



Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Alternatif pada Rumah Pembibitan Pertanian

Gunawan Sihombing^{1*}, Kurniawan Lubis², Joko Arif Setiawan³, Irwansyah Putra⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Amir Hamzah Medan, Indonesia

Author(s) Email: ^{1*}gunawansihombing6939@gmail.com, ²kurniawanlubis@123.com, ³jokoarifsetiawan@gmail.com, ⁴irwansyah@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Article history:

Diterima: 31 Januari, 2026

Direvisi: 31 Januari, 2026

Disetujui: 31 Januari, 2026

Diterbitkan: 31 Januari, 2026

ABSTRAK

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di sektor pertanian, khususnya pada rumah pembibitan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif pada rumah pembibitan pertanian. Sistem PLTS yang digunakan merupakan sistem off-grid yang terdiri dari panel surya, solar charge controller, baterai, inverter, serta beban listrik berupa lampu dan pompa air. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pendekatan deskriptif kuantitatif, melalui pengujian langsung dan pengukuran parameter kelistrikan meliputi tegangan, arus, daya, dan energi listrik. Pengujian dilakukan selama beberapa hari dengan interval waktu tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya maksimum yang dihasilkan sistem PLTS mencapai 170,9 W pada pukul 12.00 WIB, mendekati kebutuhan beban pembibitan sebesar 180 W. Rata-rata energi listrik harian yang dihasilkan adalah 901 Wh, sedangkan kebutuhan energi beban sebesar 900 Wh. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS off-grid yang dirancang mampu memenuhi kebutuhan energi listrik rumah pembibitan pertanian dan layak digunakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

Kata Kunci:

Pembangkit Listrik Tenaga Surya, PLTS off-grid, energi terbarukan, pembibitan pertanian.

ABSTRACT

The utilization of renewable energy is one of the solutions to meet electrical energy demands in the agricultural sector, particularly in plant nurseries. This study aims to analyze the performance of a Solar Power Plant (SPP) as an alternative energy source for an agricultural nursery. The implemented system is an off-grid solar power system consisting of solar panels, a solar charge controller, batteries, an inverter, and electrical loads such as lighting and water pumps. The research method employed is an experimental method with a quantitative descriptive approach, conducted through direct testing and measurement of electrical parameters including voltage, current, power, and electrical energy. The system was tested over several days at specific time intervals. The results show that the maximum power generated by the solar power system reached 170.9 W at 12:00 PM, which is close to the nursery load

requirement of 180 Wh. The average daily energy produced by the system was 901 Wh, while the load energy demand was 900 Wh. Based on these results, it can be concluded that the designed off-grid solar power system is capable of meeting the electrical energy requirements of the agricultural nursery and is feasible to be used as an environmentally friendly alternative energy source.

Keywords:

Solar Power Plant, off-grid solar system, renewable energy, agricultural nursery

Corresponding Author:
Gunawan sihombing
Fakultas teknik, program studi teknik elektro universitas amir hamzah
Email: gunawansihombing6939@gmail.com

