Nanggroe : Jurnal Pengabdian Cendikia
Volume 5, Nomor 7, October 2026, P. 97-105
e-ISSN: 2986-7002
Licensed by Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.24508964

Evaluasi Sistem Pompa Air Tenaga Surya Berbasis PVsyst untuk Mendukung Layanan Irigasi Kelompok Petani di Desa Lebo Jaya

Evaluation of a PVsyst-Based Solar Water Pumping System to Support Irrigation Services for Farmer Groups in Lebo Jaya Village

Aditya Rachman[1] , Mansur[2]
[1]Jurusan Teknik Mesin, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia
[2]Jurusan Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia
Penulis korespondensi: aditya.rachman@uho.ac.id

Abstrak

Keterbatasan durasi operasi pompa air tenaga surya menjadi kendala penyediaan air irigasi bagi kelompok petani di Desa Lebo Jaya, Kecamatan Konda, Kabupaten Konawe Selatan. Kegiatan pengabdian ini bertujuan mengidentifikasi kendala operasional dan mengevaluasi kesesuaian pasokan energi dengan kebutuhan pompa. Kegiatan melibatkan lima peserta sekitar September 2026. Metode mencakup identifikasi permasalahan berdasarkan tanggapan petani, penelaahan dokumentasi fasilitas, dan evaluasi menggunakan PVsyst. Sistem terdiri atas 10 modul fotovoltaik berdaya masing-masing 600 Wp atau total 6 kWp, dengan kemiringan 20° menghadap utara. Pompa memiliki daya nominal 5.000 W, sedangkan label modul baterai menunjukkan spesifikasi lithium 48 V 100 Ah, setara energi nominal 4,8 kWh per modul. Petani melaporkan durasi operasi sekitar 30 menit. Evaluasi mengindikasikan masalah kesesuaian pasokan energi dan kebutuhan pompa yang berkaitan dengan baterai. Pada asumsi daya listrik masukan konstan 5 kW, operasi 30 menit membutuhkan 2,5 kWh. Perhitungan ini menunjukkan skala kebutuhan energi tanpa menetapkan kapasitas baterai yang dapat digunakan. Rekomendasi diarahkan pada pemeriksaan kondisi pengisian, batas pelepasan, kemampuan penyediaan daya, proteksi, dan kecukupan pasokan fotovoltaik. Kegiatan menghasilkan identifikasi kendala serta arah perbaikan sistem; peningkatan layanan setelah penyesuaian masih memerlukan pengujian lapangan.
Kata kunci: *pengabdian masyarakat; pompa air tenaga surya; PVsyst; baterai; irigasi pertanian*

Abstract

Limited operating duration constrains solar-powered irrigation services for a local farmer group in Lebo Jaya Village, South Konawe Regency. This community service activity involved five participants around September 2026 and evaluated the compatibility of energy supply and pump demand through farmer feedback, facility documentation, and PVsyst assessment. The system comprises ten 600 Wp photovoltaic modules, totalling 6 kWp, tilted at 20° and facing north. The nominal pump rating is 5,000 W. The battery module is labelled lithium 48 V and 100 Ah, equivalent to 4.8 kWh of nominal energy per module. Farmers reported approximately 30 minutes of operation. The assessment indicates an energy supply issue involving battery storage. Under a constant 5 kW electrical input assumption, a 30-minute run requires 2.5 kWh; this analytical calculation does not establish usable battery capacity. Recommendations address initial charge, discharge limits, power capability, protection, and photovoltaic supply. The outcome is an identified operational constraint and directions for improvement. Post-intervention service gains require field verification.
Keywords: *community service; solar water pump; PVsyst; battery; agricultural irrigation.*

Article Info:
Received date: 10 October 2026 Revised date: 25 October 2026 Accepted date: 30 October 2026

PENDAHULUAN

Ketersediaan air irigasi merupakan faktor penting dalam mendukung kegiatan pertanian. Pada lahan yang memanfaatkan air tanah, kontinuitas penyediaan air dipengaruhi kondisi sumber, kemampuan pompa, pasokan energi, dan pengaturan distribusi. World Bank [1] menempatkan kebutuhan air, kondisi pemompaan, dan pengelolaan operasi sebagai pertimbangan dalam penerapan pompa tenaga surya. Karena itu, keberadaan infrastruktur perlu diikuti evaluasi kesesuaiannya dengan kebutuhan pengguna.

