

## Model Pengabdian Masyarakat untuk Perawatan Sistem PLTS 3kWp di Kawasan Ziarah Pesisir Sayung

Abdul Haris Kuspranoto<sup>1</sup>, Ahmad Ali Hasan<sup>2</sup>, Novantioro Permana Sabputra<sup>3</sup>,  
Muhammad Ulin Nuha Aba<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Politeknik Bina Trada Semarang

Alamat korespondensi: Jl. Sambiroto Raya No.64 blok D, Sambiroto, Tembalang, Kota Semarang

E-mail: 1) abdulhariskuspranoto@polbitrada.ac.id, 2) hasanaly4u@gmail.com, 3)

novantioro17@gmail.com, 4) ulinnuha.aba1@polbitrada.ac.id

### Abstrak

*Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan menyusun model perawatan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) skala 3 kWp yang layak diterapkan pada kawasan layanan publik kecil-menengah di Sayung, khususnya area ziarah Makam Syekh Abdullah Mudzaki. Latar pesisir rob, abrasi, kelembapan tinggi, dan akses lapangan yang terbatas menuntut pendekatan operasi dan pemeliharaan (O&M) yang lebih disiplin dibandingkan dengan lokasi daratan biasa. Metode yang digunakan adalah sintesis eviden dari penelusuran awal, verifikasi pada sumber resmi daerah dan nasional, serta pendalaman pada standar dan literatur internasional tentang O&M PLTS, pemantauan kinerja, kelembapan/korosi, dan pengelolaan elektrifikasi berbasis komunitas. Hasil sintesis menunjukkan bahwa konfigurasi hybrid 3 kW dengan baterai 48 V merupakan opsi paling seimbang untuk lokasi yang membutuhkan pasokan tetap saat jaringan terganggu, sedangkan on-grid lebih murah namun bergantung pada jaringan, dan off-grid lebih mandiri tetapi membutuhkan desain baterai dan charge controller yang lebih ketat. Program perawatan yang direkomendasikan menggabungkan inspeksi harian-mingguan sederhana oleh operator lokal; inspeksi bulanan-triwulanan oleh teknisi terlatih; pencatatan indikator kinerja berbasis logbook; serta pelatihan komunitas yang menekankan keselamatan kerja, pembersihan modul, pemeriksaan koneksi, dan respons gangguan. Artikel ini menghasilkan rancangan jadwal perawatan, kurikulum pelatihan, estimasi biaya, indikator pemantauan-evaluasi, dan strategi mitigasi risiko pesisir yang siap diadaptasi menjadi naskah jurnal pengabdian masyarakat.*

### Abstract

*This community service activity aims to develop a maintenance model for a 3 kWp solar power plant (PLTS) system that is suitable for implementation in small-to-medium public service areas in Sayung, specifically the pilgrimage area of the Tomb of Sheikh Abdullah Mudzaki. The coastal setting of tidal flooding, abrasion, high humidity, and limited field access requires a more disciplined operation and maintenance (O&M) approach than typical inland locations. The methods used include synthesis of evidence from initial scans, verification of official regional and national sources, and in-depth analysis of international standards and literature on PLTS O&M, performance monitoring, humidity/corrosion, and community-based electrification management. The synthesis results indicate that a 3 kW hybrid configuration with a 48 V battery is the most balanced option for locations requiring a steady supply when the grid is disrupted, while an on-grid system is cheaper but dependent on the grid, and an off-grid system is more independent but requires more stringent battery and charge controller design. The recommended maintenance program combines simple daily-weekly inspections by local operators, monthly-quarterly inspections by trained technicians, recording of logbook-based performance indicators, and community training emphasizing occupational safety, module cleaning, connection checks, and disturbance response. This article presents a draft maintenance schedule, training curriculum, cost estimates, monitoring-evaluation*

*indicators, and coastal risk mitigation strategies that are ready to be adapted into a community service journal manuscript.*

**Kata kunci:** *PLTS; Pengabdian Masyarakat; Operasi Dan Pemeliharaan; Kawasan Pesisir; Community Training*

## **1. PENDAHULUAN**

Sayung merupakan wilayah pesisir yang menghadapi rob dan abrasi (Chrysanti et al., 2024). Publikasi statistik tahunan kecamatan tersedia secara resmi, sementara informasi daerah menunjukkan Desa Bedono berada dalam Kecamatan Sayung.

Urgensi O&M pada PLTS penting. A 2024 review in Renewable and Sustainable Energy Reviews menegaskan bahwa penelitian O&M PV kini bergerak dari pendekatan reaktif menuju pendekatan sistematis yang mengintegrasikan strategi perawatan, indikator kinerja, pemodelan degradasi, dan optimasi perencanaan. Review microgrid 2021 juga menempatkan maintenance sebagai inti keberhasilan sistem PV karena fase operasi-pemeliharaan adalah fase terpanjang dalam siklus hidup sistem (Keisang et al., 2021, p. 1). Dengan kata lain, proyek pengabdian yang hanya memasang perangkat tanpa membangun kapasitas O&M lokal berisiko menghasilkan aset yang cepat menurun performanya.

Dalam konteks Sayung, tekanan lingkungan terhadap PLTS lebih berat daripada lingkungan inland biasa. Pedoman iklim-spesifik dari IEA PVPS menyebut suhu (Kichonge & Mwakapoma, 2026; Wanggai, 2025), kelembapan, hujan, angin, dan kondisi ekstrem sebagai faktor yang mendorong kegagalan modul serta menuntut program O&M yang disesuaikan dengan zona iklim (Sedgwick et al., 2025; Umam et al., 2025). Tinjauan mengenai moisture ingress menegaskan bahwa kelembapan merupakan inti banyak mekanisme degradasi modul, termasuk korosi metal grid, delaminasi, dan penurunan daya (Segbefia et al., 2021). Tinjauan korosi (2025) menambahkan bahwa paparan lingkungan salin, fluktuasi suhu, UV, dan kelembapan mempercepat penurunan kinerja dan umur pakai (Rana et al., 2025). Air rob bersifat korosif, dan paparan lingkungan salin, fluktuasi suhu, UV, dan kelembapan mempercepat penurunan kinerja dan umur pakai, sehingga asumsi lingkungan operasi lembap-korosif sangat kuat untuk desain O&M (Rana et al., 2025).