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

Ketersediaan energi listrik yang andal dan berkelanjutan merupakan faktor penting dalam menunjang kegiatan pembibitan pertanian, terutama untuk memenuhi kebutuhan penerangan, pengairan, serta pengaturan lingkungan tanaman. Proses pembibitan yang optimal membutuhkan dukungan energi listrik secara kontinu agar kondisi mikroklimat dapat terjaga dan aktivitas operasional dapat berlangsung tanpa gangguan. Namun, pada beberapa lokasi pembibitan, khususnya di wilayah pedesaan dan terpencil, keterbatasan akses terhadap jaringan listrik serta tingginya biaya operasional listrik masih menjadi kendala utama yang berdampak langsung pada efisiensi dan produktivitas pembibitan pertanian [1],[2],[3]. Rumah pembibitan pertanian modern memerlukan pasokan listrik untuk mengoperasikan berbagai peralatan, seperti lampu penerangan tambahan, pompa air irigasi, serta perangkat pengendali suhu dan kelembapan tanaman [4][5][6]. Ketergantungan terhadap jaringan listrik konvensional, seperti PLN, di daerah terpencil sering kali menghadapi permasalahan berupa ketidakstabilan pasokan, biaya listrik yang relatif tinggi, serta ketergantungan pada sumber energi berbasis fosil. [7] Kondisi tersebut tidak hanya meningkatkan beban biaya operasional, tetapi juga berpotensi menghambat keberlanjutan kegiatan pembibitan pertanian dalam jangka panjang [8],[9]. Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi yang semakin relevan, salah satunya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS memanfaatkan energi radiasi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik menggunakan teknologi sel fotovoltaik, sehingga mampu menyediakan sumber energi yang bersih, berkelanjutan, dan relatif mudah diterapkan [10],[11]. Sistem PLTS, khususnya dengan konfigurasi off-grid, sangat sesuai digunakan pada sektor pertanian karena dapat beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan pada jaringan listrik utama, terutama di wilayah dengan potensi radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun [12].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem PLTS off-grid berperan signifikan dalam meningkatkan akses energi listrik di kawasan pedesaan dan sektor pertanian, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap produktivitas dan kemandirian energi. Studi di beberapa negara berkembang menunjukkan bahwa adopsi sistem fotovoltaik off-grid berkorelasi dengan peningkatan efisiensi operasional dan keberlanjutan aktivitas pertanian [13]. Selain itu, penerapan PLTS pada sistem pertanian modern, seperti greenhouse dan rumah pembibitan berbasis teknologi cerdas, terbukti mampu memenuhi kebutuhan listrik harian serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi secara keseluruhan [14]. Keunggulan PLTS dalam sektor pertanian tidak hanya terletak pada kemampuannya menyediakan energi listrik secara mandiri, tetapi juga pada aspek keberlanjutan lingkungan [15][16]. Energi surya merupakan sumber energi bersih yang tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca selama proses operasionalnya, sehingga mendukung upaya mitigasi perubahan iklim dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan. Meskipun demikian, penerapan PLTS pada rumah pembibitan pertanian tetap memerlukan kajian teknis yang mendalam untuk memastikan bahwa sistem yang digunakan mampu memenuhi kebutuhan listrik secara konsisten, efektif, dan efisien dalam berbagai kondisi operasional.

Oleh karena itu, analisis kinerja sistem PLTS menjadi hal yang penting untuk dilakukan, khususnya dalam konteks aplikatif pada rumah pembibitan pertanian. Evaluasi terhadap parameter teknis seperti tegangan, arus, daya, serta energi listrik yang dihasilkan diperlukan untuk mengetahui sejauh mana sistem PLTS mampu menggantikan atau melengkapi sumber energi konvensional. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian dengan judul *Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Alternatif pada Rumah Pembibitan Pertanian* menjadi relevan untuk dikaji, guna memberikan gambaran kinerja sistem serta rekomendasi implementasi PLTS yang optimal dalam mendukung kegiatan pembibitan pertanian yang berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif pada rumah pembibitan pertanian. Metode ini dipilih karena memungkinkan pengamatan langsung terhadap performa sistem PLTS melalui pengukuran parameter kelistrikan utama selama sistem beroperasi secara nyata di lapangan. Fokus penelitian diarahkan pada kemampuan sistem PLTS off-grid dalam memenuhi kebutuhan energi listrik operasional rumah pembibitan pertanian secara berkelanjutan dan stabil. Tahapan awal penelitian diawali dengan perancangan sistem PLTS. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan beban listrik rumah pembibitan pertanian, yang meliputi beban penerangan, pompa air irigasi, serta peralatan pendukung lainnya. Total kebutuhan daya dan energi harian dihitung berdasarkan karakteristik beban dan durasi waktu operasional. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, ditentukan kapasitas panel surya, baterai, serta inverter yang sesuai agar sistem mampu menyuplai energi listrik secara optimal. Perancangan ini juga mempertimbangkan faktor kehilangan energi (losses), efisiensi komponen, serta kondisi radiasi matahari di lokasi penelitian. Setelah tahap perancangan selesai, penelitian dilanjutkan dengan instalasi sistem PLTS. Proses instalasi dilakukan sesuai dengan standar pemasangan sistem tenaga surya, meliputi pemasangan modul panel surya pada posisi dan sudut kemiringan yang optimal, pengkabelan antar komponen, pemasangan solar charge controller, baterai penyimpanan, inverter, serta koneksi ke beban listrik rumah pembibitan pertanian. Instalasi yang tepat bertujuan untuk meminimalkan rugi-rugi daya dan menjamin keamanan serta keandalan sistem selama pengoperasian.