Pompa tenaga surya memanfaatkan listrik fotovoltaik untuk menggerakkan motor dan pompa. Chandel et al. [2] mengulas teknologi tersebut untuk irigasi dan penyediaan air masyarakat, termasuk kinerja, kelayakan, dan hambatan penerapannya. Muhsen et al. [3] menelaah metode perancangan, strategi kendali, dan kinerja lapangan. Kedua kajian mendukung evaluasi yang menghubungkan kapasitas pembangkit dengan karakteristik beban dan kebutuhan pemompaan.

Kinerja di lapangan juga dipengaruhi kondisi lingkungan dan instalasi. Hadwan dan Alkholidi [4] membahas pengaruh suhu sel, pengotoran, bayangan, ketidaksesuaian modul, serta degradasi terhadap kinerja pompa fotovoltaik. Chandel et al. [5] mengkaji kinerja sistem yang terhubung langsung dan menyertakan studi kasus instalasi setelah paparan luar ruang jangka panjang. Dengan demikian, kapasitas nominal panel belum cukup untuk menunjukkan pasokan aktual yang tersedia bagi pompa.

Penyimpanan baterai dapat membantu mengatasi perbedaan waktu produksi dan kebutuhan energi, tetapi manfaatnya bergantung pada konfigurasi serta pengoperasian. Orts-Grau et al. [6] membandingkan pemompaan langsung dengan sistem berbaterai lithium dan menunjukkan manfaat baterai dalam mengurangi siklus hidup–mati serta memperbaiki operasi pada hari berawan. Penelitian tersebut juga mengidentifikasi ruang perbaikan efisiensi, sehingga penambahan baterai perlu dinilai bersama aliran energi dan strategi operasi.

Keberlanjutan pemanfaatan fasilitas juga memerlukan kemampuan pengelola. Pedoman FAO [7] mencakup pengoperasian, inspeksi, penelusuran gangguan, dan pemeliharaan irigasi tenaga surya. FAO [8] mengingatkan perlunya pengelolaan pengambilan air agar pemanfaatan energi surya tidak mendorong eksploitasi sumber secara berlebihan. Pendampingan teknis karena itu perlu menghubungkan pemahaman perangkat dengan pengelolaan layanan air.

Mitra kegiatan adalah perkumpulan petani lokal pengguna fasilitas irigasi di Desa Lebo Jaya, Kecamatan Konda, Kabupaten Konawe Selatan. Fasilitas menggunakan pembangkit fotovoltaik 6 kWp dan pompa berdaya nominal 5 kW. Dokumentasi memperlihatkan modul baterai lithium 48 V 100 Ah. Petani melaporkan bahwa pompa hanya beroperasi sekitar 30 menit. Kondisi ini mendasari kebutuhan evaluasi kesesuaian pasokan energi, penyimpanan, dan kebutuhan beban.

Literatur memberikan dasar tentang perancangan, faktor kinerja, serta penggunaan baterai, sedangkan kebutuhan pengabdian pada fasilitas ini adalah menerapkan prinsip tersebut untuk menelaah kendala yang dialami mitra. Kegiatan bertujuan mengidentifikasi masalah operasional, mengevaluasi kesesuaian pasokan energi menggunakan PVsyst, dan merumuskan rekomendasi teknis. Kontribusinya berupa dasar keputusan penyesuaian sistem dan pengelolaan operasi; peningkatan layanan setelah perbaikan memerlukan pengujian tersendiri.