Dari sisi pemberdayaan, studi Energies 2022 tentang elektrifikasi perdesaan berkelanjutan menunjukkan bahwa keberhasilan proyek tidak hanya ditentukan teknologi, tetapi juga model tata kelola, bisnis, dan pelibatan komunitas. Studi tersebut menekankan pentingnya kolaborasi para aktor, transfer pengetahuan, serta keterlibatan masyarakat dalam keberlanjutan proyek. Ini relevan untuk pengabdian masyarakat di Sayung karena operator lokal perlu mampu menjalankan inspeksi dasar, pencatatan gangguan, dan komunikasi perbaikan tanpa ketergantungan penuh pada teknisi luar (Kinasih et al., 2025; Rahayu et al., 2026).

Berdasarkan konteks tersebut, tujuan pengabdian ini adalah meningkatkan keandalan layanan energi berbasis PLTS pada area ziarah Sayung; menyusun SOP O&M preventif-korektif yang cocok untuk lingkungan pesisir; melatih operator komunitas lokal agar mampu menjalankan tugas O&M dasar secara aman; menyusun skema pembiayaan dan monitoring-evaluasi yang realistis; dan menghasilkan naskah artikel pengabdian masyarakat yang dapat diajukan ke jurnal.

## **2. METODE PELAKSANAAN**

Metode pengabdian dirancang dalam enam tahap terintegrasi. Tahap pertama adalah **analisis situasi** melalui survei tapak, wawancara pengelola kawasan, pencatatan beban listrik harian,

identifikasi status sambungan jaringan, orientasi dan luas atap, risiko genangan, serta titik aman penempatan inverter dan baterai. Tahap kedua adalah **perancangan teknis awal** yang memilih konfigurasi PLTS sesuai beban dan keandalan pasokan eksisting. Tahap ketiga adalah **penyusunan SOP perawatan** berbasis buku pelatihan, standar IEC, dan praktik terbaik O&M. Tahap keempat adalah **pelatihan masyarakat**, tahap kelima **pendampingan implementasi**, dan tahap keenam **monitoring–evaluasi** dengan indikator teknis dan sosial. Struktur ini sesuai dengan kebutuhan template jurnal pengabdian yang meminta penjelasan sasaran, bahan-alat, desain kegiatan, teknik pengumpulan data, dan analisis.

Pada tahap desain, sistem PLTS mengikuti konteks regulasi Indonesia. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menetapkan bahwa sistem PLTS atap meliputi modul surya, inverter, sambungan listrik, dan sistem pengaman; harus dilengkapi advanced meter bila terhubung ke jaringan; dapat dilengkapi baterai; serta wajib mengikuti standar nasional dan/atau standar internasional untuk menjamin keamanan dan keandalan operasi (Duanaputri et al., 2023, p. 1; Pratomo & Sinaga, 2023, p. 6). Karena itu, artikel ini menggunakan standar **IEC 62446-1** untuk dokumentasi, inspeksi, dan commissioning sistem grid-connected, **IEC 62446-2** untuk pemeliharaan preventif dan korektif, **IEC 61724-1** untuk monitoring kinerja, dan **IEC 60364-7-712** untuk keselamatan instalasi listrik PV dan penyimpanan energi. (Mahtani, 2025)

Desain evaluasi pelatihan memakai tiga komponen. Pertama, **pre-test dan post-test** pengetahuan dasar PLTS. Kedua, **uji praktik** berupa pembersihan panel, inspeksi terminal, dan pembacaan indikator/instrumen. Ketiga, **pemantauan pascapelatihan** selama minimal tiga bulan untuk melihat apakah operator lokal benar-benar menjalankan daftar periksa, mampu mencatat gangguan, dan menurunkan waktu henti. Pendekatan ini dipilih karena pengelolaan aset komunitas akan lebih berkelanjutan bila dibarengi kepemilikan lokal, pencatatan rutin, dan penguatan kapasitas operator desa/kawasan.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Analisis Situasi Lokasi Dan Implikasi Teknis**

Karakter utama tapak adalah kawasan ziarah pesisir dengan paparan salinitas, genangan periodik, dan kelembapan tinggi. Karena itu,, desain O&M harus memprioritaskan: struktur mounting tahan korosi; penempatan inverter, panel distribusi, dan baterai di elevasi aman dari rob; konektor dan terminal yang terlindungi; drainase area; inspeksi lebih sering pada koneksi listrik; serta pembersihan modul yang lebih disiplin. IEA PVPS menegaskan bahwa O&M harus disesuaikan dengan zona iklim, termasuk wilayah panas-lembap dan rawan banjir, sementara dalam konteks pesisir Sayung, risiko soiling bercampur dengan garam, lumpur halus, dan residu rob sehingga kebijakan pembersihan berkala bukan opsi tambahan, melainkan kebutuhan operasional inti.

Rancangan teknis sistem perlu dimulai dari kebutuhan layanan. Untuk rentang target 3 kWp, konfigurasi 6–7 modul 460 Wp menghasilkan kapasitas sekitar 2,76–3,22 kWp; secara praktis, ini sangat dekat dengan sasaran kapasitas yang diminta. ; artinya sistem hybrid 2,8–3,2 kWp berada dalam rentang yang teknis-masuk akal untuk satu inverter kelas 3 kW.