Tahap berikutnya adalah pengujian sistem dan pengambilan data. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan sistem PLTS dalam kondisi aktual penggunaan rumah pembibitan pertanian. Pada tahap ini dilakukan pengukuran parameter kelistrikan utama, yaitu tegangan (V), arus (A), daya (W), dan energi listrik (Wh). Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur listrik yang sesuai dan dilakukan pada interval waktu tertentu selama periode pengujian untuk memperoleh data yang representatif. Pengambilan data dilakukan baik pada sisi keluaran panel surya maupun pada sisi beban, sehingga dapat diketahui performa sistem secara menyeluruh. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi pengukuran langsung parameter listrik menggunakan alat ukur, observasi terhadap kondisi operasional sistem selama pengujian, serta studi dokumentasi berupa data teknis komponen PLTS yang digunakan. Data hasil pengukuran kemudian dicatat secara sistematis untuk dianalisis lebih lanjut. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan dan faktor-faktor operasional yang dapat memengaruhi kinerja sistem PLTS, seperti intensitas cahaya matahari dan pola penggunaan beban. Analisis data dilakukan dengan menggunakan persamaan dasar kelistrikan untuk menghitung daya dan energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS. Daya listrik dihitung berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan persamaan:

$$P = V \times I \tag{1}$$

Energi listrik yang dihasilkan selama periode pengujian dihitung berdasarkan nilai daya dan waktu operasi sistem menggunakan persamaan:

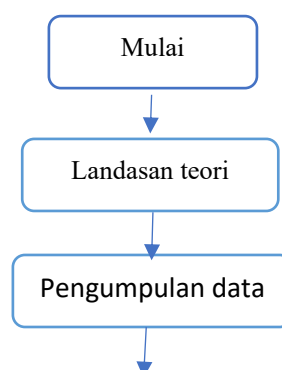
$$E = P \times t \tag{2}$$

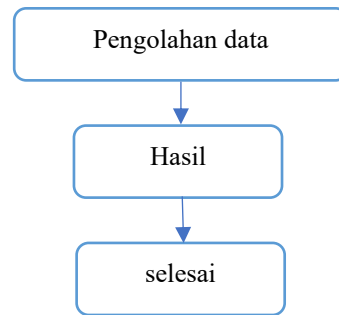
Hasil perhitungan daya dan energi listrik tersebut kemudian dibandingkan dengan kebutuhan energi beban rumah pembibitan pertanian untuk mengetahui tingkat kinerja dan efektivitas sistem PLTS. Evaluasi kinerja difokuskan pada kestabilan tegangan keluaran, kesesuaian daya yang dihasilkan terhadap kebutuhan beban, serta kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan energi harian secara kontinu. Kriteria keberhasilan penelitian ditentukan berdasarkan beberapa indikator utama, yaitu sistem PLTS mampu menghasilkan tegangan keluaran yang stabil sesuai dengan standar operasional peralatan listrik, daya dan energi listrik yang dihasilkan mampu memenuhi kebutuhan beban rumah pembibitan pertanian, serta sistem dapat beroperasi secara kontinu selama periode pengujian tanpa gangguan yang signifikan. Apabila indikator-indikator tersebut terpenuhi, maka sistem PLTS dinyatakan memiliki kinerja yang baik dan layak diterapkan sebagai sumber energi alternatif pada rumah pembibitan pertanian.

Hasil penelitian selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang menggambarkan hubungan antara tegangan, arus, dan daya selama periode pengujian. Penyajian data juga dilengkapi dengan analisis deskriptif untuk memberikan interpretasi yang komprehensif terhadap hasil pengukuran dan perhitungan yang diperoleh.

Struktur Penelitian

Agar alur penelitian mudah dipahami oleh pembaca, struktur penulisan artikel ini disusun secara sistematis sebagai berikut.





