.36312/5vb50p39>



<https://doi.org/10.36312/5vb50p39>

Copyright© 2026, Hardyanti et al.
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

(Igbeghe et al., 2023; Novia et al., 2026; Zhou et al., 2025) menyatakan energi merupakan kebutuhan utama sepanjang peradaban umat manusia. Peningkatan kebutuhan energi dapat menjadi indikator peningkatan kemakmuran, namun pada saat yang sama menimbulkan masalah dalam usaha penyediaannya. Dengan kian menipisnya cadangan minyak bumi di Indonesia, pemanfaatan energi alternatif nonfosil harus ditingkatkan. Ada beberapa energi alam sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas yang dikenal dengan energi terbarukan dan salah satu dari energi terbarukan tersebut ialah energi surya. Cara kerja konversi energi ini adalah cahaya matahari terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversi menjadi energi listrik. Energi yang diserap oleh sel surya diserahkan pada elektron sel surya untuk dikonversi menjadi energi listrik (Islam, 2020).

Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang semakin meningkat tersebut, maka pemerintah terus meningkatkan program pembangunan prasarana dan sarana tenaga listrik untuk menjangkau wilayah yang lebih luas. Akan tetapi, dengan kondisi geografis wilayah di bagian-bagian Indonesia yang penyebaran penduduknya tidak merata merupakan kendala utama untuk menambah jaringan distribusi listrik PLN ke setiap daerah. Selain faktor geografis, kendala lainnya adalah investasi jaringan listrik yang mahal, daya beli masyarakat yang rendah, dan kapasitas sistem kelistrikan yang terbatas.

(Aghaei, 2020; Torres-Sibille et al., 2009) menyatakan kemampuan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam memproduksi energi tidak sama dengan kemampuan pembangkit listrik yang menggunakan energi konvensional. Jumlah energi yang dapat diproduksi oleh PLTS tidak dapat dipastikan setiap harinya karena sistem ini sangat bergantung pada kondisi alam di sekitarnya. Radiasi matahari sebagai sumber energi utama dalam membangkitkan energi listrik pada PLTS tidak selalu konstan dan dapat berubah-ubah setiap waktu, sehingga kondisi tersebut secara langsung mempengaruhi produksi energi listrik yang dihasilkan (Agustin et al., 2025; Cuce et al., 2022). Oleh karena itu, pembangunan PLTS memerlukan perencanaan yang matang dan perhitungan yang akurat agar pemasangan yang dilakukan tidak menimbulkan kerugian. Kondisi ini melatarbelakangi dilakukannya studi rancangan simulasi PLTS dengan pengaplikasian perangkat lunak PVsyst.

Daerah yang dipilih dalam penelitian ini adalah Perumahan Guru di kawasan Bojong, Kabupaten Kotabumi, Lampung Utara, yang merupakan wilayah dengan pasokan energi listrik yang belum terlayani secara optimal. Lokasi ini berada pada daerah perumahan yang terpencar dan dikelilingi oleh perkebunan singkong, sawit, dan karet dengan luas wilayah yang cukup besar. Kawasan ini digunakan sebagai tempat tinggal pensiunan dan pengajar yang mengabdi di daerah tersebut. Selain keterbatasan pasokan energi listrik, pertumbuhan beban listrik yang terus meningkat mengakibatkan tingginya tingkat pemadaman listrik di wilayah ini. Di sisi lain, tingginya intensitas penyinaran matahari menjadikan kawasan tersebut berpotensi untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga surya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari melalui sel surya atau photovoltaic untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya tersusun dari lapisan tipis bahan semikonduktor silikon murni dan material semikonduktor lainnya yang berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi listrik

arus searah (Jeffery, 2022). Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung atau diubah menjadi arus bolak-balik menggunakan inverter. PLTS dapat dirancang untuk mencukupi kebutuhan listrik dalam skala kecil hingga besar, baik secara mandiri maupun terhubung dengan jaringan, serta dapat diterapkan secara terdesentralisasi maupun terpusat (Cuce et al., 2022).

Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan memiliki keunggulan karena ketersediaannya yang melimpah, tidak menimbulkan kebisingan, tidak menghasilkan emisi gas buang, serta ramah terhadap lingkungan. Cahaya matahari yang terdiri atas foton akan menghasilkan pasangan elektron-hole pada sambungan semikonduktor tipe P dan tipe N. Medan listrik pada sambungan PN menyebabkan elektron dan hole bergerak ke arah yang berlawanan sehingga menghasilkan arus listrik ketika kedua sisi dihubungkan melalui rangkaian eksternal. Prinsip kerja ini menjadikan PLTS sebagai salah satu solusi energi alternatif yang berkelanjutan (Seng & Sasso, 2023).

Dalam pengembangan sistem PLTS, pemilihan konfigurasi sistem menjadi aspek penting. Sistem PLTS dapat diklasifikasikan menjadi sistem terpusat atau off-grid, sistem terinterkoneksi atau on-grid, serta sistem hybrid yang menggabungkan lebih dari satu sumber pembangkit. Sistem PLTS on-grid merupakan solusi yang banyak diterapkan di kawasan perumahan karena mampu mengoptimalkan pemanfaatan energi surya sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap jaringan listrik konvensional. Sistem ini bekerja dengan mengalirkan energi listrik hasil konversi modul surya ke jaringan listrik yang ada, sehingga mampu mengurangi beban listrik tanpa memerlukan sistem penyimpanan energi dalam skala besar.