Dari tiga opsi konfigurasi, sistem on-grid paling ekonomis tetapi paling bergantung pada jaringan. , sehingga desain on-grid murni untuk penghematan kini perlu mempertimbangkan manfaat operasional lokal, bukan sekadar ekspor energi (Laksono et al., 2025; Napitupulu et al., 2025; Sikken et al., 2025).

Untuk lokasi ziarah pesisir dengan risiko pemadaman lokal, akses sulit, dan kebutuhan layanan minimum saat cuaca buruk atau rob, opsi hybrid lebih disarankan daripada on-grid murni. Inverter hybrid 3 kW yang terpantau di pasar mampu mengisi baterai, bekerja grid-tie, dan berpindah mode saat listrik jaringan padam; ini lebih cocok untuk beban publik seperti lampu, pompa kecil, CCTV, dan pengisian perangkat komunikasi yang tidak boleh seluruhnya mati ketika jaringan terganggu (Borujeni et al., 2021, p. 103657; Huang et al., 2021, p. 7; Soomar et al., 2022, p. 8).

Sementara itu, off-grid penuh hanya layak bila pasokan jaringan benar-benar tidak andal atau tidak tersedia, karena kebutuhan baterai, charge controller, dan disiplin manajemen energi menjadi lebih tinggi.

Pada opsi off-grid, batasan komponen perlu dicermati. Contoh charge controller MPPT 60 A yang terpantau hanya mengizinkan input PV maksimum 2.800 W pada baterai 48 V; artinya kapasitas sekitar 2,8 kWp masih cocok, tetapi 3,2 kWp sudah mendekati atau melewati batas sehingga memerlukan controller lebih besar atau konfigurasi ganda. Ini menunjukkan pentingnya audit konfigurasi sebelum pengadaan, karena kesalahan penentuan ukuran di awal akan langsung menurunkan keandalan dan keamanan sistem (Aribowo et al., 2026; Negara et al., 2025; Wiranata et al., 2025, p. 159).

Rencana O&M harus menggabungkan pemeliharaan preventif, korektif, dan berbasis kinerja. Kajian mikrogrid tahun 2021 mendefinisikan pemeliharaan korektif sebagai tindakan reaktif tak terjadwal untuk memulihkan kegagalan, sedangkan pemeliharaan preventif sebagai tindakan rutin berdasarkan interval yang direncanakan guna menurunkan probabilitas kerusakan (Goebel & Rajamani, 2021, p. 3; Keisang et al., 2021, p. 9); kajian tahun 2024 menambahkan bahwa arah terbaik ke depan ialah pemeliharaan yang makin adaptif, terintegrasi dengan indikator kinerja, dan tidak sekadar berbasis jadwal komponen (Abdulla et al., 2024).

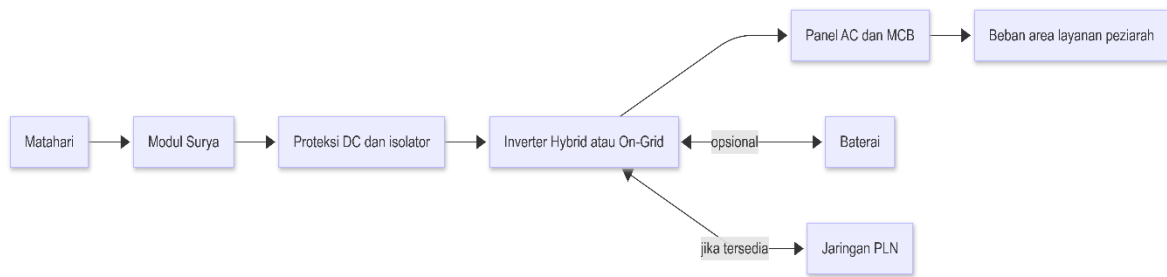
Untuk Sayung, interval pembersihan modul tidak boleh disamakan dengan lokasi non-pesisir. Pengotoran rata-rata berkontribusi pada kehilangan energi global sekitar 4–7%, sedangkan pada skenario ekstrem tertentu pembersihan rutin dapat menurunkan loss secara signifikan (Borah et al., 2023, p. 16670). Karena Sayung menghadapi kombinasi garam, debu, kelembapan, dan genangan korosif, jadwal pembersihan sebaiknya berbasis kondisi lapangan dan logbook, dengan ketentuan minimum inspeksi visual mingguan dan pembersihan terjadwal setiap 2–4 minggu pada musim kering/berdebu, lalu disesuaikan setelah hujan, rob, atau kejadian angin kuat. Ini adalah rekomendasi kontekstual, bukan angka baku universal.

Keselamatan kerja wajib menjadi bagian inti program pengabdian. IEC 60364-7-712:2025 memasukkan persyaratan instalasi PV sampai titik koneksi, termasuk instalasi dengan storage dan island mode operation (H et al., 2025). IEC 62446-1 menekankan pentingnya dokumentasi, commissioning test, inspeksi, dan handover documentation. Dengan dasar itu, SOP lapangan minimal harus mencakup isolasi AC/DC sebelum pekerjaan, penggunaan APD dasar, pelarangan kerja pada konektor basah atau tergenang, pemeriksaan enclosure/IP dan tanda korosi, serta dokumentasi hasil inspeksi (ABADI, 2025; Triyono et al., 2025). Di lokasi dengan rob, pekerjaan korektif sebaiknya tidak dilakukan saat area tergenang karena BMKG menyebut air rob bersifat korosif dan berdampak pada kesehatan. (Yuliani, 2022)

Program pelatihan masyarakat lokal perlu dibuat singkat tetapi berulang. Literatur O&M mikrogrid menunjukkan model pelaksanaan yang baik bisa memakai masa transisi dengan training dan knowledge transfer kepada staf/komunitas lokal. Literatur elektrifikasi pedesaan juga menegaskan bahwa kolaborasi aktor dan keterlibatan penerima manfaat memperbaiki keberlanjutan. Karena itu, kurikulum pelatihan disarankan terdiri atas: pengenalan PLTS dan aliran energi; keselamatan kerja dan isolasi sumber; inspeksi visual serta pembersihan aman; pencatatan energi, tegangan baterai, alarm inverter, dan downtime; prosedur pelaporan gangguan; serta tata kelola kas perawatan dan spare parts ringan. Evaluasinya dilakukan dengan pre-test/post-test, uji praktik, dan audit logbook 30 hari.

