

Analisis kelayakan teknis dan ekonomi PLTS off-grid 480 Wp untuk sistem pompa aksial pada tambak udang

Rifki Ramadani¹, Yosi Apriani², Asri Indah Lestari^{1*}, Wiwin A. Oktaviani¹, Taufik Barlian¹

¹Universitas Muhammadiyah Palembang

²Universitas Muhammadiyah Tangerang

E-mail koresponden: *asri_indahlestari@um-palembang.ac.id

ABSTRAK

Krisis energi dan tingginya ketergantungan pada genset diesel di sektor budidaya tambak udang mendorong pemanfaatan energi terbarukan sebagai solusi berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja teknis dan kelayakan ekonomi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid berkapasitas 480 Wp dalam memenuhi kebutuhan energi pompa aksial di Desa Bumi Dipasena Sentosa, Lampung. Metode penelitian dilakukan melalui pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER Pro dengan mempertimbangkan data radiasi matahari, temperatur lingkungan, serta profil beban harian sebesar 1,6 kWh. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan energi sebesar 678 kWh/tahun dengan capacity factor 16,1% dan renewable fraction mencapai 100%, serta tidak terdapat unmet load maupun capacity shortage. Nilai Levelized Cost of Energy (LCOE) sebesar Rp274/kWh menunjukkan bahwa sistem ini ekonomis dan kompetitif dibandingkan sumber energi konvensional. Analisis biaya menunjukkan bahwa komponen baterai menjadi penyumbang terbesar dalam total biaya sistem, yaitu sekitar 77,15%. Secara keseluruhan, sistem PLTS off-grid 480 Wp dinyatakan layak secara teknis dan ekonomis serta mampu menjadi solusi energi bersih yang andal untuk mendukung operasional tambak udang di daerah terpencil.

Kata Kunci: PLTS off-grid, HOMER Pro, pompa aksial, LCOE, energi terbarukan.

ABSTRACT

The energy crisis and high dependence on diesel generators in the shrimp pond farming sector encourage the use of renewable energy as a sustainable solution. This study aims to evaluate the technical performance and economic feasibility of the off-grid Solar Power Plant (PLTS) system with a capacity of 480 Wp in meeting the energy needs of axial pumps in Bumi Dipasena Sentosa Village, Lampung. The research method was carried out through modeling and simulation using HOMER Pro software by considering solar radiation data, ambient temperature, and daily load profile of 1.6 kWh. The simulation results show that the system is able to produce energy of 678 kWh/year with a capacity factor of 16.1% and a renewable fraction of 100%, and there is no unmet load or capacity shortage. The Levelized Cost of Energy (LCOE) value of Rp274/kWh shows that this system is economical and competitive compared to conventional energy sources. Cost analysis shows that battery components are the largest contributor to the total system cost, which is around 77.15%. Overall, the 480 Wp off-grid solar system is declared technically and economically feasible and capable of being a reliable clean energy solution to support shrimp farm operations in remote areas.

Keywords: Off-grid solar PV, HOMER Pro, axial pump, LCOE, renewable energy.



Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i1.202>

Disubmit pada 18/12/2025	Direview pada 01/05/2026	Direvisi pada 08/05/2026
Diterima pada 20/05/2026	Diterbitkan pada 01/06/2026	

PENDAHULUAN

Krisis energi global, peningkatan kebutuhan listrik, serta komitmen berbagai negara dalam mengurangi emisi gas rumah kaca telah mendorong percepatan pemanfaatan energi baru dan terbarukan. Di Indonesia, energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi sangat besar dengan intensitas radiasi rata-rata sekitar 4,5–4,8 kWh/m²/hari [1]. Potensi tersebut tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, termasuk daerah pesisir dan kepulauan. Namun, pemanfaatannya masih relatif rendah, terutama pada wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik PT PLN (Persero). Akibatnya, masyarakat di daerah tersebut masih bergantung pada pembangkit listrik berbahan bakar diesel yang memiliki biaya operasional tinggi, efisiensi rendah, serta menghasilkan emisi karbon yang cukup besar [2].