METODE

Lokasi mitra dan sumber data

Kegiatan dilaksanakan sekitar September 2026 pada fasilitas Sumur Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT) di Desa Lebo Jaya, Kecamatan Konda, Kabupaten Konawe Selatan. Berdasarkan papan identitas fasilitas, lokasi berada pada koordinat 4°5′14,68″ LS dan 122°29′18,44″ BT atau sekitar −4,087411° dan 122,488456° dalam format desimal. Fasilitas dibangun pada 2025 dengan debit tercantum sebesar 5,21 L/detik. Nilai debit tersebut digunakan sebagai data identitas fasilitas dan tidak diperlakukan sebagai hasil pengukuran selama kegiatan.

Mitra kegiatan adalah perkumpulan petani lokal pengguna fasilitas irigasi. Kegiatan melibatkan lima peserta. Sumber data mencakup dokumentasi kondisi fasilitas dan label baterai, informasi teknis sistem, tanggapan petani mengenai kendala operasional, serta evaluasi energi menggunakan PVsyst. Durasi operasi pompa sekitar 30 menit diperoleh dari laporan pengguna dan digunakan sebagai informasi pendukung dalam evaluasi, bukan sebagai hasil pengukuran langsung.

Tahapan kegiatan dan pendekatan evaluasi

Kegiatan menggunakan pendekatan deskriptif melalui identifikasi kendala mitra dan evaluasi teknis sistem energi. Permasalahan utama dirumuskan dari tanggapan petani mengenai keterbatasan durasi operasi pompa. Dokumentasi dan informasi teknis digunakan untuk menelaah karakteristik fasilitas, sedangkan evaluasi PVsyst digunakan untuk mengkaji kesesuaian pasokan energi dengan kebutuhan pompa. Hasil analisis menjadi dasar perumusan rekomendasi teknis.

Tahapan kegiatan meliputi identifikasi permasalahan, penelaahan parameter sistem, evaluasi neraca energi, interpretasi hasil, dan penyusunan rekomendasi. Fokus evaluasi adalah kendala operasi dan kesesuaian sistem energi. Perubahan pengetahuan peserta dan peningkatan layanan setelah penerapan rekomendasi tidak dijadikan hasil evaluasi karena tidak tersedia pengukuran sebelum dan sesudah kegiatan.

Tabel 1. Tahapan evaluasi sistem pompa air tenaga surya

Tahap	Uraian
Identifikasi permasalahan	Menelaah tanggapan petani mengenai durasi operasi dan kendala pemanfaatan fasilitas.
Penelaahan sistem	Mengidentifikasi kapasitas PV, orientasi modul, daya pompa, dan spesifikasi label baterai.
Evaluasi energi	Menelaah keseimbangan pasokan PV, kebutuhan beban, serta penyimpanan energi menggunakan PVsyst.
Interpretasi hasil	Menghubungkan evaluasi energi dengan informasi operasional dan perhitungan analitis.
Rekomendasi	Merumuskan pemeriksaan dan penyesuaian sistem berdasarkan kendala yang teridentifikasi.

Konfigurasi dan data meteorologi

Evaluasi neraca energi menggunakan pendekatan sistem fotovoltaik mandiri (stand-alone) dengan penyimpanan baterai. Pemodelan mencakup produksi energi fotovoltaik, kebutuhan energi pompa, serta proses pengisian dan pelepasan baterai [9]. Pendekatan ini digunakan untuk menelaah kemampuan sistem menyuplai beban dan peran baterai ketika pasokan fotovoltaik tidak mencukupi kebutuhan pompa.

Sistem fotovoltaik terdiri atas 10 modul dengan daya nominal masing-masing 600 Wp sehingga kapasitas total terpasang sebesar 6 kWp. Modul dipasang dengan kemiringan 20° terhadap bidang horizontal dan menghadap utara. Untuk lokasi di belahan bumi selatan, arah utara dinyatakan sebagai azimut 0° dalam konvensi PVsyst [10]. Penyimpanan energi ditelaah berdasarkan label modul baterai lithium 48 V dan 100 Ah, setara dengan energi nominal 4,8 kWh per modul. Beban utama berupa pompa air berdaya nominal 5.000 W.