Untuk mendukung perencanaan dan analisis kinerja PLTS, digunakan perangkat lunak PVsyst yang mampu melakukan simulasi sistem secara menyeluruh. PVsyst menyediakan fitur perancangan sistem, analisis kerugian, pengaruh orientasi dan kemiringan modul, serta perhitungan potensi energi berdasarkan data meteorologi yang tersedia. Dengan menggunakan PVsyst, perencanaan PLTS dapat dilakukan secara lebih akurat dan terukur sehingga hasil simulasi dapat dibandingkan dengan perhitungan manual dalam menilai kelayakan sistem yang dirancang. Seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya kesadaran terhadap keberlanjutan energi, penelitian mengenai pembangkit listrik tenaga surya semakin berkembang. Sebagai salah satu teknologi energi terbarukan yang paling banyak digunakan di dunia, PLTS memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik melalui konversi fotovoltaik (PV) yang bekerja dengan mengubah energi surya menjadi energi listrik menggunakan sel surya berbahan semikonduktor (Jeffery, 2022). Sel surya, yang terdiri dari lapisan semikonduktor tipe P dan tipe N, menghasilkan arus listrik ketika cahaya matahari mengenai permukaan sel dan memicu pergerakan elektron dalam material tersebut (Seng & Sasso, 2023).

Saat ini, terdapat berbagai pendekatan dalam pengembangan dan desain PLTS. Penelitian tentang pemilihan dan desain modul surya semakin maju, dengan banyak studi yang mengeksplorasi optimasi orientasi dan kemiringan panel surya untuk meningkatkan efisiensi sistem. Misalnya, Cuce et al. (2022) mengkaji berbagai konfigurasi sistem PLTS dan kinerja dari modul surya, dengan penekanan pada konsep-konsep baru seperti solar chimney power plants yang dapat meningkatkan efisiensi dalam skala besar. Selain itu, sistem PLTS juga dapat dibagi menjadi beberapa kategori, termasuk sistem on-grid, off-grid, dan hybrid, yang masing-

masing memiliki keunggulan dan tantangan tersendiri dalam aplikasi di lapangan (Suriadi & Syukri, 2010).

Dalam penelitian terbaru, perangkat lunak seperti PVsyst telah menjadi alat utama dalam perancangan dan simulasi sistem PLTS. PVsyst menyediakan berbagai fitur yang memungkinkan analisis sistem secara mendalam, mulai dari perancangan awal sistem, pengaruh orientasi dan kemiringan modul, hingga perhitungan potensi energi berdasarkan data meteorologi yang tersedia (Aghaei, 2020). Dengan menggunakan PVsyst, para peneliti dan perancang dapat lebih akurat memprediksi performa sistem PLTS, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi seperti bayangan, kerugian akibat suhu tinggi, dan efek degradasi panel surya.

Selain itu, sejumlah penelitian juga memfokuskan pada pengembangan sistem PLTS terintegrasi dengan sistem energi lain, seperti pembangkit listrik tenaga angin atau biomassa, untuk mengatasi keterbatasan yang dihadapi oleh PLTS dalam hal ketergantungan pada kondisi cuaca dan waktu (Torres-Sibile et al., 2009). Sistem hybrid ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan dan menyediakan pasokan energi yang lebih stabil, meskipun teknologi ini masih memerlukan penyempurnaan lebih lanjut dalam hal efisiensi dan biaya.

Namun, meskipun banyak penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan integrasi sistem PLTS, tantangan besar tetap ada, terutama dalam hal implementasi di daerah-daerah terpencil. Banyak daerah di Indonesia, terutama yang terletak di wilayah terpencil atau sulit dijangkau, masih sangat bergantung pada pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan solusi yang dapat mengatasi masalah distribusi energi di daerah-daerah ini dan memastikan bahwa teknologi PLTS dapat diterapkan secara efektif.

Penelitian ini menawarkan beberapa kontribusi baru yang dapat mengisi gap yang ada dalam pengembangan dan implementasi sistem PLTS di Indonesia, terutama di kawasan perumahan yang terpencil atau belum terlayani dengan baik oleh jaringan listrik. Beberapa aspek yang membedakan penelitian ini dari studi-studi sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Fokus pada Daerah Terpencil di Indonesia: Meskipun banyak penelitian mengenai PLTS telah dilakukan di kawasan yang lebih berkembang atau terhubung dengan jaringan listrik yang lebih baik, penelitian ini fokus pada kawasan perumahan terpencil di Bojong, Kabupaten Kotabumi, Lampung Utara, yang memiliki tantangan khusus dalam hal distribusi energi dan ketergantungan pada pembangkit listrik konvensional. Penelitian ini memberikan wawasan baru mengenai potensi pengembangan PLTS di daerah yang terisolasi dan belum terlayani dengan baik oleh jaringan listrik PLN.
2. Penggunaan Perangkat Lunak PVsyst untuk Perencanaan yang Lebih Akurat: Dalam penelitian ini, perangkat lunak PVsyst digunakan untuk merancang sistem PLTS yang lebih efisien dan tepat sasaran, dengan mempertimbangkan data meteorologi yang lebih akurat dan kondisi geografis lokal. Penggunaan PVsyst memungkinkan analisis mendalam tentang orientasi dan kemiringan panel surya, serta pengaruhnya terhadap kinerja sistem secara keseluruhan. Ini merupakan pendekatan yang lebih canggih dibandingkan dengan perencanaan manual yang sering dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya.