### 3.2 Deskripsi Teknis Sistem PLTS Yang Direkomendasikan

Awalnya, sistem disarankan dalam kisaran **3 kWp** untuk melayani penerangan, kipas, pompa kecil, stopkontak layanan, dan beban pendukung aktivitas area makan/layanan peziarah. Ketersediaan jaringan menentukan konfigurasi terbaik. Bila jaringan tersedia dan relatif andal, **on-grid** paling ekonomis karena tidak memerlukan baterai; deskripsi vendor juga menegaskan bahwa sistem on-grid umumnya lebih murah karena tidak perlu baterai. Bila jaringan tersedia namun sering padam, **hybrid on-grid** dengan baterai cadangan terbatas lebih tepat. Bila jaringan tidak tersedia atau sangat tidak andal, **hybrid/off-grid** menjadi pilihan, tetapi konsekuensinya biaya baterai dan disiplin O&M naik secara signifikan. Regulasi ESDM mengizinkan penggunaan baterai pada sistem PLTS atap, tetapi menuntut standar keselamatan.



Gambar 1. Diagram Sistem PLTS

Monitoring dan evaluasi harus sederhana namun konsisten. IEC 61724-1:2021 menyediakan dasar terminologi, peralatan, dan metode pemantauan kinerja PV (Ebhot & Tabakov, 2023, p. 15). Sebuah tinjauan pada tahun 2024 menyarankan penggunaan indikator yang menggabungkan aspek teknis dan perencanaan (Lindig et al., 2024). IEA PVPS juga menekankan pentingnya standardisasi logbook dan KPI O&M. Untuk proyek pengabdian ini, indikator yang paling relevan adalah: ketersediaan sistem; waktu henti; energi harian/bulanan; alarm inverter; tegangan atau SOC baterai; frekuensi pembersihan; jumlah temuan korosi/sambungan longgar; waktu respons perbaikan; dan tingkat kelulusan operator lokal pada evaluasi praktik. Frekuensi pemantauan dibagi menjadi empat kategori: harian untuk energi dan alarm; mingguan untuk inspeksi visual; bulanan untuk rekap kinerja; dan triwulanan untuk audit teknis.



Gambar 2. Pemantauan PLTS

Risiko utama di lokasi Sayung dapat dibagi menjadi empat. Pertama, risiko lingkungan pesisir: rob, semprotan garam, abrasi, dan kelembapan tinggi mempercepat korosi dan menambah bahaya kerja. Kedua, risiko cuaca ekstrem dan gelombang: BMKG dan pemerintah daerah mencatat potensi rob berulang di pesisir Jawa Tengah, ombak tinggi di Bedono, serta pada Maret 2026 area makam bahkan sempat terdampak insiden kapal tongkang dan cuaca buruk. Ketiga, risiko akses dan logistik: rob dapat merusak jalan atau membatasi mobilisasi teknisi dan alat. Keempat, risiko sosial dan operasional: karena lokasi ziarah bersifat terbuka dan dikunjungi banyak orang, aset seperti kabel, kotak, dan panel pemantauan memerlukan proteksi fisik, signage, dan penunjukan penanggung jawab lokal. Mitigasi yang dianjurkan adalah penempatan perangkat kritis pada elevasi aman, enclosure tahan korosi, pelapisan anti-karat, pentanahan dan proteksi lonjakan, dudukan yang diperkuat, CCTV atau lampu keamanan bila perlu, serta SOP pascarob yang mewajibkan inspeksi koneksi, karat, dan kebocoran kotak sebelum sistem kembali dioperasikan.

**Tabel 1.** Perbandingan Opsi Konfigurasi PLTS

Opsi	Kelebihan utama	Keterbatasan utama	Cocok untuk lokasi Sayung?	Catatan rekomendasi
On-grid	CAPEX paling rendah; tanpa baterai; perawatan lebih sederhana	Tetap bergantung pada jaringan; manfaat ekspor energi terbatas dalam aturan terbaru	Cukup bila tujuan dominan adalah penghematan siang hari	Layak bila fokusnya lampu dan beban siang, serta jaringan relatif andal
Hybrid 48 V	Tetap bisa menopang beban kritis saat grid terganggu; fleksibel; 3 kW hybrid yang terpantau mendukung PV hingga 3,5 kW	CAPEX lebih tinggi; perlu manajemen baterai	Paling direkomendasikan	Paling seimbang untuk kawasan publik pesisir yang membutuhkan resiliensi
Off-grid	Mandiri dari jaringan; cocok bila pasokan grid sangat buruk	Perlu penentuan ukuran baterai dan controller lebih ketat; disiplin energi tinggi	Layak secara selektif	Gunakan bila keandalan grid sangat rendah atau tidak tersedia

Dasar Tabel 1. ini berasal dari regulasi PLTS atap nasional, *review hybrid renewable systems*, serta spesifikasi inverter hybrid 3 kW yang terpantau di pasar.