Salah satu wilayah yang menghadapi kondisi tersebut adalah Desa Bumi Dipasena Sentosa, Provinsi Lampung, yang dikenal sebagai kawasan budidaya tambak udang. Aktivitas budidaya di kawasan ini memerlukan pasokan listrik yang andal untuk mengoperasikan pompa aksial, aerator, dan peralatan pendukung lainnya. Hingga saat ini, sebagian besar kebutuhan listrik masih dipenuhi menggunakan generator diesel sehingga biaya produksi tambak menjadi tinggi dan keberlanjutan lingkungan kurang terjaga akibat emisi gas buang yang dihasilkan [2]. Oleh karena itu, pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif menjadi solusi yang menjanjikan karena bersifat ramah lingkungan, modular, mudah dikembangkan, serta mampu beroperasi secara off-grid tanpa bergantung pada jaringan listrik utama [3], [4].

Meskipun demikian, keberhasilan implementasi sistem PLTS tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan potensi energi surya, tetapi juga dipengaruhi oleh desain sistem yang tepat. Kapasitas modul fotovoltaik, baterai, inverter, karakteristik beban, serta kondisi lingkungan seperti intensitas radiasi matahari dan suhu berpengaruh langsung terhadap kinerja teknis maupun biaya investasi sistem. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan perancangan yang mampu mengevaluasi aspek teknis dan ekonomi secara terpadu sehingga sistem yang dirancang memiliki tingkat keandalan tinggi dengan biaya energi yang minimum [3].

Salah satu indikator utama dalam mengevaluasi kelayakan ekonomi sistem PLTS adalah Levelized Cost of Energy (LCOE), yaitu biaya rata-rata produksi energi listrik sepanjang umur operasi sistem. Perhitungan LCOE mempertimbangkan investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan, biaya penggantian komponen, serta total energi listrik yang dihasilkan selama masa pakai sistem [5]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa nilai LCOE PLTS di Indonesia berada pada kisaran Rp250–Rp400/kWh, lebih rendah dibandingkan biaya pembangkitan menggunakan generator diesel [5]. Selain itu, baterai merupakan komponen dengan kontribusi investasi terbesar, yaitu sekitar 70–80% dari total biaya sistem, sehingga optimasi kapasitas baterai menjadi faktor penting dalam menekan biaya energi tanpa mengurangi keandalan operasi [4], [6].

Berbagai penelitian sebelumnya telah memanfaatkan HOMER Pro sebagai perangkat lunak simulasi dan optimasi sistem energi terbarukan. HOMER Pro yang dikembangkan oleh National Renewable Energy Laboratory (NREL) mampu mensimulasikan berbagai konfigurasi sistem pembangkit, melakukan analisis sensitivitas, serta menentukan konfigurasi dengan Net Present Cost (NPC) dan Levelized Cost of Energy (LCOE) yang paling optimal [7]. Penelitian Rumbayan et al. [2] dan Amir [7] menunjukkan bahwa HOMER Pro efektif dalam merancang sistem PLTS *off-grid* yang ekonomis pada daerah dengan akses listrik terbatas. Penelitian Imam Syaukani et al. [8] juga menunjukkan bahwa integrasi PLTS mampu meningkatkan efisiensi sistem hingga 99,8% sekaligus menurunkan emisi CO₂ secara signifikan. Sementara itu, Feby Ardianto et al. [9] melaporkan bahwa sistem PLTS berkapasitas 1.200 Wp mampu menyediakan pasokan listrik yang stabil dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut. Penelitian Ramadhan Saifullah Wahid et al. [10] memperoleh konfigurasi optimum berupa sistem grid-connected dengan Net Present Cost (NPC) sebesar Rp854 miliar dan Cost of Energy (COE) sebesar Rp822,03/kWh.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada optimasi sistem PLTS untuk bangunan, kawasan permukiman, atau sistem yang terhubung dengan jaringan listrik. Kajian mengenai PLTS *off-grid* berkapasitas kecil yang dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan energi pompa aksial pada tambak udang di wilayah pesisir masih relatif terbatas. Selain itu, analisis yang mengintegrasikan evaluasi teknis dan ekonomi berdasarkan kondisi operasional aktual di kawasan budidaya tambak belum banyak dilakukan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja teknis dan ekonomi sistem PLTS *off-grid* berkapasitas 480 Wp di Desa Bumi Dipasena Sentosa, Provinsi Lampung, menggunakan perangkat lunak HOMER Pro. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan energi pompa aksial secara berkelanjutan serta menentukan konfigurasi yang memberikan biaya energi (LCOE) minimum sehingga dapat menjadi alternatif penyediaan listrik yang andal, ekonomis, dan ramah lingkungan bagi kawasan budidaya tambak udang.