Gambar 1. flow chart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Parameter Listrik PLTS

Pengujian sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada rumah pembibitan pertanian dilakukan untuk mengetahui karakteristik kinerja sistem berdasarkan parameter listrik utama, yaitu tegangan, arus, dan daya. Pengukuran dilakukan pada beberapa interval waktu dalam satu hari operasional, yakni pukul 10.00, 12.00, 14.00, dan 16.00 WIB. Pemilihan rentang waktu tersebut bertujuan untuk merepresentasikan kondisi radiasi matahari dari pagi menuju siang, hingga sore hari, sehingga variasi kinerja sistem PLTS dapat diamati secara komprehensif. Hasil pengukuran parameter listrik PLTS ditunjukkan pada Tabel 3.1. Data tersebut memperlihatkan adanya variasi nilai tegangan, arus, dan daya keluaran sistem PLTS seiring dengan perubahan waktu pengujian. Variasi ini erat kaitannya dengan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh modul panel surya selama periode pengujian.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya PLTS

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	19,4	7,3	141,6
12.00	20,1	8,5	170,9
14.00	19,0	7,8	148,2
16.00	17,6	4,9	86,2

Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa nilai tegangan sistem PLTS berada pada kisaran 17,6–20,1 V. Rentang tegangan ini masih berada dalam batas kerja normal sistem PLTS off-grid dan sesuai dengan karakteristik modul fotovoltaik yang digunakan. Tegangan tertinggi tercatat pada pukul 12.00 WIB, yang menunjukkan bahwa pada waktu tersebut panel surya menerima intensitas radiasi matahari maksimum sehingga mampu menghasilkan tegangan mendekati kondisi puncak. Nilai arus yang dihasilkan sistem PLTS menunjukkan variasi yang lebih signifikan dibandingkan dengan tegangan. Arus tertinggi tercatat sebesar 8,5 A pada pukul 12.00 WIB, sedangkan arus terendah sebesar 4,9 A terjadi pada pukul 16.00 WIB. Hal ini menunjukkan bahwa arus keluaran panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Ketika intensitas radiasi menurun pada sore hari, arus yang dihasilkan panel surya juga mengalami penurunan yang cukup signifikan. Daya keluaran sistem PLTS merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus, sehingga pola perubahan daya mengikuti pola perubahan kedua parameter tersebut. Daya tertinggi yang dihasilkan sistem tercatat sebesar 170,9 W pada pukul 12.00 WIB, sedangkan daya terendah sebesar 86,2 W terjadi pada pukul 16.00 WIB. Data ini menunjukkan bahwa kinerja PLTS sangat optimal pada siang hari dan menurun secara bertahap pada sore hari seiring dengan berkurangnya intensitas penyinaran matahari. Secara umum, hasil pengujian parameter listrik menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu beroperasi secara stabil selama periode pengujian. Tidak ditemukan fluktuasi tegangan yang ekstrem atau kondisi anomali yang dapat mengganggu kinerja inverter maupun beban listrik rumah pembibitan pertanian.

3.2 Pembahasan Daya Keluaran PLTS

Daya keluaran merupakan salah satu indikator utama dalam menilai kinerja sistem PLTS, karena secara langsung menunjukkan kemampuan sistem dalam menyuplai energi listrik ke beban. Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3.1, daya keluaran sistem PLTS menunjukkan pola yang sejalan dengan karakteristik radiasi matahari harian. Daya tertinggi yang dihasilkan oleh sistem PLTS terjadi pada pukul 12.00 WIB, yaitu sebesar 170,9 W. Nilai ini sangat mendekati total kebutuhan daya beban rumah pembibitan pertanian yang direncanakan sebesar 180 W. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada saat intensitas radiasi matahari maksimum, sistem PLTS mampu bekerja mendekati kapasitas optimalnya dan hampir sepenuhnya memenuhi kebutuhan daya beban secara langsung tanpa bergantung pada suplai dari baterai. Pada pukul 10.00 WIB, daya yang dihasilkan sistem PLTS sebesar 141,6 W. Meskipun lebih rendah dibandingkan daya pada siang hari, nilai ini masih cukup signifikan untuk menyuplai sebagian besar beban operasional rumah pembibitan pertanian. Selisih daya yang belum terpenuhi pada waktu tersebut dapat ditutupi oleh sistem baterai, sehingga kontinuitas pasokan listrik tetap terjaga. Pada pukul 14.00 WIB, daya keluaran sistem tercatat sebesar 148,2 W. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun intensitas matahari mulai menurun setelah tengah hari, sistem PLTS masih mampu

