Jurnal Abditek
Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Fakultas Teknik

e-ISSN: 2807-9086
Volume 6, Nomor 02, September 2026, Halaman 123-137
DOI: http://doi.org/10.21009/Abditek.XXX.XX

PELATIHAN PEMELIHARAAN DAN PENGGANTIAN BATERAI PANEL SURYA BAGI PEMUDA KARANG TARUNA DI PULAU TIDUNG, KEPULAUAN SERIBU

TRAINING ON SOLAR PANEL BATTERY MAINTENANCE AND REPLACEMENT FOR KARANG TARUNA IN TIDUNG ISLAND, KEPULAUAN SERIBU

Aris Sunawar[1], Massus Subekti[2], Parjiman[3], Nur Hanifah Yuninda[4], Aprilia Rahmayanti[5], Aliyah Zahra[6], Erna Wulan Sari[7]

Email: [1]arissunawar@unj.ac.id, [2]masus@unj.ac.id, [3]parjiman@unj.ac.id, [4]hanifah@unj.ac.id, [5]aprilia.rahmayanti@unj.ac.id, [6]aliyah.zahra01@mhs.unj.ac.id, [7]erna.wulan.sari@mhs.unj.ac.id

[1,2,3,5,6,7]Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia
[4]Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia

Abstract

Tidung Island has adopted solar-powered public street lighting (PJU-TS). Still, its sustainability is hindered by high battery failure rates due to coastal salt corrosion and the community's limited maintenance skills. This community-service program aimed to improve partners' technical competence in maintaining and replacing PJU-TS batteries. The training was held on 28 July 2026 at SMKN 61 Jakarta, involving 20 participants comprising 10 Karang Taruna youths and 10 substitute teachers. Understanding was measured through a 10-item pre-test and post-test, analyzed using the normalized gain (N-gain), paired t-test, Cohen's d, and an item-level analysis. The results showed a statistically significant improvement in all groups ($p < 0.05$) with large effect sizes. The combined mean rose from 49.0 to 72.0 (N-gain 0.45, medium). The teacher group reached a post-test mean of 85.0 (exceeding the > 75 target), whereas the Karang Taruna group reached 59.0. Item analysis revealed persistent weaknesses in identifying the LiFePO4 battery type and in electrical-safety procedures. Owing to permit constraints on government assets, the scope was adjusted from field battery replacement to competence strengthening using a donated PJU-TS set as initial groundwork for field implementation.
Keywords: *Clean Energy, Community Service, LiFePO4 battery, N-gain, Solar Panel*

Abstrak

Kelurahan Pulau Tidung telah mengadopsi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS), namun keberlanjutannya terkendala tingginya laju kerusakan baterai akibat korosi garam pesisir dan minimnya keterampilan pemeliharaan masyarakat. Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan kompetensi teknis mitra dalam pemeliharaan dan penggantian baterai PJU-TS. Pelatihan dilaksanakan pada 28 Juli 2026 di SMKN 61 Jakarta dengan 20 peserta yang terdiri atas 10 pemuda Karang Taruna dan 10 guru sebagai peserta pengganti. Pemahaman diukur melalui *pre-test* dan *post-test* 10 butir, dianalisis dengan *gain* ternormalisasi (*N-gain*), uji-t berpasangan, *Cohen's d*, dan analisis per butir. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada seluruh kelompok ($p < 0,05$) dengan ukuran efek besar. Rerata gabungan naik dari 49,0 menjadi 72,0 (*N-gain* 0,45; sedang). Kelompok guru

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

mencapai rerata *post-test* 85,0 (melampaui target > 75), sedangkan Karang Taruna 59,0. Analisis per butir mengungkap kelemahan yang persisten pada identifikasi jenis baterai LiFePO4 dan prosedur keselamatan kelistrikan. Karena kendala perizinan aset pemerintah, ruang lingkup disesuaikan dari penggantian baterai lapangan menjadi penguatan kompetensi menggunakan set PJU-TS hibah sebagai bekal awal implementasi lapangan.
Kata Kunci: baterai LiFePO4, energi bersih, N-gain, panel surya, pengabdian masyarakat