METODOLOGI PENELITIAN

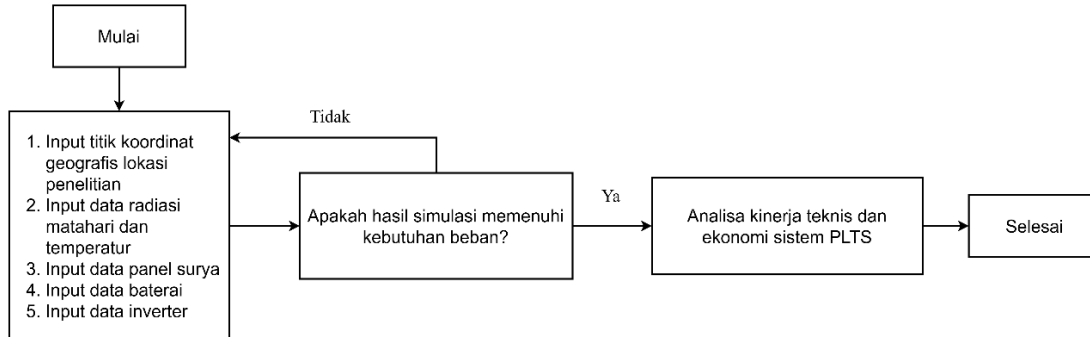
Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Bumi Dipasena Sentosa, Kecamatan Rawajitu Timur, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian dipilih karena merupakan kawasan budidaya tambak udang yang masih mengandalkan sumber listrik mandiri untuk mengoperasikan pompa aksial. Penelitian dilaksanakan mulai Mei 2025.

Metode penelitian dilakukan melalui perancangan dan simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* menggunakan perangkat lunak HOMER Pro. Simulasi dilakukan dengan mempertimbangkan parameter teknis berupa data radiasi matahari, suhu lingkungan, spesifikasi komponen sistem, serta profil beban harian pompa aksial. Selanjutnya, HOMER Pro digunakan untuk mengevaluasi konfigurasi sistem berdasarkan kinerja teknis dan kelayakan ekonomi sehingga diperoleh rancangan PLTS yang paling optimal.

Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan energi, pengumpulan data radiasi matahari dan suhu, perancangan konfigurasi sistem PLTS, simulasi menggunakan HOMER Pro, analisis hasil simulasi, hingga penarikan kesimpulan. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.

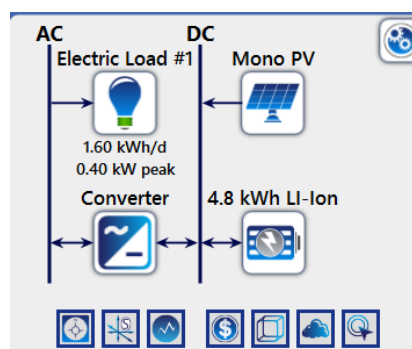


Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Konfigurasi Sistem PLTS

Konfigurasi sistem PLTS dimodelkan menggunakan perangkat lunak HOMER Pro dengan skema off-grid, sehingga seluruh kebutuhan energi listrik dipenuhi oleh sistem fotovoltaik tanpa terhubung dengan jaringan PT PLN (Persero). Sistem terdiri atas empat komponen utama, yaitu modul surya monokristalin (Mono PV), baterai lithium-ion berkapasitas 4,8 kWh, konverter (inverter), dan beban listrik AC berupa pompa aksial.

Beban utama yang dianalisis adalah pompa aksial dengan kebutuhan energi rata-rata 1,60 kWh/hari dan beban puncak sebesar 0,40 kW, yang merepresentasikan kebutuhan energi harian sistem pompa air pada tambak udang di Desa Bumi Dipasena Sentosa. Konfigurasi sistem PLTS yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram skema PLTS.