**Tabel 2.** Tabel Perencanaan Pelatihan Masyarakat Lokal

Modul	Isi inti	Durasi	Metode	Evaluasi
Dasar PLTS	Alur energi PV–inverter–baterai–beban, fungsi tiap komponen	2 jam	Ceramah singkat + demo	Pre-test/post-test
Keselamatan kerja	APD, isolasi AC/DC, larangan bekerja saat basah/tergenang, prosedur darurat	2 jam	Simulasi	Uji praktik
Perawatan rutin	Inspeksi visual, pembersihan modul, pengecekan alarm, logbook	3 jam	Praktik lapangan	Checklist observasi
Deteksi gangguan	Sambungan longgar, karat, tegangan abnormal, output turun	2 jam	Studi kasus	Lembar diagnosis
Tata kelola operasional	Jadwal piket, pelaporan, kas perawatan, suku cadang	2 jam	Diskusi kelompok	Rencana tindak lanjut
Pemantauan kinerja	Pembacaan energi, waktu henti, alarm, rekap bulanan	2 jam	Praktik pencatatan	Audit logbook 30 hari

Rancangan pelatihan ini mengikuti temuan bahwa transfer pengetahuan dan keterlibatan komunitas adalah penentu utama keberlanjutan proyek elektrifikasi berbasis masyarakat(Omole et al., 2024, p. 1041).

Tabel 3. Indikator Keberhasilan dan Monitoring-Evaluasi

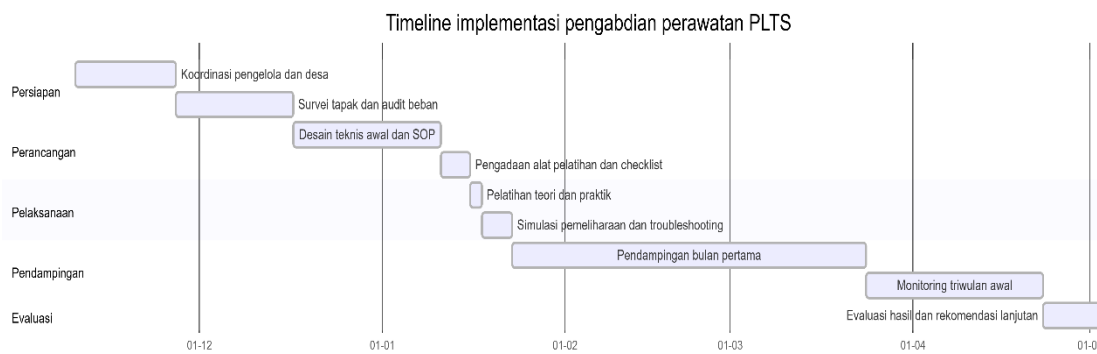
Indikator	Target awal	Frekuensi	Alat/format
Ketersediaan sistem	≥95%	Bulanan	Catatan waktu henti
Penyelesaian alarm inverter	100% alarm kritis tertangani	Harian–mingguan	Tampilan inverter + grup WhatsApp
Pembersihan modul sesuai jadwal	≥90% kepatuhan	Bulanan	Daftar periksa O&M
Temuan korosi/koneksi longgar	Menurun dari bulan ke bulan	Bulanan	Formulir inspeksi
Kelulusan uji praktik operator lokal	≥80% peserta	Akhir pelatihan	Rubrik praktik
Waktu respons gangguan ringan	<48 jam untuk gangguan ringan	Bulanan	Buku catatan kejadian
Kinerja energi	Stabil sesuai musim dan kondisi cuaca	Harian–bulanan	meter kWh / pemantauan inverter

Indikator ini diturunkan dari prinsip monitoring IEC 61724-1, ulasan O&M 2024, dan rekomendasi standardisasi KPI/logbook dari IEA PVPS.

Tabel 4. Risiko dan Mitigasi

Risiko	Dampak	Mitigasi utama
Rob dan genangan	korsleting, korosi, downtime	elevasi inverter/baterai, sealing kabel, drainase, inspeksi pascarob
Udara asin dan kelembapan tinggi	korosi terminal dan konektor	hardware antikarat, grease terminal, inspeksi triwulanan, enclosure lebih rapat
Soiling lumpur/garam	penurunan output	pembersihan 1–3 bulan atau lebih cepat pascarob
Petir dan lonjakan tegangan	rusak inverter/charge controller	SPD/arrester DC-AC, grounding, pemeriksaan proteksi
Vandalism/pencurian	kehilangan aset	pagar, posisi aman, CCTV sederhana, kunci panel
Kesalahan operator	rusak komponen, risiko sengatan	SOP tertulis, simulasi rutin, APD, struktur eskalasi
Sedimentasi dan akses sulit	keterlambatan perbaikan	stok suku cadang kritis di lokasi, logistik lokal
Usia baterai menurun	backup malam turun	BMS, batas DOD konservatif, ventilasi, pencatatan siklus

Risiko rob, korosi, dan genangan pada Sayung bukan dugaan abstrak, melainkan risiko nyata yang telah berulang. Karena itu, proyek pengabdian ini sebaiknya tidak berhenti pada instalasi perangkat, tetapi harus menghasilkan **SOP lokasi pesisir** yang berbeda dari SOP PLTS umum.