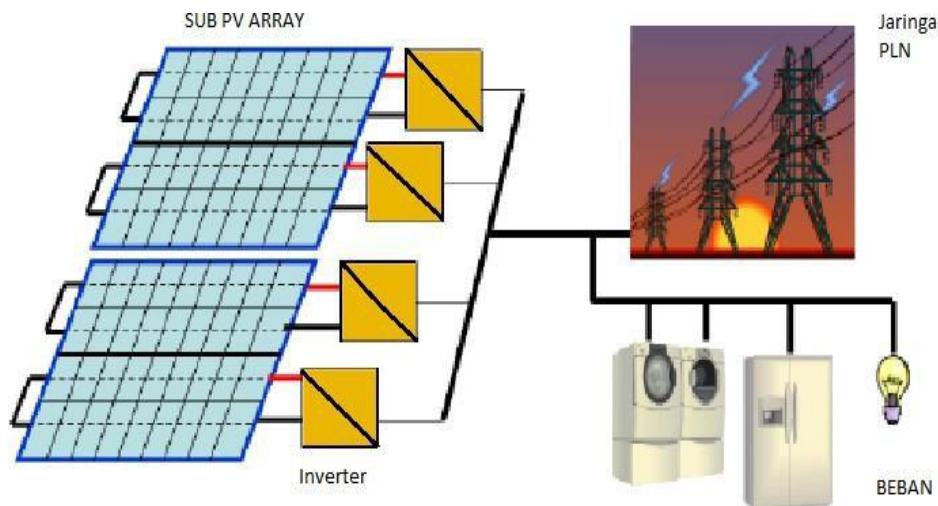
3. Simulasi Kinerja Jangka Panjang dan Perencanaan Keberlanjutan: Penelitian ini tidak hanya berfokus pada perancangan sistem PLTS, tetapi juga pada simulasi kinerja jangka panjang sistem, yang mencakup analisis kerugian dan potensi degradasi modul surya. Dengan simulasi yang lebih mendalam, penelitian ini bertujuan untuk memberikan panduan yang lebih baik bagi perancang PLTS dalam memastikan bahwa sistem yang dibangun dapat bertahan lama dan memberikan manfaat yang optimal bagi masyarakat di daerah terpencil.
4. Pendekatan Berkelanjutan dan Ramah Lingkungan: Selain efisiensi, penelitian ini juga menekankan pada keberlanjutan dan dampak lingkungan dari penggunaan energi surya. Dalam konteks daerah yang tidak terhubung dengan jaringan listrik, penggunaan PLTS dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengisi gap dalam perancangan dan implementasi sistem PLTS di daerah terpencil, tetapi juga memperkenalkan pendekatan baru dalam hal penggunaan perangkat lunak canggih untuk merancang sistem yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

METODE

Perencanaan sistem dalam pembangunan PLTS sangat dibutuhkan karena pemanfaatan PLTS tidak hanya berfungsi sebagai pembangkit listrik, tetapi juga dapat digunakan sebagai pengurang beban jaringan listrik (on-grid), penyedia energi mandiri (off-grid/Solar Home System), maupun sistem hibrida yang terintegrasi dengan pembangkit lain. Pada penelitian ini, sistem PLTS yang digunakan adalah sistem on-grid, yaitu sistem yang terhubung langsung dengan jaringan PLN dan berfungsi untuk mengurangi beban listrik di suatu wilayah. Pendekatan ini dipilih karena kondisi daerah penelitian mengalami keterbatasan pasokan listrik serta tingginya frekuensi pemadaman akibat ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan energi listrik. Selain faktor beban, keterbatasan luas lahan juga menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan sistem PLTS on-grid.

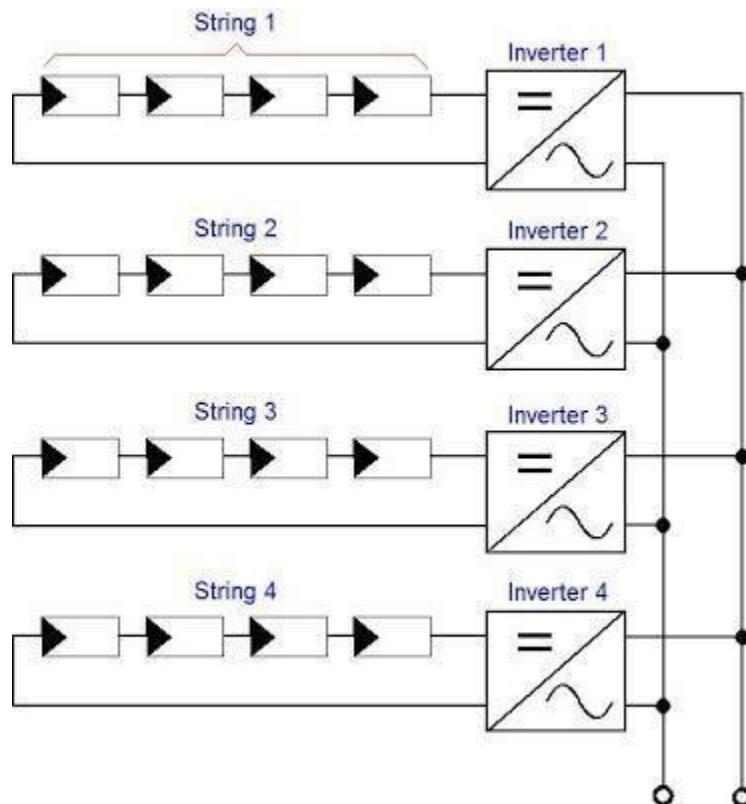
Perencanaan sistem PLTS on-grid dilakukan dengan menyusun rancangan sistem secara menyeluruh yang menggambarkan hubungan antara modul surya, inverter, dan jaringan listrik PLN. Rancangan ini berfungsi sebagai gambaran sederhana alur energi, di mana listrik dari panel surya dikonversi oleh inverter sebelum disalurkan ke jaringan listrik untuk mengurangi konsumsi dari PLN. Rancangan sistem tersebut kemudian digunakan sebagai dasar simulasi dan perhitungan kapasitas PLTS yang sesuai dengan kebutuhan beban di lokasi penelitian.



Gambar 1. Gambar rancangan sistem On Grid

Panel surya yang digunakan dalam simulasi ini merupakan produk Canadian Solar Inc. tipe CS6A-205M yang diproduksi pada tahun 2013. Panel surya ini berjenis monocrystalline dengan daya puncak 205 Wp, tegangan operasi optimal (V_{mp}) sebesar 24,5 V, dan arus operasi optimal (I_{mp}) sebesar 8,38 A. Pemilihan panel surya ini didasarkan pada luas area modul yang relatif besar, sehingga mampu menghasilkan daya yang lebih tinggi per unit panel dan lebih efisien untuk aplikasi PLTS skala kawasan.

Inverter yang digunakan adalah inverter tiga fasa produksi SMA dengan model Sunny Tripower 10000TL-EE-JP-10 yang juga diproduksi pada tahun 2013. Inverter ini memiliki tegangan kerja 300 V dan efisiensi sebesar 97,8%. Sistem pemasangan inverter menggunakan konsep string inverter, yaitu beberapa modul surya disusun secara seri membentuk satu rangkaian (string), kemudian setiap string dihubungkan ke inverter. Konsep ini memudahkan pengelolaan sistem serta meningkatkan keandalan apabila terjadi gangguan pada salah satu string.