Pada sistem ini, energi listrik yang dihasilkan oleh modul Mono PV berupa arus searah (*direct current/DC*) digunakan untuk mengisi baterai lithium-ion sebagai media penyimpanan energi. Energi yang tersimpan kemudian disuplai ke beban melalui konverter, yang berfungsi mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik (*alternating current/AC*) sesuai kebutuhan pompa aksial. Melalui simulasi selama satu tahun, HOMER Pro menganalisis aliran energi antara panel surya, baterai, dan beban untuk mengevaluasi keseimbangan daya, efisiensi sistem, keandalan pasokan listrik, serta parameter ekonomi seperti Net Present Cost (NPC) dan Levelized Cost of Energy (LCOE). Konfigurasi off-grid dipilih karena memiliki struktur sistem yang sederhana, mudah diterapkan pada daerah yang belum terjangkau jaringan listrik, serta

mampu menyediakan pasokan energi yang andal dan ramah lingkungan bagi operasional tambak udang.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data Intensitas Radiasi Matahari

Data radiasi matahari dan temperatur udara diperoleh dari NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (NASA POWER) dan digunakan sebagai data masukan pada simulasi HOMER Pro. Intensitas radiasi matahari merupakan parameter utama yang menentukan potensi energi yang dapat dikonversi oleh modul fotovoltaik. Berdasarkan Tabel 1, intensitas radiasi matahari di Desa Bumi Dipasena Sentosa berkisar antara 4,400–5,270 kWh/m²/hari. Nilai tertinggi terjadi pada bulan September sebesar 5,270 kWh/m²/hari, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 4,400 kWh/m²/hari. Rata-rata radiasi tahunan mencapai 4,84 kWh/m²/hari, yang menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki potensi energi surya yang tinggi dan relatif stabil sepanjang tahun. Kondisi ini sangat mendukung penerapan sistem PLTS off-grid sebagai sumber energi utama.

Tabel 1. Data intensitas radiasi matahari dan suhu radiasi.

Bulan	Intensitas Radiasi KWh/m²/day	Suhu Harian (°C)
Januari	4,780	26,310
Februari	4,910	26,370
Maret	5,030	26,770
April	4,910	27,170
Mei	4,550	27,270
Juni	4,400	26,800
Juli	4,430	26,400
Agustus	4,880	26,560
September	5,270	27,050
Oktober	5,150	27,460
November	4,970	27,360
Desember	4,750	26,640
Rata-rata	4,84	26,85

Data Suhu Lingkungan

Selain radiasi matahari, suhu lingkungan merupakan faktor penting yang memengaruhi performa modul fotovoltaik. Secara umum, peningkatan temperatur akan menurunkan efisiensi konversi energi listrik pada panel surya sehingga perlu dipertimbangkan dalam proses simulasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa suhu rata-rata bulanan di lokasi penelitian berkisar antara 26,31°C hingga 27,46°C dengan rata-rata tahunan sebesar 26,85°C (Tabel 1). Suhu terendah terjadi pada bulan Januari, sedangkan suhu tertinggi terjadi pada bulan Oktober. Variasi suhu yang relatif kecil menunjukkan bahwa kondisi iklim di Desa Bumi Dipasena Sentosa cukup stabil sehingga pengaruh fluktuasi temperatur terhadap performa sistem PLTS diperkirakan tidak terlalu signifikan.

Analisis Beban Listrik

Profil beban merupakan dasar dalam menentukan kapasitas setiap komponen sistem

PLTS. Pada penelitian ini, beban utama berasal dari pompa aksial berdaya 400 W yang beroperasi selama 4 jam per hari, sehingga kebutuhan energi harian mencapai 1,60 kWh. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, rata-rata beban sistem sebesar 0,07 kW dengan beban puncak 0,40 kW dan load factor sebesar 0,17. Meskipun kebutuhan energi relatif kecil, keberlangsungan operasi pompa sangat penting karena berfungsi menjaga sirkulasi air pada tambak udang. Oleh karena itu, sistem PLTS harus dirancang agar mampu memasok energi secara kontinu sepanjang tahun.