Gambar 3. Timeline Implementasi

Pada Gambar 3. Timeline ini dirancang untuk memastikan bahwa pengabdian tidak berhenti pada pelatihan satu kali, melainkan berlanjut ke pendampingan dan evaluasi perubahan perilaku operator lokal. Model seperti ini lebih cocok untuk aset energi komunitas daripada model ceramah satu hari yang tidak meninggalkan sistem pencatatan dan SOP.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan Pengabdian masyarakat tentang perawatan sistem PLTS untuk area layanan peziarah di Sayung layak diposisikan sebagai program penguatan keandalan listrik, keselamatan kerja, dan kapasitas lokal pada kawasan pesisir yang rentan rob. Hasil sintesis menunjukkan bahwa lokasi sekitar makam Syekh Abdullah Mudzakkir memerlukan pendekatan O&M yang lebih disiplin dibanding lokasi biasa, karena paparan korosi, genangan, kelembapan, dan dinamika pengunjung. Konfigurasi yang direkomendasikan adalah PLTS 3kWp dengan opsi hybrid apabila jaringan tersedia tetapi tidak stabil. Kunci keberhasilan program terletak pada SOP tertulis, checklist terjadwal, pelatihan operator lokal, monitoring sederhana yang konsisten, dan model pendanaan operasional yang tidak hanya mengandalkan hibah awal. Dengan desain seperti ini, PLTS dapat menjadi infrastruktur pelayanan yang andal sekaligus sarana pemberdayaan masyarakat setempat. Model pengabdian yang direkomendasikan adalah: audit beban, instalasi atau retrofit yang aman, pelatihan operator lokal, SOP O&M preventif-korektif, logbook KPI, dan skema pendanaan campuran hibah-CSR-Dana Desa.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- ABADI, O. P. A. P. (2025). Preparation of Standard Operating Procedure (SOP) Documents on Limited Space Work at PT. X. *Preventif Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 16(1), 115–126. <https://doi.org/10.22487/preventif.v16i1.1918>
- Abdulla, H., Sleptchenko, A., & Nayfeh, A. (2024). Photovoltaic systems operation and maintenance: A review and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 195, 114342–114342. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114342>
- Amankwah-Amoah, J., & Hinson, R. E. (2024). Scaling up and scaling out of darkness: Elucidating the influences of institutional dysfunction in scaling up solar PV in Sub-Saharan Africa. *World Development*, 183, 106726–106726. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106726>
- Aribowo, N., Facta, M., & Saptadi, S. (2026). Analisis Alternatif Spesifikasi Teknis Dan Faktor Penentu Kinerja Pengembangan Plts Atap Di Gedung Sekretariat Dprd Provinsi Jawa Tengah. *Transmisi Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 28(1), 20–29. <https://doi.org/10.14710/transmisi.28.1.20-29>
- Borah, P., Micheli, L., & Sarmah, N. (2023). Analysis of Soiling Loss in Photovoltaic Modules: A Review of the Impact of Atmospheric Parameters, Soil Properties, and Mitigation Approaches [Review of Analysis of Soiling Loss in Photovoltaic Modules: A Review of the Impact of Atmospheric Parameters, Soil Properties, and Mitigation Approaches]. *Sustainability*, 15(24), 16669–16669. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/su152416669>
- Borujeni, M. S., Ofetotse, E. L., & Nebel, J. (2021). A solar backup system to provide reliable energy in presence of unplanned power outages. *Journal of Energy Storage*, 47, 103653–103653. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103653>
- Chrysanti, A., Adhani, A., Azkiarizqi, I. N., Adityawan, M. B., Kusuma, M. S. B., & Cahyono, M. (2024). Assessing Compound Coastal–Fluvial Flood Impacts and Resilience Under Extreme Scenarios in Demak, Indonesia. *Sustainability*, 16(23), 10315–10315. <https://doi.org/10.3390/su162310315>
- Dasimah, S., & Abdurrahman, P. (2025). Pendidikan kepalangmerahan untuk membentuk karakter sosial siswa. *Jurnal Pendidikan Karakter*, 7(1), 20–30.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>