Gambar 2. Konsep String Inverter

Lokasi penelitian berada di Perumahan Guru, Kabupaten Kotabumi, Lampung Utara, pada koordinat $4^{\circ}49'39.0''S$ dan $104^{\circ}51'48.6''E$. Wilayah ini dikelilingi oleh perkebunan singkong, lada, dan karet, dengan suhu rata-rata tahunan sekitar $30^{\circ}C$, tingkat kelembapan sekitar 80%, serta intensitas penyinaran matahari yang relatif tinggi. Kondisi tersebut menjadikan wilayah penelitian memiliki potensi yang baik untuk pengembangan PLTS. Data radiasi matahari yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari basis data PVsyst dengan dukungan Meteonorm 7.1, yang secara umum digunakan dalam perencanaan energi surya.

Penentuan arah dan sudut kemiringan panel surya dilakukan untuk memaksimalkan penerimaan radiasi matahari. Untuk wilayah Indonesia yang berada di sekitar garis khatulistiwa, panel surya umumnya dipasang dengan kemiringan kecil agar mampu menangkap radiasi matahari secara optimal sepanjang tahun. Berdasarkan hasil simulasi PVsyst, sudut kemiringan panel yang digunakan adalah 13 derajat dengan orientasi menghadap ke utara.

Perhitungan kapasitas daya modul surya dilakukan dengan mempertimbangkan total kebutuhan energi listrik serta kondisi radiasi matahari terendah, menggunakan faktor penyesuaian sebesar 1,1 untuk mengantisipasi kehilangan energi. Selanjutnya, konfigurasi seri dan paralel modul surya diatur agar tegangan dan arus yang masuk ke inverter sesuai dengan spesifikasi teknis inverter. Untuk menilai kelayakan sistem secara sederhana dan mudah dipahami, kinerja PLTS dianalisis menggunakan parameter Performance Ratio (PR), yaitu perbandingan antara energi listrik aktual yang dihasilkan sistem dengan energi ideal yang seharusnya dapat dihasilkan berdasarkan potensi radiasi matahari. Nilai PR ini memberikan gambaran seberapa efektif sistem PLTS bekerja dalam kondisi nyata dan

dapat menjadi indikator penting dalam perencanaan serta pengambilan keputusan kebijakan energi terbarukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Kapasitas dan Karakteristik Radiasi Matahari

Untuk perencanaan pemasangan PLTS pada perumahan diperlukan data rata-rata radiasi matahari pada lokasi supaya data yang dihasilkan maksimal dan sesuai dengan sistem yang dibutuhkan. Data rata-rata radiasi matahari diambil dari database yang ada dalam PVsyst pada penelitian Meteonorm 7.1. Berdasarkan data PVsyst lamanya radiasi matahari dalam satu hari diperkirakan selama 8 jam sehingga besarnya radiasi matahari yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar perencanaan kapasitas PLTS.

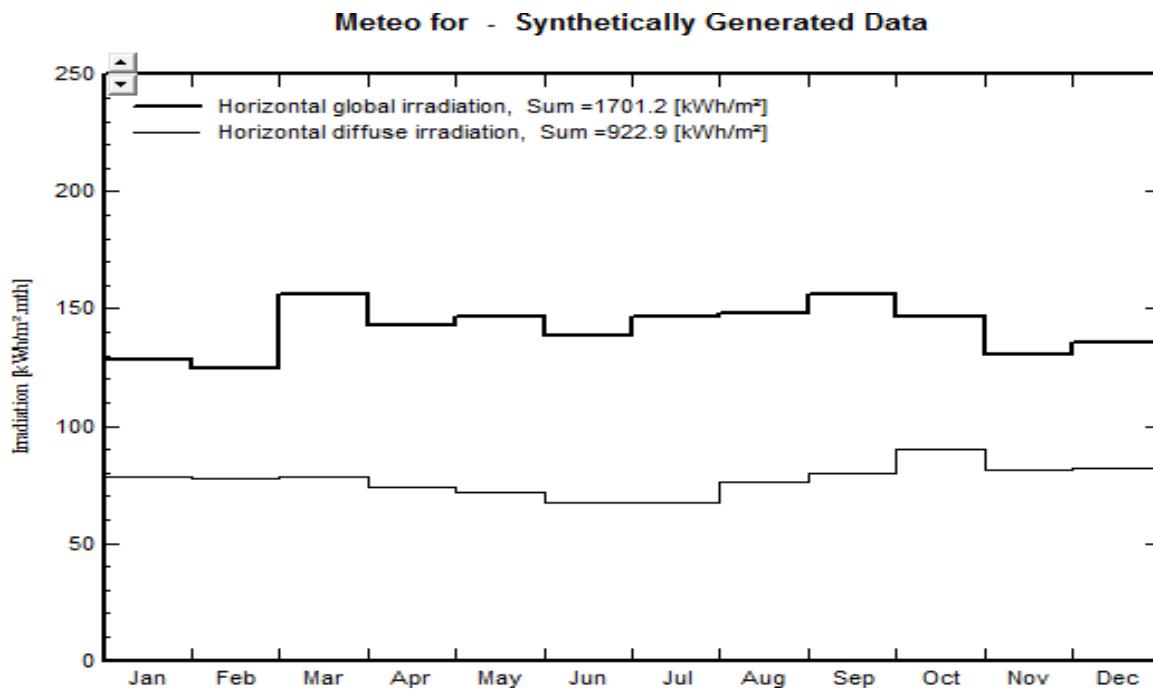
Selain sebagai parameter teknis, informasi radiasi matahari ini juga memiliki implikasi ekonomi karena tingkat radiasi yang tinggi berpotensi meningkatkan produksi energi listrik, yang pada akhirnya dapat menurunkan biaya listrik rumah tangga dalam jangka panjang melalui pengurangan konsumsi energi dari jaringan PLN.