Tabel 2. Perkiraan rata-rata konsumsi daya.

Metric	Baseline	Scaled
Rata-Rata (kWh/hr)	1,6	1,6
Rata-Rata (kW)	0,07	0,07
Puncak (kW)	0,4	0,4
Faktor Beban	0,17	0,17

Analisis Ekonomi Sistem

Analisis ekonomi dilakukan untuk mengetahui distribusi biaya setiap komponen penyusun sistem PLTS. Berdasarkan hasil simulasi HOMER Pro pada Tabel 3, total biaya tahunan sistem mencapai Rp70.954.646 yang terdiri atas biaya investasi awal, biaya penggantian komponen, biaya operasi dan pemeliharaan (*operation and maintenance*), serta nilai sisa (*salvage value*). Komponen dengan kontribusi biaya terbesar adalah baterai lithium-ion 24 V 200 Ah, yaitu sebesar Rp54.748.240 atau sekitar 77,15% dari total biaya sistem. Besarnya biaya tersebut terutama berasal dari biaya penggantian baterai (Rp50.182.302) akibat umur pakai yang lebih pendek dibandingkan komponen lainnya. Sebaliknya, modul fotovoltaik monokristalin memberikan kontribusi biaya sebesar Rp10.156.509 (14,31%) tanpa memerlukan biaya penggantian selama periode simulasi, yang menunjukkan umur operasional modul relatif panjang.

Komponen konverter memiliki total biaya sebesar Rp6.049.895 atau sekitar 8,52% dari total biaya sistem. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa baterai merupakan komponen paling dominan dalam menentukan biaya sistem PLTS. Oleh karena itu, pemilihan jenis baterai dengan umur pakai lebih panjang serta strategi manajemen pengisian (*battery management*) menjadi faktor penting dalam meningkatkan kelayakan ekonomi sistem.

Tabel 3. Biaya tahunan setiap komponen sistem.

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
24v 200ah Li-Ion	Rp4.200.000	Rp50.182.302	Rp1.085.911	Rp0	-Rp719.973	Rp54.748.240
Monocrystalline PV	Rp4.800.000	Rp0	Rp7.756.509	Rp0	Rp0	Rp10.156.509
System Converter	Rp4.500.000	Rp1.909.232	Rp0	Rp0	-Rp359.336	Rp6.049.895
System	Rp13.500.000	Rp52.091.535	Rp8.842.421	Rp0	-Rp1.079.310	Rp70.954.646

Analisis Kinerja Kelistrikan

Kinerja sistem kelistrikan dievaluasi melalui parameter excess electricity, unmet electric load, capacity shortage, dan renewable fraction. Berdasarkan Tabel 4, sistem menghasilkan excess electricity sebesar 22,1 kWh/tahun, yang menunjukkan adanya sedikit kelebihan produksi energi dibandingkan kebutuhan beban. Nilai ini relatif kecil sehingga menunjukkan bahwa kapasitas sistem telah dirancang secara proporsional. Selain itu, nilai unmet electric load dan capacity shortage masing-masing sebesar 0 kWh/tahun, yang menunjukkan bahwa seluruh kebutuhan energi beban dapat dipenuhi tanpa mengalami kekurangan pasokan. Nilai renewable

fraction sebesar 100% menegaskan bahwa seluruh energi listrik yang digunakan berasal dari sumber energi surya tanpa memerlukan bantuan pembangkit berbahan bakar fosil.

Tabel 4. Hasil simulasi kinerja kelistrikan.

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Excess Electricity</i>	22.1	kWh/yr
<i>Unmet Electric Load</i>	0	kWh/yr
<i>Capacity Shortage</i>	0	kWh/yr
<i>Renewable Fraction</i>	100	%

Analisis Kinerja Panel Surya

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem menggunakan modul fotovoltaik dengan kapasitas terpasang sebesar 480 Wp. Selama satu tahun operasi, sistem menghasilkan energi listrik sebesar 678 kWh/tahun atau rata-rata 1,86 kWh/hari. Nilai capacity factor sebesar 16,1% menunjukkan bahwa performa panel surya berada pada kisaran normal untuk sistem PLTS di wilayah tropis. Sementara itu, nilai PV penetration sebesar 155% menunjukkan bahwa produksi energi sesekali melebihi kebutuhan beban sehingga sebagian energi dapat disimpan pada baterai. Nilai Levelized Cost of Energy (LCOE) sebesar Rp274/kWh menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan energi listrik dengan biaya yang relatif rendah sehingga layak diterapkan sebagai sumber energi alternatif bagi tambak udang.