- Duanaputri, R., Eryk, I. H., Sajidan, M. F., & Wardani, A. L. (2023). Sistem Monitoring Online Dan Analisis Performansi Plts Panel Surya Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web. *ELPOSYS Jurnal Sistem Kelistrikan*, 10(1), 1–6. <https://doi.org/10.33795/elposys.v10i1.715>
- Ebhota, W. S., & Tabakov, P. Y. (2023). Assessment of solar photovoltaic potential of selected site locations in cities across sub-Saharan Africa. *Energy Systems*. <https://doi.org/10.1007/s12667-023-00625-9>
- Erten, B., Oral, B., & Yakut, M. Z. (2022). The role of virtual and augmented reality in occupational health and safety training of employees in PV power systems and evaluation with a sustainability perspective. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134499–134499. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134499>
- Fitriyani. (2020). Evaluasi efektivitas lomba cerdas cermat dalam pembelajaran interaktif. *Jurnal Pendidikan Karakter*, 5(2), 123–134.
- Goebel, K., & Rajamani, R. (2021). Policy, Regulations and Standards in Prognostics and Health Management. *International Journal of Prognostics and Health Management*, 12(1). <https://doi.org/10.36001/ijphm.2021.v12i1.2908>
- Gunawan, A. (2017). Kepalangmerahan dan peranannya dalam pembentukan karakter sosial. *Jurnal Ilmu Sosial*, 10(1), 45–57.
- H, P. S., Kurniawan, B. I., Hermawan, S. L., Ridzki, I., & Hidayat, M. N. (2025). Desain Proteksi Dan Grounding Hybrid Pv–Hydro Menuju Pesantren Mandiri Energi. *Jurnal Pengabdian Mandiri*, 4(10), 975–984. <https://doi.org/10.53625/jpm.v4i10.11515>
- Hasanah, R., & Pratiwi, D. (2023). Pengembangan metode pembelajaran kompetitif untuk peningkatan pengetahuan kepalangmerahan. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 9(1), 89–99.
- Huang, K., Li, Y., Zhang, X. Y., Liu, L., Zhu, Y., & Meng, X. (2021). Research on power control strategy of household-level electric power router based on hybrid energy storage droop control. *Protection and Control of Modern Power Systems*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s41601-021-00190-2>
- Keisang, K., Bader, T., & Samikannu, R. (2021). Review of Operation and Maintenance Methodologies for Solar Photovoltaic Microgrids. *Frontiers in Energy Research*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.730230>
- Kichonge, B. N., & Mwakapoma, S. (2026). Photovoltaic system performance in Sub-Saharan Africa under environmental, technical and policy constraints. *Discover Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s43621-026-02701-3>
- Kinasih, R. K., Widyaningsih, N., Saragih, I. J., & Supiyat, A. (2025). Peningkatan Wawasan Masyarakat Desa Drawati Mengenai Dasar Listrik dan Instalasi PJU Sel Surya. *Jurnal Abdimas Le Mujtamak*, 5(2). <https://doi.org/10.46257/jal.v5i2.1227>
- Kusuma, W., & Andriani, S. (2024). Strategi pembelajaran kepalangmerahan di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 50–65.
- Laksono, D. T., Pratama, L. A., Ubaidillah, A., Fahmi, M. F., & Laksono, D. T. (2025). Simulasi dan Perancangan PLTS Offgrid 3 kW Menggunakan Software PVsyst. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE Uniba)*, 9(2), 581–588. <https://doi.org/10.36277/jteuniba.v9i2.1264>
- Lestari, E., & Nugroho, Y. (2024). Pemahaman siswa terhadap prinsip dasar Palang Merah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 11(1), 76–84.
- Lestari, S., Rahman, T., & Purnama, L. (2023). Kesiapan generasi muda sebagai relawan Palang Merah Indonesia. *Jurnal Pengembangan Masyarakat*, 8(2), 134–145.
- Lindig, S., Herz, M., Ascencio-Vásquez, J., Theristis, M., Herteleer, B., Deckx, J., & Anderson, K. (2024). Review of Technical Photovoltaic Key Performance Indicators and the Importance of Data Quality Routines. *Solar RRL*, 8(24). <https://doi.org/10.1002/solr.202400634>
- Mahtani, K. (2025). Investigación técnica exhaustiva sobre normas industriales para inversores en la generación de energía solar fotovoltaica. *Revista Chone Ciencia y Tecnología*, 3(1). <https://doi.org/10.56124/cct.v3i1.004>
- Munzke, N., Büchle, F., Smith, A., & Hiller, M. (2021). Influence of Efficiency, Aging and Charging Strategy on the Economic Viability and Dimensioning of Photovoltaic Home Storage Systems. *Energies*, 14(22), 7673–7673. <https://doi.org/10.3390/en14227673>
- Napitupulu, C., Rangga, M. A., Rizky, M., & Putra, N. T. (2025). Optimalisasi PLTS Atap On-Grid di Indonesia: Standarisasi Inverter, Kinerja Ekonomi, dan Monitoring Berbasis IoT. *Jurnal*

- Ilmiah Teknik Mesin Elektro Dan Komputer, 5(2), 100–112. <https://doi.org/10.51903/juritek.v5i2.4374>
- Negara, R. B., Nugroho, S. D., Ulfiah, S. A., Arsal, F. A., & Putri, Y. K. (2025). Analisis Perencanaan Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Atap Dengan Beban Langganan Pln Kapasitas 900va Menggunakan Konfigurasi Off-Grid. *Jurnal Elektro Kontrol (ELKON)*, 5(2), 60–71. <https://doi.org/10.24176/elkon.v5i2.16627>
- Okonkwo, P. C., Nwokolo, S. C., Udo, S. O., Obiwulu, A. U., Onnoghen, U. N., Alarifi, S. S., Eldosouky, A. M., Ekwok, S. E., András, P., & Akpan, A. E. (2024). Solar PV systems under weather extremes: Case studies, classification, vulnerability assessment, and adaptation pathways. *Energy Reports*, 13, 929–959. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.12.067>
- Omole, F. O., Olajiga, O. K., & Olatunde, T. M. (2024). Challenges And Successes In Rural Electrification: A Review Of Global Policies And Case Studies [Review Of Challenges And Successes In Rural Electrification: A Review Of Global Policies And Case Studies]. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(3), 1031–1046. Fair East Publishers. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i3.956>
- Piaget, J. (1973). To Understand Is to Invent. <https://www.amazon.com/Understand-Invent-Jean-Piaget/dp/0670005770>
- Prasetya, D., Anwar, C., & Sutrisno, H. (2023). Studi evaluasi pengetahuan kepalangmerahan di kalangan pelajar SD. *Jurnal Pendidikan Sosial*, 6(2), 102–115.
- Pratomo, L. B., & Sinaga, N. (2023). TINJAUAN SINGKAT OPTIMALISASI PEMANFAATAN ENERGI SURYA PADA SEKTOR RUMAH TANGGA. *Jurnal Mineral Energi Dan Lingkungan*, 6(2), 1–1. <https://doi.org/10.31315/jmel.v6i2.4777>
- Putri, A., & Agustina, N. (2024). Peran lomba cerdas cermat dalam pembentukan karakter sosial siswa.
- Rahayu, D., Santioso, A., & Wijayanti, R. (2026). Peran Edukasi Manajemen Air Bersih pada Komunitas Pedesaan untuk Mitigasi Krisis Air di Kabupaten Sumbawa, NTB. *UNITY Journal of Community Service*, 2(2), 32–38. <https://doi.org/10.70716/unity.v2i2.376>
- Rahayu, S., & Setiawan, D. (2021). Pengawasan dan mekanisme lomba cerdas cermat. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, 3(2), 62–70.
- Rahmadiani, F., & Widodo, S. (2023). Peningkatan pengetahuan siswa melalui lomba cerdas cermat. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 10(2), 99–108.
- Rahmawati, N., & Kurniawan, M. (2021). Analisis hasil pre-test dan post-test dalam pembelajaran interaktif. *Jurnal Edukasi Interaktif*, 4(1), 87–98.
- Rana, Z., Zamora, P. P., Soliz, Á., Soler, D. S., Reyes-Cruz, V. E., Cobos-Murcia, J. A., & Madrid, F. M. G. (2025). Solar Panel Corrosion: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(13), 5960–5960. <https://doi.org/10.3390/ijms26135960>
- Said, A., Abd-Allah, M. A., Mohsen, M., & Omar, A. I. (2022). Alleviation of the transients induced in large photovoltaic power plants by direct lightning stroke. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(3), 101880–101880. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101880>
- Sedgwick, J., Baldus-Jeursen, C., Granlund, A., Micheli, L., Heimsath, A., & Shiradkar, N. (2025). Operational and Economic Impacts of Extreme Weather on PV Power Plants. <https://doi.org/10.69766/ffng4976>
- Segbefia, O. K., Imenes, A. G., & Sætre, T. O. (2021). Moisture ingress in photovoltaic modules: A review. *Solar Energy*, 224, 889–906. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.06.055>
- Sikken, S., Barnadi, Y., & Suryana, A. (2025). Perancangan Sumber Listrik Tenaga Surya dengan Sistem on Grid Tanpa Menggunakan Baterai. *Jurnal Impresi Indonesia*, 4(9), 3386–3392. <https://doi.org/10.58344/jii.v4i9.6967>
- Smith, J., & Wilson, L. (2018). Youth engagement in community health initiatives. *Journal of Community Health*, 44(3), 457–465.
- Song, Z., Liu, J., & Yang, H. (2021). Air pollution and soiling implications for solar photovoltaic power generation: A comprehensive review [Review of Air pollution and soiling implications for solar photovoltaic power generation: A comprehensive review]. *Applied Energy*, 298, 117247–117247. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117247>
- Soomar, A. M., Hakeem, A., Messaoudi, M., Musznicki, P., Iqbal, A., & Czapp, S. (2022). Solar Photovoltaic Energy Optimization and Challenges. *Frontiers in Energy Research*, 10.