menghasilkan daya yang relatif tinggi dan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa desain sistem PLTS telah mempertimbangkan karakteristik radiasi matahari harian dengan baik. Penurunan daya yang cukup signifikan terjadi pada pukul 16.00 WIB, di mana daya keluaran sistem hanya sebesar 86,2 W. Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya intensitas cahaya matahari pada sore hari, yang berdampak langsung pada penurunan arus keluaran panel surya. Kondisi ini merupakan karakteristik alami sistem PLTS dan menunjukkan pentingnya peran baterai sebagai penyimpan energi untuk menjaga suplai listrik saat produksi daya menurun. Secara keseluruhan, hasil pengujian daya menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menghasilkan daya yang cukup untuk mendukung operasional rumah pembibitan pertanian, khususnya pada rentang waktu dengan intensitas matahari tinggi. Hal ini membuktikan bahwa PLTS off-grid sangat potensial digunakan sebagai sumber energi utama atau pendukung pada sektor pembibitan pertanian.

3.3 Hasil Perhitungan Energi Listrik Harian

Energi listrik harian merupakan parameter penting dalam mengevaluasi kecukupan sistem PLTS terhadap kebutuhan energi beban. Energi listrik harian dihitung berdasarkan daya keluaran sistem dan durasi waktu operasi efektif. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa sistem PLTS beroperasi secara efektif selama 6 jam per hari. Perhitungan energi listrik dilakukan menggunakan persamaan:

$$E = P \times t \tag{3}$$

Hasil perhitungan energi listrik harian sistem PLTS selama tujuh hari pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 2 Energi Listrik Harian PLTS

Hari	Energi Dhasilkan (Wh)
1	890
2	920
3	870
4	940
5	910
6	880
7	900

Berdasarkan data pada Tabel 2, terlihat bahwa energi listrik harian yang dihasilkan sistem PLTS berada pada rentang 870–940 Wh. Variasi energi harian ini menunjukkan adanya fluktuasi kecil yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan intensitas radiasi matahari pada masing-masing hari pengujian. Meskipun demikian, fluktuasi tersebut masih berada dalam batas yang wajar dan tidak menunjukkan penurunan kinerja sistem secara signifikan. Rata-rata energi listrik harian yang dihasilkan sistem PLTS adalah sebesar 901 Wh. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menghasilkan energi listrik yang relatif stabil selama periode pengujian. Stabilitas energi harian ini sangat penting dalam konteks rumah pembibitan pertanian, karena kegiatan operasional membutuhkan pasokan energi yang konsisten setiap harinya. Stabilitas energi listrik harian juga mengindikasikan bahwa kombinasi antara kapasitas panel surya dan sistem penyimpanan energi berupa baterai telah dirancang dengan baik. Baterai mampu menyimpan energi listrik yang dihasilkan pada saat produksi tinggi dan menyalurkannya kembali saat produksi menurun, sehingga fluktuasi energi yang dirasakan oleh beban dapat diminimalkan.

3.4 Analisis Kecukupan Energi terhadap Beban

Analisis kecukupan energi dilakukan dengan membandingkan energi listrik yang dihasilkan sistem PLTS dengan kebutuhan energi beban rumah pembibitan pertanian. Kebutuhan energi beban dihitung berdasarkan total daya beban dan durasi waktu operasional beban. Kebutuhan energi beban dihitung sebagai berikut:

$$E_{beban} = P_{beban} \times t \tag{4}$$

Dengan total daya beban sebesar 180 W dan durasi operasi 5 jam per hari, maka kebutuhan energi beban adalah:

$$E_{beban} = 180 \times 5 = 900 \text{ Wh} \tag{5}$$

Perbandingan antara energi listrik yang dihasilkan sistem PLTS dan kebutuhan energi beban ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3 Perbandingan Energi PLTS dan Beban

Parameter	Nilai
Energi PLTS rata-rata	901 Wh
Energi beban	900 Wh
Selisih energi	+1 Wh

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa energi listrik yang dihasilkan sistem PLTS rata-rata sebesar 901 Wh, sedangkan kebutuhan energi beban sebesar 900 Wh. Selisih energi sebesar +1 Wh menunjukkan bahwa sistem PLTS

mampu memenuhi kebutuhan energi beban dengan sangat baik. Selisih energi yang relatif kecil mengindikasikan bahwa kapasitas sistem PLTS telah dirancang secara tepat sesuai dengan kebutuhan operasional rumah pembibitan pertanian. Hal ini juga menunjukkan bahwa tidak terjadi kelebihan kapasitas yang signifikan, sehingga sistem dapat bekerja secara efisien tanpa pemborosan energi maupun biaya investasi yang tidak diperlukan.