Tabel 1. Radiasi Matahari per Hari

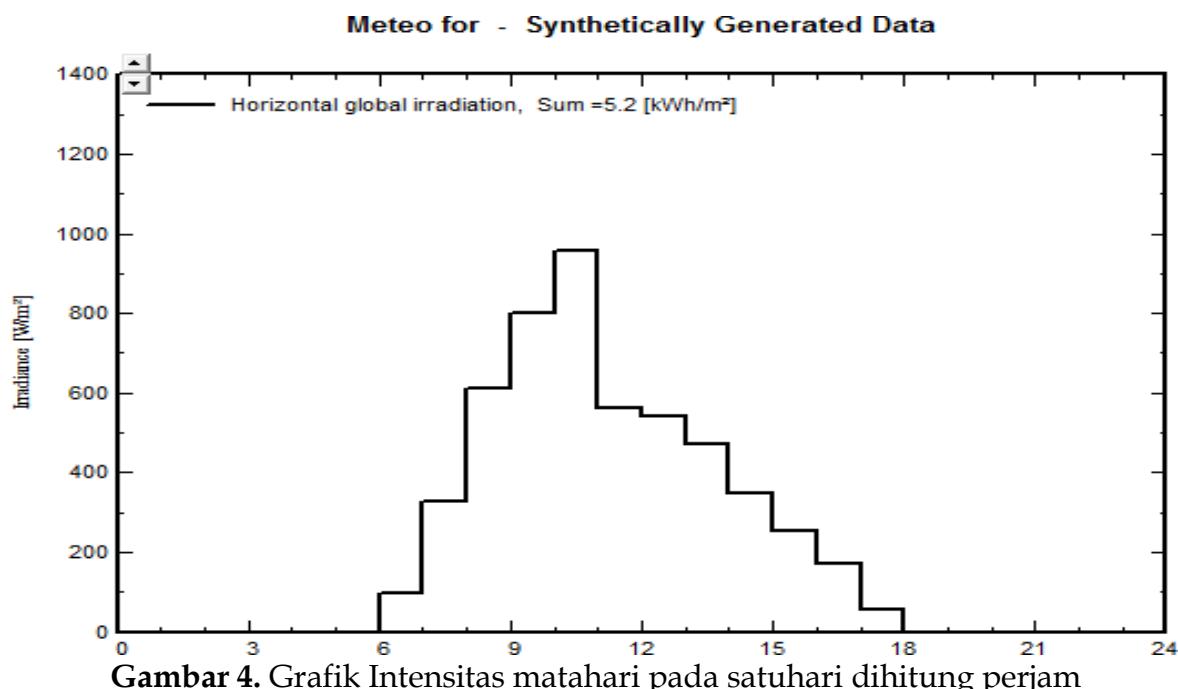
Bulan (2025)	Radiasi Matahari kWh/m ² .day
Januari	4,13
Februari	4,46
Maret	5,04
April	4,77
Mei	4,73
Juni	4,63
Juli	4,73
Agustus	4,78
September	5,21
Oktober	4,73
November	4,34
Desember	4,38
Rata - rata	4,66

Berdasarkan hasil simulasi software PVsyst intensitas radiasi global matahari bulanan diambil dari database Meteonorm 7.1 pada Perumahan Guru. Data tersebut menunjukkan bahwa iradiasi global paling tinggi terjadi pada bulan Maret dan paling rendah terjadi pada bulan Februari yang dihitung dalam satuan kWh/m² per bulan. Selain itu, iradiasi global matahari yang diukur setiap jam menunjukkan bahwa nilai maksimum terjadi antara pukul 10.00 hingga 11.00 siang dengan energi terbesar mencapai sekitar ±900 kWh/m². Penggunaan data radiasi dari database PVsyst

memberikan kemudahan dalam tahap perencanaan awal, namun perlu dicatat bahwa data ini bersifat estimatif dan belum diverifikasi secara langsung melalui pengukuran lapangan, sehingga hasil simulasi masih memiliki potensi deviasi terhadap kondisi riil lokasi penelitian.



Gambar 3. Grafik intensitas Irradiasi matahari bulanan pada lokasi



Gambar 4. Grafik Intensitas matahari pada satuhari dihitung perjam

Analisis Beban Listrik dan Perancangan Sistem PLTS

Data beban diperoleh dari hasil survei langsung ke beberapa rumah di lokasi penelitian yang dilakukan pada tanggal 20 Juni 2025. Jumlah rumah yang berada pada lokasi perumahan mencapai 35 rumah dengan kapasitas daya terpasang yang

bervariasi. Rata-rata penggunaan listrik per hari diperoleh dari pengelompokan jenis beban dan lama penggunaan energi listrik. Total pemakaian energi per hari per rumah sebesar 6.926 Wh sehingga total beban listrik perumahan mencapai 242.410 Wh per hari. Dari perspektif sosial-ekonomi, besarnya konsumsi energi ini mencerminkan kebutuhan listrik dasar rumah tangga yang cukup signifikan, sehingga penerapan PLTS diharapkan dapat membantu menekan pengeluaran rutin keluarga terhadap biaya listrik, terutama pada jam beban puncak.