Tabel 5. Hasil simulasi modul fotovoltaik.

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Rated Capacity</i>	0.480	kW
<i>Mean Output</i>	0.0775	kW
<i>Mean Output</i>	1.86	kWh/d
<i>Capacity Factor</i>	16.1	%
<i>Minimum Output</i>	0	kW
<i>Maximum Output</i>	0.456	kW
<i>PV Penetration</i>	155	%
<i>Hours of Operation</i>	4,380	hrs/yr
<i>Levelized Cost</i>	274	Rp/kWh
<i>Total Production</i>	678	kWh/yr

Analisis Kinerja Konverter

Konverter memiliki kapasitas sebesar 3,00 kW dengan rata-rata daya keluaran 0,050 kW. Nilai capacity factor sebesar 1,67% menunjukkan bahwa kapasitas inverter jauh lebih besar dibandingkan kebutuhan beban sehingga pemanfaatannya belum optimal. Selama satu tahun, inverter menerima energi sebesar 461 kWh dan menghasilkan energi keluaran sebesar 438 kWh, dengan kehilangan energi (losses) sebesar 23,1 kWh/tahun atau sekitar 5%. Nilai tersebut masih berada pada kisaran efisiensi inverter modern sehingga menunjukkan bahwa proses konversi energi berlangsung dengan baik. Namun demikian, kapasitas inverter masih dapat dioptimalkan agar lebih sesuai dengan karakteristik beban sehingga investasi sistem menjadi lebih efisien.

Analisis Kinerja Baterai

Baterai lithium-ion memiliki kapasitas nominal sebesar 4,80 kWh, dengan kapasitas yang dapat digunakan (usable capacity) sebesar 3,84 kWh. Hasil simulasi menunjukkan bahwa

baterai memiliki autonomy selama 76,8 jam, yang berarti sistem masih mampu memasok beban selama lebih dari tiga hari tanpa memperoleh energi dari panel surya. Selama satu tahun, baterai menerima energi sebesar 251 kWh dan menyalurkan kembali 215 kWh ke beban, dengan kehilangan energi sebesar 37,8 kWh/tahun. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem penyimpanan bekerja dengan baik meskipun masih terdapat rugi-rugi energi akibat proses pengisian dan pengosongan baterai.

Tabel 6. Hasil simulasi konverter.

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Capacity</i>	3.00	kW
<i>Mean Output</i>	0.0500	kW
<i>Minimum Output</i>	0	kW
<i>Maximum Output</i>	0.400	kW
<i>Capacity Factor</i>	1.67	%
<i>Hours Of Operation</i>	1,095	hrs/yr
<i>Energy Out</i>	438	kWh/yr
<i>Energy In</i>	461	kWh/yr
<i>Losses</i>	23.1	kWh/yr

Secara keseluruhan, baterai menunjukkan tingkat keandalan yang tinggi dalam menjaga kontinuitas suplai energi. Namun demikian, karena komponen ini memberikan kontribusi biaya terbesar terhadap sistem, diperlukan strategi pengoperasian dan manajemen baterai yang tepat agar umur pakai dapat diperpanjang dan biaya siklus hidup sistem dapat ditekan.

Tabel 7. Hasil simulasi baterai.