Data meteorologi bersumber dari Meteonorm untuk lokasi fasilitas pada koordinat −4,087411° dan 122,488456°. Data tersebut digunakan sebagai masukan untuk memperkirakan produksi energi fotovoltaik pada orientasi pemasangan yang ditetapkan. Evaluasi difokuskan pada kesesuaian pasokan energi dengan kebutuhan pompa dan peran baterai dalam mendukung kontinuitas operasi. Analisis transien motor serta pengujian proteksi kelistrikan berada di luar cakupan pemodelan.

Parameter sistem

Parameter utama yang digunakan dalam penelaahan sistem disajikan pada Tabel 2. Kapasitas baterai dinyatakan per modul sesuai label perangkat. Durasi operasi merupakan informasi pengguna, sedangkan debit merupakan data pada papan identitas fasilitas.

Tabel 2. Parameter utama sistem pompa air tenaga surya

Parameter	Nilai	Sumber data
Jumlah modul fotovoltaik	10 unit	Informasi teknis tim
Daya nominal modul	600 Wp	Informasi teknis tim
Kapasitas total PV	6 kWp	Jumlah × daya modul
Kemiringan dan arah	20° menghadap utara	Informasi teknis tim
Azimut model	0°	Konvensi PVsyst [10]
Daya nominal pompa	5.000 W	Label perangkat
Modul baterai	Lithium 48 V 100 Ah	Label perangkat
Energi nominal per modul	4,8 kWh	Tegangan × kapasitas
Durasi operasi	Sekitar 30 menit	Laporan pengguna
Debit tercantum	5,21 L/detik	Papan fasilitas
Data meteorologi	Meteonorm	Sumber data evaluasi

Analisis kebutuhan energi dan penyimpanan

Kebutuhan energi listrik pompa dihitung menggunakan hubungan antara daya masukan dan durasi operasi:

$$E_{pompa} = P_{in} \times t \quad (1)$$

E_{pompa} adalah kebutuhan energi listrik (kWh), P_{in} adalah daya listrik masukan pompa (kW), dan t adalah durasi operasi (jam). Daya nominal 5 kW digunakan sebagai pendekatan daya masukan konstan. Pada durasi 0,5 jam, kebutuhan energi analitis adalah 2,5 kWh. Jika daya nominal menyatakan keluaran mekanis, kebutuhan listrik harus memperhitungkan efisiensi motor. Nilai analitis dibedakan dari konsumsi listrik terukur dan hasil simulasi.

Energi nominal setiap modul baterai dihitung sebagai berikut:

$$E_{nom} = V_{nom} \times C_{nom} / 1.000 \quad (2)$$

V_{nom} adalah tegangan nominal (V) dan C_{nom} adalah kapasitas nominal (Ah). Berdasarkan label 48 V dan 100 Ah, diperoleh energi nominal 4,8 kWh per modul. Energi nominal dibedakan dari energi yang dapat digunakan, yang dipengaruhi kondisi pengisian awal, batas pelepasan, kondisi baterai, dan rugi konversi. Durasi ideal suplai baterai tanpa kontribusi fotovoltaik dihitung sebagai pembanding analitis:

$$t_{ideal} = E_{nom} / P_{in} \quad (3)$$

Untuk satu modul 4,8 kWh pada beban konstan 5 kW, durasi ideal adalah 0,96 jam atau 57,6 menit. Perhitungan mengasumsikan seluruh energi nominal dapat digunakan tanpa rugi konversi dan pembatasan daya. Nilai tersebut bukan prediksi durasi operasi aktual atau bukti kondisi kesehatan baterai. Kemampuan penyediaan daya juga ditelaah melalui hubungan arus dan tegangan:

$$I_{ideal} = P_{in} / V_{nom} \quad (4)$$

Pada suplai baterai saja, beban 5.000 W dan tegangan 48 V memberikan arus ideal sekitar 104 A sebelum rugi konversi. Persamaan (4) menggunakan daya dalam watt dan tegangan dalam volt. Besaran ini digunakan untuk mengarahkan pemeriksaan kemampuan arus baterai, BMS, dan pengendali. Kapasitas 100 Ah tidak menyatakan batas arus kontinu 100 A.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik fasilitas irigasi