Tabel 2. Rata - Rata Penggunaan Listrik dalam Sehari

Jumlah	Beban	Daya (Watt)	Lama Penggunaan (Jam)	Jumlah Energi (Wh)
7	Lampu Led / Fluo	14	12	1176
1	Tv / Laptop / Pc	70	10	700
1	Dispenser / Rice Cooker Dll	325	6	1950
1	Kulkas	2.1 Kw	24	2100
1	Mesin Cuci	200	2	400
2	Penggunaan Lain (Handphone, Speaker Dll)	50	6	600
Total Energi				6926 Wh/Day

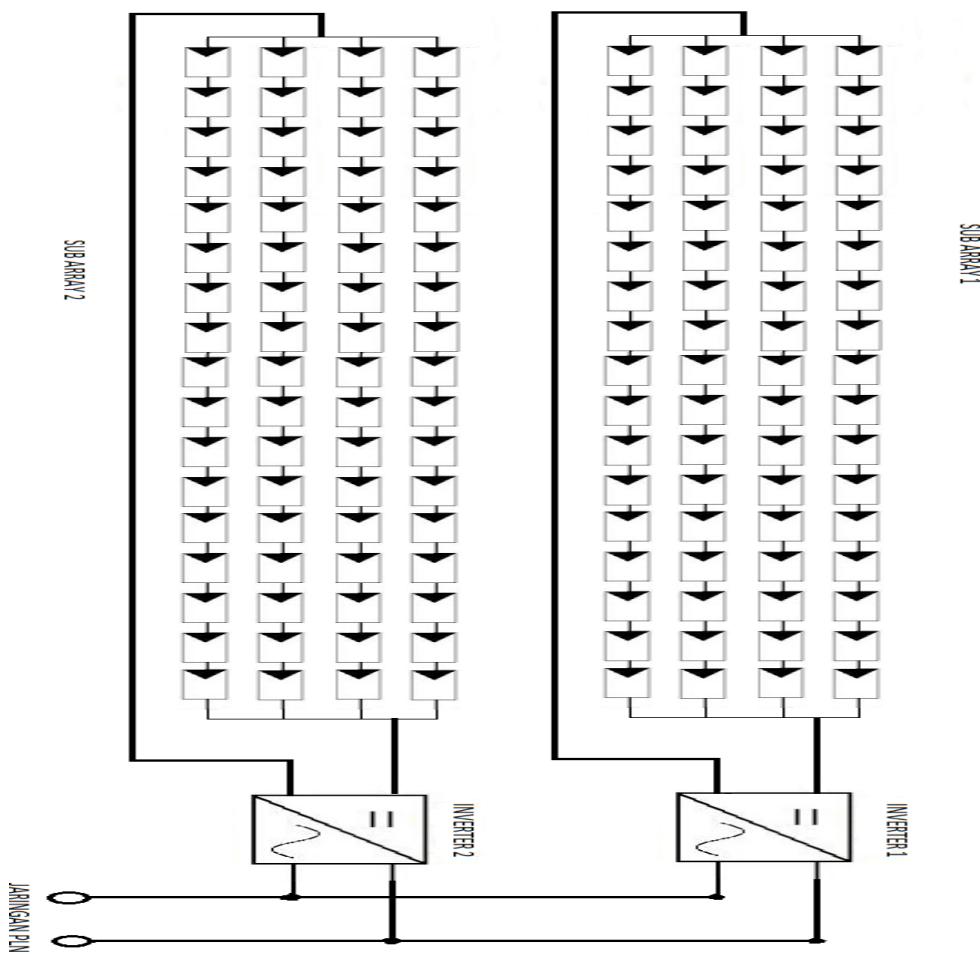
Penentuan kapasitas daya modul surya dilakukan berdasarkan nilai minimum radiasi matahari di lokasi penelitian. Radiasi matahari terendah sebesar 4,13 kWh/m² digunakan sebagai dasar perhitungan kebutuhan daya puncak modul surya dengan faktor penyesuaian sebesar 1,1. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan total daya puncak mencapai 64,5 kWp. Namun, perancangan sistem PLTS dalam penelitian ini hanya difokuskan untuk mengurangi beban listrik sehingga kapasitas yang dirancang sebesar 21 kWp dengan total 102 unit panel surya. Pendekatan ini dipilih dengan mempertimbangkan keterbatasan biaya investasi awal, sehingga sistem PLTS dirancang sebagai solusi parsial yang realistik dan lebih mudah diterapkan pada kawasan perumahan dengan kemampuan ekonomi menengah.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Dan Panel Surya

Total Watt Peak yg di butuhkan	Total Watt Peak yang di rancang	Total panel yang di butuhkan	Total panel yang di rancang
64,5 kWp	21 kWp	315 unit*	102 unit*

Kapasitas inverter yang digunakan disesuaikan dengan daya maksimum modul surya yang dirancang, yaitu 21 kWp. Sistem inverter yang digunakan adalah inverter tripower dengan kapasitas 10 kWp pada masing-masing sub array. Pengaturan seri dan paralel panel surya dilakukan dengan memperhatikan batas tegangan dan arus

input inverter agar tetap berada dalam spesifikasi teknis. Berdasarkan hasil perhitungan, sistem dibagi menjadi dua sub array dengan konfigurasi seri dan paralel yang sama. Dalam implementasi lapangan, pengaturan konfigurasi ini berpotensi menghadapi tantangan teknis seperti keterbatasan ruang atap, variasi kondisi instalasi rumah, serta kebutuhan koordinasi dengan penghuni perumahan selama proses pemasangan.