3.5 Analisis Kinerja Sistem PLTS

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan, kinerja sistem PLTS dapat dianalisis dari beberapa aspek utama, yaitu kestabilan tegangan, kemampuan menghasilkan daya, kecukupan energi harian, serta peran sistem penyimpanan energi. Tegangan keluaran sistem PLTS selama periode pengujian relatif stabil dan berada dalam rentang kerja inverter. Stabilitas tegangan ini sangat penting untuk menjaga kinerja peralatan listrik pada rumah pembibitan pertanian agar dapat beroperasi dengan aman dan optimal. Tidak ditemukan fluktuasi tegangan yang berpotensi merusak peralatan listrik. Daya keluaran sistem PLTS menunjukkan peningkatan seiring dengan meningkatnya intensitas radiasi matahari dan mencapai nilai maksimum pada siang hari. Pola ini sesuai dengan teori dasar sistem fotovoltaik, di mana daya keluaran sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Hasil ini menunjukkan bahwa panel surya mampu berfungsi secara optimal sesuai dengan karakteristik desainnya. Energi listrik harian yang dihasilkan sistem PLTS terbukti mampu mencukupi kebutuhan energi rumah pembibitan pertanian. Rata-rata energi harian yang dihasilkan sedikit lebih tinggi dibandingkan kebutuhan energi beban, sehingga sistem memiliki margin yang cukup untuk mengantisipasi fluktuasi radiasi matahari. Sistem baterai memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kontinuitas suplai listrik, khususnya pada saat intensitas matahari menurun pada sore hari. Baterai memungkinkan sistem PLTS tetap menyuplai energi listrik meskipun produksi daya dari panel surya berkurang.

3.6 Pembahasan Umum

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem PLTS off-grid layak digunakan sebagai sumber energi alternatif pada rumah pembibitan pertanian. Sistem PLTS mampu menyuplai kebutuhan listrik utama berupa penerangan dan pompa air secara berkelanjutan selama periode pengujian. Temuan ini sejalan dengan teori dan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa PLTS skala kecil sangat potensial diterapkan pada sektor pertanian, terutama di wilayah dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi. Selain mampu menekan biaya operasional listrik, penerapan PLTS juga mendukung konsep pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber energi bersih dan ramah lingkungan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi teknis dan aplikatif bagi pengembangan sistem PLTS pada rumah pembibitan pertanian maupun sektor pertanian lainnya, khususnya di daerah yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik konvensional.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai analisis kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif pada rumah pembibitan pertanian, dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS off-grid yang dirancang dan diuji menunjukkan kinerja teknis yang baik serta mampu memenuhi kebutuhan energi listrik operasional secara efektif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menghasilkan daya maksimum sebesar 170,9 W pada kondisi intensitas radiasi matahari tertinggi, yaitu pada pukul 12.00 WIB, yang nilainya mendekati kebutuhan daya beban pembibitan pertanian sebesar 180 W. Tegangan keluaran sistem selama periode pengujian berada dalam rentang kerja inverter dan relatif stabil, sehingga sistem dapat beroperasi secara aman dan andal dalam menyuplai energi listrik ke beban. Selain itu, hasil perhitungan energi listrik harian menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menghasilkan rata-rata energi sebesar 901 Wh per hari, sedangkan kebutuhan energi beban pembibitan sebesar 900 Wh, yang mengindikasikan bahwa sistem PLTS telah dirancang secara tepat dan mampu memenuhi kebutuhan energi rumah pembibitan pertanian secara berkelanjutan. Keberadaan sistem baterai terbukti berperan penting dalam menjaga kontinuitas pasokan energi listrik, khususnya pada saat intensitas penyinaran matahari menurun pada sore hari, sehingga operasional rumah pembibitan tetap dapat berjalan tanpa gangguan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem PLTS off-grid layak digunakan sebagai sumber energi alternatif pada rumah pembibitan pertanian, serta memiliki potensi besar untuk mendukung efisiensi operasional, kemandirian energi, dan pengembangan pertanian berkelanjutan, terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik konvensional.