Fasilitas Sumur JIAT berada di Desa Lebo Jaya, Kecamatan Konda, Kabupaten Konawe Selatan. Papan identitas menunjukkan tahun pembangunan 2025 dan debit tercantum sebesar 5,21 L/detik. Debit tersebut merupakan data fasilitas dan tidak diperlakukan sebagai hasil pengukuran selama kegiatan. Sistem menggunakan pembangkit fotovoltaik 6 kWp dan pompa berdaya nominal 5.000 W. Dokumentasi baterai memperlihatkan modul lithium 48 V 100 Ah.



Gambar 1. Papan identitas fasilitas Sumur JIAT di Desa Lebo Jaya.



Gambar 2. Modul baterai lithium bertegangan nominal 48 V dan berkapasitas 100 Ah.
Sumber Gambar 1–2: dokumentasi lapangan tim pelaksana.

Kondisi operasional dan permasalahan mitra

Kegiatan melibatkan lima peserta dengan mitra perkumpulan petani lokal pengguna fasilitas irigasi. Berdasarkan tanggapan petani, pompa hanya dapat beroperasi sekitar 30 menit. Keterbatasan tersebut menjadi permasalahan utama yang mendasari evaluasi kesesuaian sistem energi. Petani mengaitkan kendala dengan baterai, sehingga sistem penyimpanan menjadi salah satu fokus penelaahan.



Gambar 3. Dokumentasi kegiatan bersama di fasilitas pompa air tenaga surya.

Dokumentasi keluaran air memperlihatkan aliran pada area persawahan. Namun, keberadaan aliran pada satu waktu belum menunjukkan kontinuitas layanan atau kecukupan terhadap kebutuhan lahan. Penilaian layanan perlu mempertimbangkan durasi operasi, debit aktual, jadwal distribusi, dan kebutuhan air pengguna.



Gambar 4. Keluaran air pada area persawahan.

Laporan durasi operasi merupakan temuan kualitatif. Kondisi pengisian awal, kontribusi PV, kemampuan pelepasan daya, dan pengaturan proteksi perlu dipertimbangkan untuk menjelaskan penghentian pompa. Informasi durasi saja belum memastikan satu penyebab teknis secara tunggal.

Evaluasi keseimbangan energi

Evaluasi menggunakan PVsyst mengindikasikan masalah kesesuaian antara pasokan energi dan kebutuhan pompa yang berkaitan dengan penyimpanan baterai. Temuan ini menunjukkan pentingnya menelaah sistem sebagai rangkaian pembangkit, penyimpanan, pengendali, dan beban. Pembahasan hasil PVsyst terbatas pada identifikasi kualitatif; besarnya energi tidak terpenuhi dan kapasitas perbaikan belum dapat ditetapkan tanpa keluaran numerik simulasi.

Kapasitas fotovoltaik 6 kWp tidak berarti sistem selalu menyediakan daya 6 kW. Produksi aktual berubah mengikuti radiasi matahari, suhu modul, dan rugi sistem. Ketika pasokan lebih rendah daripada kebutuhan pompa, baterai menyuplai selisih kebutuhan. Pemulihan energi baterai juga memerlukan pasokan yang cukup setelah kebutuhan beban diperhitungkan. Neraca pasokan, beban, dan baterai merupakan dasar evaluasi sistem stand-alone [9].

Kapasitas baterai dan durasi operasi

Berdasarkan tegangan dan kapasitas pada label, energi nominal setiap modul baterai adalah E = 48 × 100 / 1.000 = 4,8 kWh. Dengan pendekatan daya listrik masukan konstan 5 kW, kebutuhan energi selama 30 menit adalah E = 5 × 0,5 = 2,5 kWh. Perhitungan tersebut menunjukkan skala kebutuhan energi untuk satu periode operasi terhadap energi nominal satu modul baterai.