Gambar 5. Susunan Pemasangan Seri-Paralel Panel Surya

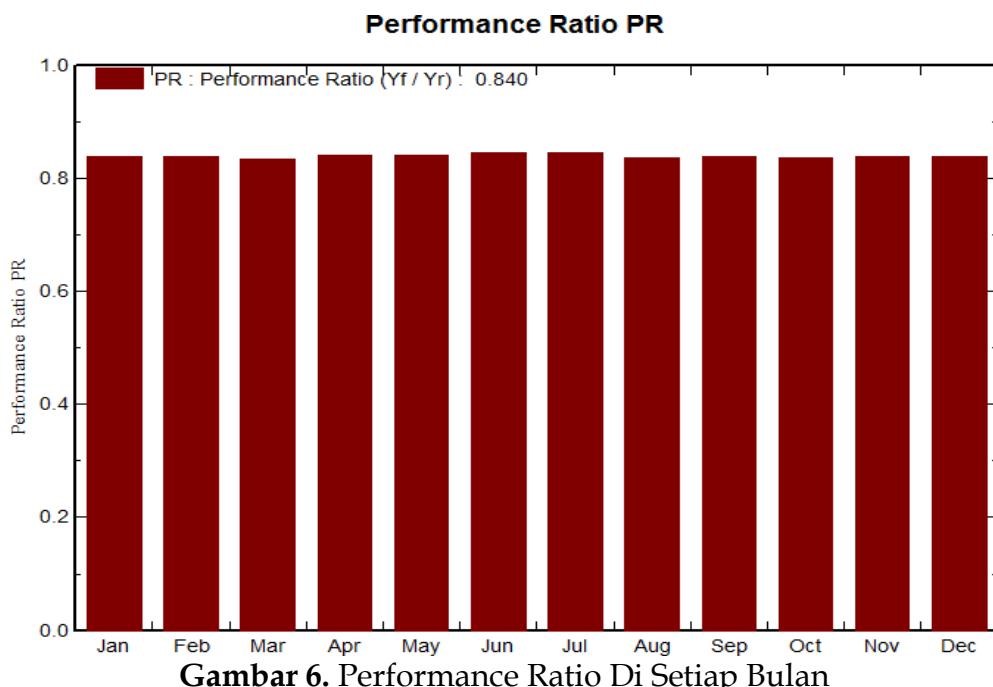
Energi Keluaran dan Kinerja Sistem PLTS

Asumsi rugi-rugi sistem PLTS sebesar 15 persen digunakan dalam perhitungan karena seluruh komponen sistem yang digunakan masih baru. Setelah dikurangi rugi-rugi, daya keluaran PLTS yang diperoleh sebesar 17,77 kW. Energi yang dihasilkan pada kondisi radiasi matahari terendah sebesar 73,4 kWh dan pada kondisi radiasi matahari tertinggi sebesar 92,6 kWh. Berdasarkan nilai rata-rata peak sun hour sebesar 4,66 jam, energi listrik rata-rata tahunan yang dihasilkan mencapai 30.231,046 kWh. Secara ekonomi, energi listrik yang dihasilkan ini berpotensi memberikan penghematan biaya listrik tahunan yang signifikan bagi penghuni perumahan, terutama jika dikaitkan dengan kenaikan tarif listrik jangka panjang.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Radiasi Matahari Dan *Energi Yield*

Radiasi Matahari Terendah (kWh)	Radiasi Matahari Tertinggi (kWh)	Radiasi Matahari Rata-rata (kWh)	<i>Eyield</i> (kWh/tahun)
73,4	92,6	82,8	30231

Performance Ratio (PR) digunakan sebagai parameter untuk menilai kualitas dan kelayakan sistem PLTS berdasarkan perbandingan antara energi aktual yang dihasilkan dengan energi ideal sistem. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa energi ideal sistem sebesar 35.565,82 kWh per tahun, sedangkan energi aktual yang dihasilkan sebesar 30.231,046 kWh per tahun. Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai performance ratio sebesar 85 persen yang menunjukkan bahwa sistem PLTS yang dirancang berada dalam kategori layak. Nilai PR yang tinggi ini menunjukkan bahwa sistem PLTS tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga memberikan dasar yang kuat bagi pengambilan keputusan investasi energi terbarukan pada skala perumahan.

**Gambar 6.** Performance Ratio Di Setiap Bulan

Analisa Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan Simulasi PVsyst

Analisa perbandingan dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi menggunakan software PVsyst pada sistem PLTS on-grid yang dirancang. Perbandingan ini dilakukan pada beberapa parameter utama yaitu energi listrik yang dihasilkan dan nilai performance ratio (PR) sebagai indikator kinerja sistem. Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa energi listrik rata-rata tahunan yang dihasilkan sistem PLTS sebesar 29,55 MWh/tahun, sedangkan hasil simulasi menggunakan PVsyst menunjukkan energi listrik rata-rata tahunan sebesar 30,23 MWh/tahun. Perbedaan nilai energi yang

dihadirkan tersebut menunjukkan adanya selisih yang relatif kecil antara metode perhitungan manual dan simulasi.

Nilai performance ratio yang diperoleh dari hasil perhitungan manual sebesar 83 persen, sedangkan nilai performance ratio dari hasil simulasi PVsyst sebesar 85 persen. Perbedaan nilai performance ratio ini dipengaruhi oleh faktor-faktor losses yang diperhitungkan secara lebih detail dalam simulasi PVsyst, seperti losses akibat temperatur, losses inverter, serta losses akibat konfigurasi sistem. Meskipun terdapat perbedaan nilai antara kedua metode tersebut, hasil yang diperoleh masih berada dalam rentang nilai performance ratio yang layak, yaitu antara 70 persen hingga 90 persen.

Hasil analisa perbandingan antara perhitungan manual dan simulasi PVsyst menunjukkan bahwa perencanaan sistem PLTS menggunakan software PVsyst memberikan hasil yang mendekati perhitungan manual. Dengan demikian, simulasi menggunakan PVsyst dapat dijadikan sebagai alat bantu yang valid dalam perencanaan dan evaluasi kinerja sistem PLTS on-grid sebelum dilakukan implementasi di lapangan. Namun demikian, dalam implementasi nyata, faktor pemeliharaan jangka panjang, degradasi modul surya, serta kesiapan pengguna dalam mengoperasikan dan merawat sistem PLTS juga menjadi tantangan yang perlu diperhitungkan agar kinerja sistem tetap optimal sepanjang umur layanan.

Tabel 6. Hasil Perbandingan Perhitungan Manual Dan PVsyst

	PVsyst	Manual
PR	82%	85%
Energi rata-rata pertahun	29,56 MWh/year	30,23 MWh/year

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan perhitungan yang telah dilakukan, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on-grid yang dirancang pada Perumahan Guru Kabupaten Kotabumi, Lampung Utara memiliki kapasitas sebesar 21 kWp dengan jumlah panel surya sebanyak 102 unit dan menggunakan dua unit inverter masing-masing berkapasitas 10 kWp. Sistem PLTS ini dirancang untuk mengurangi beban listrik perumahan dengan total konsumsi energi harian sebesar 242 kWh. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem PLTS yang dirancang mampu mengurangi beban listrik perumahan sekitar 33 persen dari total kebutuhan energi listrik harian.