- <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.879985>
- Susanti, R., & Dewi, L. (2023). Evaluasi dasar kegiatan PMR di sekolah dasar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 10(1), 55–62.
- Susanto, A. (2022). Profil peserta berprestasi dalam lomba cerdas cermat kepalangmerahan. *Jurnal Pendidikan Karakter*, 5(3), 78–85.
- Susilo, R., Hadi, S., & Wulandari, Y. (2008). Peran kegiatan ekstrakurikuler dalam pengembangan karakter siswa. *Jurnal Pendidikan Nasional*, 13(2), 114–123.
- The Fundamental Principles of the International Red Cross and Red Crescent Movement. (2016). [Data set]. In Human Rights Documents online. [https://doi.org/10.1163/2210-7975\\_hrd-9930-2014011](https://doi.org/10.1163/2210-7975_hrd-9930-2014011)
- Triyono, B., Prakoso, D. N., Haryo, R. J. K., Ningrum, H. N. K., Artono, B., & Utama, F. P. (2025). Penerapan Good Electrical Practices Berdasarkan Evaluasi Sistem Kelistrikan Tower BTS di Kabupaten Madiun. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 398–405. <https://doi.org/10.30640/abdimas45.v4i2.5157>
- Umam, M. F., Patria, M. F. A., Affandi, D. M., Nugraha, D. H., Kurniawan, H. D., Ramadani, H. P., Kurniawan, H. D., Ponorogo, U. M., Ramadani, H. P., & Ponorogo, U. M. (2025). Performance Evaluation of 120 kWp On-Grid Photovoltaic Power Plants after Five Years of Operation. *Indonesian Journal of Energy*, 8(2), 177–189. <https://doi.org/10.33116/ije.v8i2.278>
- Wahyuni, S., & Prasetyo, N. (2023). Pembelajaran kompetitif untuk peningkatan pengetahuan siswa. *Jurnal Pendidikan Kompetitif*, 2(1), 40–50.
- Wang, Y., Zhou, B., Zhang, C., Or, S. W., Gao, X., & Da, Z. (2024). A Hybrid Data and Knowledge Driven Risk Prediction Method for Distributed Photovoltaic Systems Considering Spatio-Temporal Characteristics of Extreme Rainfalls. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 61(1), 1613–1625. <https://doi.org/10.1109/tia.2024.3430247>
- Wanggai, A. M. (2025). Modeling And Analysis Of Photovoltaic Module Degradation In A Hybrid On-Grid Solar Power System: A Case Study Of The Bpmp Computer Laboratory In West Papua Province. *International Journal of Applied Mathematics*, 38, 2864–2876. <https://doi.org/10.12732/ijam.v38i10s.1443>
- Wijaya, B. (2022). Persiapan lomba cerdas cermat dalam kegiatan PMR. *Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 55–63.
- Wijayanti, D., Rauf, M., & Kartika, P. (2022). Dampak lomba cerdas cermat dalam motivasi belajar siswa SD.
- Wiranata, F. E., Kristiyani, I. M., & Laheba, T. R. (2025). Optimasi Penggunaan Sistem Hybrid Panel Surya-Pln Untuk Meminimasi Biaya Energi Listrik Jangka Panjang (Studi Kasus: 20 Tahun). *J Ti Undip Jurnal Teknik Industri*, 20(3), 155–162. <https://doi.org/10.14710/jati.20.3.155-162>
- Yanti, L. (2023). Keterlibatan siswa dalam kegiatan sosial kepalangmerahan. *Jurnal Pengembangan Karakter*, 8(1), 30–40.
- Yuliani, E. (2022). Manajemen pelaksanaan lomba cerdas cermat di lingkungan sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Nasional*, 14(1), 25–34.