Jika seluruh beban ditopang satu modul baterai, batas durasi ideal tanpa rugi adalah 4,8/5 = 0,96 jam atau 57,6 menit. Pembanding ini mengasumsikan seluruh energi nominal dapat digunakan, tanpa rugi konversi, pembatasan daya, dan kontribusi PV. Nilai tersebut bukan prediksi durasi aktual. Jika rating 5 kW menyatakan daya mekanis keluaran, kebutuhan listrik harus memperhitungkan efisiensi motor.

Durasi aktual sekitar 30 menit tidak dapat langsung diartikan sebagai bukti kerusakan baterai. Perbedaannya dapat dipengaruhi kondisi pengisian awal, batas pelepasan, kondisi baterai, rugi konversi, dan aktivasi proteksi. Perbandingan 2,5 kWh terhadap 4,8 kWh juga tidak menyatakan efisiensi baterai atau kedalaman pelepasan yang terukur.

Kemampuan penyediaan daya

Pada asumsi seluruh kebutuhan pompa dipasok baterai dengan tegangan konstan 48 V, arus ideal adalah I = 5.000/48 ≈ 104 A sebelum rugi konversi. Arus aktual bergantung pada tegangan operasi dan kontribusi PV. Besaran ini mengarahkan pemeriksaan pada kemampuan arus baterai, battery management system (BMS), kabel, dan pengendali.

Kapasitas 100 Ah menunjukkan kapasitas muatan dan bukan jaminan kemampuan menyuplai arus 100 A secara kontinu. Evaluasi perlu membedakan keterbatasan energi dari keterbatasan daya. Pemeriksaan tegangan, arus, kondisi pengisian, serta kode gangguan diperlukan untuk menjelaskan mekanisme penghentian pompa.

Rekomendasi pengelolaan dan perbaikan sistem

Hasil evaluasi menjadi dasar rekomendasi pemeriksaan dan penyesuaian sistem pada Tabel 3. Prioritas tindakan ditentukan berdasarkan penyebab gangguan yang terkonfirmasi dan kebutuhan layanan irigasi mitra.

Tabel 3. Rekomendasi tindak lanjut sistem pompa air tenaga surya

Aspek	Rekomendasi
Baterai	Memeriksa kondisi pengisian, kapasitas yang dapat digunakan, batas pelepasan, dan kemampuan arus sesuai spesifikasi.
Pengendali dan proteksi	Memeriksa pengaturan penghentian, batas daya, serta catatan gangguan saat pompa berhenti.
Fotovoltaik	Mengevaluasi kecukupan produksi untuk memenuhi kebutuhan pompa dan memulihkan pengisian baterai.
Jadwal pemompaan	Menyesuaikan operasi dengan periode pasokan surya yang memadai dan kebutuhan irigasi.
Pemantauan	Mencatat waktu operasi, cuaca, indikator baterai, gangguan, dan debit aktual.

Penambahan baterai perlu dievaluasi bersama kemampuan pengisiannya. Baterai lebih besar tidak menyelesaikan kekurangan pasokan apabila energi pengisian tetap terbatas. Penambahan panel juga belum tentu mengatasi batas arus atau gangguan proteksi. Perbandingan skenario kapasitas baterai, kapasitas PV, dan jadwal operasi perlu menggunakan kebutuhan layanan yang sama. Penyimpanan air dapat ditelaah jika kondisi fasilitas memungkinkan [1].

Pemilihan perbaikan mempertimbangkan kebutuhan air, hasil simulasi, kondisi perangkat, biaya, dan kemampuan pemeliharaan mitra. Pengaturan pemompaan tetap memperhatikan

keberlanjutan sumber air tanah agar kemudahan pasokan energi tidak mendorong pengambilan berlebihan [8].