<i>Quantity</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Nominal Capacity</i>	4,80	kWh
<i>Usable Nominal Capacity</i>	3,84	kWh
<i>Autonomy</i>	76,8	Hr
<i>Battery Wear Cost</i>	18,222	Rp/kWh
<i>Average Energy Cost</i>	0	Rp/kWh
<i>Energy In</i>	251	kWh/yr
<i>Energy Out</i>	215	kWh/yr
<i>Storage Depletion</i>	1,32	kWh/yr
<i>Losses</i>	37,8	kWh/yr
<i>Annual Throughput</i>	233	kWh/yr

KESIMPULAN

Sistem PLTS *off-grid* berkapasitas 480 Wp yang disimulasikan menggunakan HOMER Pro terbukti layak secara teknis dan ekonomis untuk memenuhi kebutuhan energi pompa aksial di Desa Bumi Dipasena Sentosa, Lampung. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan 678 kWh/tahun dengan *capacity factor* 16,1%, efisiensi inverter 95%, dan *autonomy* baterai 76,8 jam, yang menandakan keandalan suplai energi dalam kondisi radiasi bervariasi. Nilai *renewable fraction* 100% membuktikan bahwa seluruh kebutuhan energi terpenuhi sepenuhnya dari sumber surya, menjadikan sistem ini bebas emisi dan berkelanjutan. Dari aspek ekonomi, LCOE tercatat sebesar Rp274/kWh, menunjukkan biaya produksi energi yang kompetitif dibandingkan pembangkit berbahan bakar diesel. Meskipun komponen baterai

menyumbang 77,15% dari total investasi, manfaat jangka panjang berupa pengurangan biaya bahan bakar dan pemeliharaan menjadikan sistem ini efisien serta sesuai diterapkan di daerah terpencil. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa penerapan PLTS 480 Wp dapat menjadi solusi energi bersih yang andal, ekonomis, dan relevan bagi pengembangan infrastruktur listrik berkelanjutan di kawasan pesisir Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subhan, S., R., M., & S., N. (2021). Pengaruh temperatur permukaan terhadap efisiensi konversi fotovoltaik tipe *monocrystalline* pada daerah tropis. *J-Move*, 3, 24–30.
- [2] Rumbayan, M., Nelwan, A. F., Pang, D., Kindangen, J. I., & Putro, M. D. (2024). Simulation of photovoltaic water pumping system in Sam Ratulangi University. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453005001>
- [3] Kazem, H. A., Quteishat, A., & Younis, M. A. (2021). Techno-economical study of solar water pumping system: Optimum design, evaluation, and comparison. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 6, 41. <https://doi.org/10.1051/rees/2021039>
- [4] Hidayat, F., Rusirawan, D., & Tanjung, I. R. F. (2019). Evaluasi kinerja PLTS 1000 Wp di Itenas Bandung. *ELKOMIKA*, 7(1), 195–208. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i1.195>
- [5] Ellabban, O., & Alassi, A. (2021). Optimal hybrid microgrid sizing framework for the mining industry with three case studies from Australia. *IET Renewable Power Generation*, 15(2), 409–423. <https://doi.org/10.1049/rpg2.12038>
- [6] Rosyadi, A. Y., Hartopo, I., Edypoerwa, M. L., & Padmadewi, A. L. (2024). Analisis efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga surya *on-grid* 151 kWp untuk industri di Cikarang. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 9(2), 175–184. <https://doi.org/10.31544/jtera.v9.i2.2024.175-184>
- [7] Amir, N. (2021). Techno-economic feasibility assessment of solar PV water pumping system in dryland: Case study in Madura. *Rekayasa*, 14(2), 168–174. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i2.10442>
- [8] Syauckani, I., & Hadi, M. (2025). Simulasi perancangan pembangkit *hybrid* (PLTS–PLTD) menggunakan HOMER di Pulau Bungin. *Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi*, 4(2), 247–257. <https://doi.org/10.59086/jti.v4i2.985>
- [9] Ardianto, F., Alfaresi, B., Taufik, & Aziz, M. W. (2023). Aplikasi kinerja pembangkit listrik tenaga surya 1200 Wp terhadap beban pompa air menggunakan HOMER Pro di Desa Pandan Arang. *Journal of Electrical Power Control and Automation*, 6(2), 39–43. <https://doi.org/10.33087/jepca.v6i2.99>
- [10] Wahid, R. S., Anas, F., Afandi, M. R., & Anam, K. (2023). Analisis perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* dengan HOMER Pro di Pantai Liang Ambon Maluku. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 13(2), 15–32. <https://doi.org/10.37525/sp/2023-2/453>