Hasil evaluasi kinerja sistem menunjukkan bahwa energi listrik rata-rata tahunan yang dihasilkan berdasarkan perhitungan manual sebesar 29,55 MWh/tahun, sedangkan berdasarkan simulasi menggunakan software PVsyst sebesar 30,23 MWh/tahun. Nilai performance ratio yang diperoleh dari perhitungan manual sebesar 83 persen, sedangkan hasil simulasi PVsyst menunjukkan nilai performance ratio sebesar 85 persen. Perbedaan hasil antara perhitungan manual dan

simulasi PVsyst relatif kecil dan masih berada dalam rentang kelayakan sistem PLTS, sehingga dapat disimpulkan bahwa perencanaan PLTS menggunakan software PVsyst memberikan hasil yang mendekati perhitungan manual dan layak untuk diterapkan pada lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghaei, M. (2020). Solar PV power plants. In *Photovoltaic Solar Energy Conversion* (pp. 313–348). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819610-6.00010-7>
- Agustin, V., Whardani, P. N. K., Nasution, S. M. I., Revolis, M., & Sahti, A. L. (2025). Risk Management Approach in Solar Power Plant Projects Using the SLR Method. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 22(2), 431–438. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v22i2.37273>
- Alamanda, D. (1997). *Prospek PLTS di Indonesia*. Elektro Indonesia, Edisi ke-10.
- Bachtiar, M. (2006). Prosedur perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk perumahan (Solar Home System). *Jurnal SMARTek*, 4(3), Universitas Tadulako, Palu.
- B2TKE PUSPIPTEK. (2016). *Desain SCADA smart grid di kawasan PUSPIPTEK*. Serpong, Jakarta: BPPT
- Cuce, E., Cuce, P. M., Carlucci, S., Sen, H., Sudhakar, K., Hasanuzzaman, M., & Daneshazarian, R. (2022). Solar Chimney Power Plants: A Review of the Concepts, Designs and Performances. *Sustainability*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031450>
- David. (2008). *Pemodelan dan simulasi sistem fotovoltaik menggunakan PSIM* (Tugas akhir). Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Petra, Jakarta.
- Ibeghe, C. B., Mizik, T., Gabnai, Z., & Bai, A. (2023). Trends and Characterization of Primary Energy Sources by Energy and Food Prices. *Energies*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/en16073066>
- Hafidzi, M. (2017). *Profesional solar power system training*. Serpong, Tangerang: Tridinamik Test and Measurement.
- Hasan, H. (2012). Perancangan pembangkit listrik tenaga surya di Pulau Saugi. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*, 10(2).
- Islam. (2020). Modern energy conversion technologies. In *Energy for Sustainable Development* (pp. 19–39). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814645-3.00002-X>
- Jeffery. (2022). An overview of semiconducting silicon nanowires for biomedical applications. In *Semiconducting Silicon Nanowires for Biomedical Applications* (pp. 1–6). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821351-3.00007-0>
- Jos-Asmonov. (2012). Pemanfaatan energi surya sebagai upaya pengembangan energi baru terbarukan dalam rangka diversifikasi energi mix di Indonesia. Diakses dari <http://jos-asmonov.blogspot.co.id/2012/01/photovoltaik-sistem-on-grid.html>
- Novia, N., Jannah, A. M., Melwita, E., Fudholi, A., & Pareek, V. K. (2026). Advances and challenges in deep eutectic solvents pretreatment technologies for bioethanol production from lignocellulosic biomass: A comprehensive

- review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 231, 116752. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2026.116752>
- Putra, I. G. A. A., Giriantari, I. A. D., & Kumara, I. N. S. (2015). Studi sistem pengelolaan PLTS 15 kW stand alone dengan metode Kano di Dusun Yeh Mampeh Kabupaten Bangli. *Jurnal Teknologi Elektro*, 14(1).
- PAPPTEK-LIPI. (2014). *Studi model bisnis dan kemampuan teknologi industri PLTS menuju kemandirian energi* (Seri Laporan Teknis Penelitian No. 2015-01-01-08).
- Penerapan teknologi PLTS sebagai solusi untuk membuka keterisolasian wilayah pedalaman dan terpencil. (2004, 2 Maret). *Berita BPPT*.
- PTKKE-BPPT. (2013). *Studi desain smart micro grid di kawasan PUSPIPTEK Serpong*. Jakarta.
- Riswandi, D. I., dkk. (2013). *Simulasi sistem pembangkit listrik tenaga surya 30 kWp on-grid di Kampus Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) menggunakan software PV SOL** (Tugas akhir). Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Seng, T., & Sasso, P. A. (2023). An Exploration of Using Solar Photovoltaic Cells as a Sustainable Solution in Higher Education. *Higher Education Politics & Economics*, 9(2), 49–65.
- Seksi Integrasi, Pengolahan dan Diseminasi Statistik. (2016). *Kabupaten Lampung Utara dalam angka* (Katalog BPS: 1102001.1806). BPS Kabupaten Lampung Utara.
- Solarpanelsphotovoltaic.net. (2013). *How to find the best solar panel angle or tilt angle*. Diakses dari <http://solarpanelsphotovoltaic.net/find-best-solar-panel-angle-tilt-angle/>
- Suriadi, & Syukri, M. (2010). Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpadu menggunakan software PVsyst pada komplek perumahan di Banda Aceh. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 9(2). Universitas Syiah Kuala.
- Torres-Sibille, A. del C., Cloquell-Ballester, V.-A., Cloquell-Ballester, V.-A., & Artacho Ramírez, M. Á. (2009). Aesthetic impact assessment of solar power plants: An objective and a subjective approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(5), 986–999. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.012>
- Twidell, J., & Weir, T. (1986). *Renewable energy resources*. London & New York: E & FN Spon Ltd; Taylor & Francis.
- Zhou, J., Sun, G., Zhao, H., Qin, H., Bi, Y., & Chen, X. (2025). Association of volatile organic compound metabolites with hearing loss: Unveiling their potential mechanism and intervention target. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 27(2), 437–452. <https://doi.org/10.1039/D4EM00644E>