REFERENCES

- [1] S. K. Saha, "Empowering rural South Asia: Off-grid solar PV, electricity accessibility, and sustainable agriculture," *Appl. Energy*, vol. 377, p. 124639, 2025.
- [2] B. Behera, N. Sethi, and A. K. Dash, "Reconciling the climate finance, energy access, human capital, and institutional quality nexus for sustainable food security in South Asia," *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.*, vol. 32, no. 7, pp. 792–809, 2025.
- [3] R. C. Chanda, A. Vafaei-Zadeh, H. Hanifah, D. Nikbin, and M. A. Sufian, "From Conventional Fuels to Green Energy: Exploring Farmers' Moral Commitment to Solar Photovoltaics Adoption," *Sustain. Dev.*, 2025.
- [4] A. H. Yuwono, I. S. Faradisa, and R. C. M. Putra, "Smart farming dengan pembangkit hybrid berbasis iot sebagai kontrol dan monitoring di area pertanian," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 1, pp. 16–23, 2024.

-
- [5] F. Umam, F. M. Wahyu, M. Y. Efendi, N. Amir, M. Gozan, and Y. P. Asmara, "Techno-Economic and Environmental Analysis of an On-Grid and Off-Grid Renewable Energy Hybrid System in an Energy-Rich Rural Area: A Case in Indonesia," *J. Robot. Control*, vol. 5, no. 5, pp. 1365–1378, 2024.
- [6] E. W. Kurniawan *et al.*, *Pertanian Modern: Teknologi, Inovasi, dan Keberlanjutan*. Star Digital Publishing, 2025.
- [7] F. Afif, "ANALISIS PERAN MIKROHIDRO DALAM MENANGGULANGI KRISIS PASOKAN LISTRIK: Analisis Peran Mikrohidro dalam Menanggulangi Krisis Pasokan Listrik," *Indones. J. Electr. Eng. Renew. Energy*, vol. 5, no. 1, pp. 29–38, 2025.
- [8] Plastic Europe, "Scholar (12)," 2020.
- [9] S. T. Rimbawati, *Dari Bahan Bakar Fosil ke Energi Terbarukan: Potensi, Tantangan dan Solusi dalam Transformasi Energi*. umsu press, 2025.
- [10] J. J. D. Nesamar, S. Suruthi, S. C. Raja, and K. Tamilarasu, "Techno-economic analysis of both on-grid and off-grid hybrid energy system with sensitivity analysis for an educational institution," *Energy Convers. Manag.*, vol. 239, p. 114188, 2021.
- [11] J. Li, P. Liu, and Z. Li, "Optimal design of a hybrid renewable energy system with grid connection and comparison of techno-economic performances with an off-grid system: A case study of West China," *Comput. Chem. Eng.*, vol. 159, p. 107657, 2022.
- [12] A. C. Duman and Ö. Güler, "Techno-economic analysis of off-grid photovoltaic LED road lighting systems: A case study for northern, central and southern regions of Turkey," *Build. Environ.*, vol. 156, pp. 89–98, 2019.
- [13] M. S. Masykur, "PEMODELAN DAN ANALISIS PLTS ATAP BANGUNAN BERBASIS PV* SOL UNTUK Mendukung Program Transisi Energi Nasional (STUDI KASUS: PERUMAHAN CITRALAND CELEBES GOWA)= Modeling and Analysis of Rooftop Solar Power Generation Systems Based on PV* SOL to Support the National Energy Transition Program (Case Study: Citraland Celebes Gowa Residential)," 2023, *Universitas Hasanuddin*.
- [14] S. Thamrin and R. Tahir, *THE ROLE OF HR IN THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [15] M. Irsan *et al.*, *Sistem Energi: Konsep, Teknologi, dan Implementasi Berkelanjutan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah, 2025.
- [16] G. Santoso, S. Hani, T. Rusianto, R. M. Wahid, K. Sidik, and D. A. Wijaya, "Penerapan teknologi irigasi berbasis tenaga surya untuk meningkatkan produktivitas pertanian di Dusun Putat, Kapanewon Patuk, Gunungkidul," *J. Hilirisasi IPTEKS*, vol. 7, no. 3, pp. 359–370, 2024.