Luaran kegiatan dan keterbatasan

Luaran kegiatan berupa identifikasi kendala operasional, dokumentasi karakteristik fasilitas, dan rekomendasi evaluasi kesesuaian sistem energi. Temuan menegaskan bahwa keberlanjutan layanan memerlukan kesesuaian pembangkit, penyimpanan, pengendali, dan kebutuhan pompa. Peningkatan pengetahuan peserta, penghematan biaya, serta perubahan produktivitas belum dinilai.

Analisis dibatasi oleh ketersediaan keluaran numerik PVsyst dan pengukuran operasional. Pengujian setelah penerapan rekomendasi diperlukan untuk mengetahui perubahan layanan melalui perbandingan durasi operasi, volume air, dan frekuensi gangguan. Hasil yang tersedia mendukung diagnosis awal dan rekomendasi tanpa membuktikan keberhasilan perbaikan.

SIMPULAN

Evaluasi fasilitas irigasi di Desa Lebo Jaya mengidentifikasi keterbatasan operasi pompa berdaya nominal 5 kW yang dilaporkan hanya berlangsung sekitar 30 menit. Sistem menggunakan pembangkit fotovoltaik 6 kWp, sedangkan modul baterai yang terdokumentasi memiliki spesifikasi lithium 48 V 100 Ah atau energi nominal 4,8 kWh per modul.

Pada asumsi daya listrik masukan konstan 5 kW, operasi selama 30 menit memerlukan energi 2,5 kWh. Perhitungan ini menunjukkan skala kebutuhan energi terhadap penyimpanan tanpa memastikan penyebab penghentian. Perbaikan perlu didasarkan pada kecukupan energi, kemampuan daya baterai, kondisi pengisian, dan pengaturan proteksi. Kegiatan menyediakan dasar rekomendasi teknis bagi mitra; peningkatan layanan setelah perbaikan memerlukan pengujian lapangan.

REFERENSI

[1] World Bank. (2018). Solar Pumping: The Basics. Washington, DC: World Bank. https://documents.worldbank.org/curated/en/880931517231654485/pdf/123018-WP-P159391-PUBLIC.pdf

[2] Chandel, S. S., Naik, M. N., & Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 1084–1099. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.083

[3] Muhsen, D. H., Khatib, T., & Nagi, F. (2017). A review of photovoltaic water pumping system designing methods, control strategies and field performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, 70–86. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.129

[4] Hadwan, M., & Alkholidi, A. (2018). Assessment of factors influencing the sustainable performance of photovoltaic water pumping systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 92, 307–318. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.092

[5] Chandel, S. S., Naik, M. N., & Chandel, R. (2017). Review of performance studies of direct coupled photovoltaic water pumping systems and case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76, 163–175. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.019

[6] Orts-Grau, S., González-Altozano, P., Gimeno-Sales, F. J., Balbastre-Peralta, I., Martínez Márquez, C. I., Gasque, M., & Segui-Chilet, S. (2021). Photovoltaic Water Pumping: Comparison Between Direct and Lithium Battery Solutions. IEEE Access, 9, 101147–101163. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3097246

[7] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). The use of solar energy in irrigated agriculture: A sourcebook for irrigation water management with alternative energy solutions. https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1600772/

[8] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018, 12 April). Positive prospects for solar-powered irrigation systems. https://www.fao.org/energy/news-and-events/news/news-details/Positive-prospects-for-solar-powered-irrigation-systems/en
[9] PVsyst SA. (2026). Stand-alone system procedure. Dokumentasi resmi PVsyst. https://www.pvsyst.com/help/project-design/stand-alone-systems-definition/stand-alone-system-procedure.html
[10] PVsyst SA. (2026). Plane azimuth. Dokumentasi resmi PVsyst. https://www.pvsyst.com/help/glossary/solar-geometry/plane-azimuth.html
[11] PVsyst SA. (2026). Simulation variables Stand alone system. Dokumentasi resmi PVsyst. https://www.pvsyst.com/help/project-design/results/simulation-variables-stand-alone-system.html