PENDAHULUAN

Transisi menuju energi bersih menjadi agenda strategis nasional, dan Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar untuk mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) Nomor 7 tentang energi bersih dan terjangkau (Pambudi dkk., 2024). Di wilayah kepulauan seperti Kepulauan Seribu, teknologi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) menjadi solusi penerangan yang tepat karena kemandiriannya terhadap jaringan listrik konvensional, terutama bagi wilayah dengan akses listrik terbatas. Pada sistem semacam ini, baterai menjadi komponen paling menentukan keberlanjutan operasional karena menanggung seluruh siklus pengisian dan pengosongan harian (Nixon dkk., 2021). Kelurahan Pulau Tidung telah mengadopsi PJU-TS, namun keberlanjutan sistem tersebut menghadapi tantangan pada komponen penyimpan energi, yaitu baterai, yang rentan rusak akibat korosi garam dari udara laut serta minimnya praktik pemeliharaan yang benar.

Indonesia memiliki intensitas radiasi surya yang relatif tinggi dan merata sepanjang tahun, sehingga pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu prioritas dalam bauran energi nasional (Pambudi dkk., 2023). Dalam konteks wilayah kepulauan, sistem surya mandiri seperti PJU-TS memberikan solusi penerangan yang andal dan hemat biaya operasional. Kinerja sistem ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor lingkungan seperti suhu dan intensitas penyinaran (Dahliya dkk., 2021). Namun demikian, komponen yang paling menentukan keberlanjutan operasional adalah baterai sebagai penyimpan energi. Pada sistem surya mandiri, baterai litium (termasuk LiFePO4) memiliki umur siklus lebih panjang, efisiensi lebih tinggi, serta toleransi kedalaman pengosongan yang lebih baik dibandingkan dengan baterai asam timbal (Rajanna dan Kumar, 2021). Meskipun biaya awalnya lebih tinggi, baterai litium berpotensi lebih ekonomis sepanjang masa pakai karena frekuensi penggantian yang lebih rendah (Carroquino dkk., 2021). Baterai menanggung beban siklus pengisian dan pengosongan harian, sehingga pengelolaannya yang keliru menjadi penyebab utama kegagalan sistem di lapangan.

Sejumlah kajian terdahulu menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan dan kesadaran masyarakat maupun peserta didik Indonesia terhadap energi terbarukan masih tergolong sedang dan belum merata (Muslim dkk., 2021; Rusmana dkk., 2025). Kesenjangan literasi ini

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

menjadi hambatan utama dalam pemanfaatan dan perawatan teknologi surya secara mandiri. Berbagai program pengabdian telah membuktikan bahwa pelatihan berbasis praktik langsung efektif meningkatkan kompetensi teknis peserta, seperti pelatihan instalasi panel surya bagi masyarakat dan pelatihan implementasi PLTS berbasis proyek bagi siswa dan guru sekolah kejuruan (Nafiri dkk., 2026). Pendekatan berbasis proyek terbukti mendukung penguasaan keterampilan abad ke-21 pada peserta didik vokasi (Roemintoyo dan Budiarto, 2023). Sementara, penggunaan media pembelajaran bertema PLTS efektif meningkatkan literasi energi surya (Sianturi dkk., 2024). Namun, sebagian besar program tersebut berfokus pada instalasi dan pengenalan sistem, sementara aspek pemeliharaan dan penggantian baterai, khususnya baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO4) pada lingkungan pesisir, masih jarang menjadi fokus utama.

Pemberdayaan kelompok Pemuda Karang Taruna dipilih sebagai strategi karena kelompok ini merupakan penggerak sosial yang aktif dan berkelanjutan di tingkat kelurahan, sehingga berpotensi menjadi kader teknis lokal yang meneruskan pengetahuan kepada masyarakat. Penguatan literasi dan keterampilan energi pada generasi muda merupakan investasi jangka panjang bagi transisi energi bersih di daerah, sekaligus menutup kesenjangan antara ketersediaan teknologi dan kapasitas pengelolaannya di lapangan (Pambudi dkk., 2024).

Kebaruan kegiatan pengabdian ini terletak pada fokusnya terhadap kompetensi pemeliharaan dan penggantian baterai LiFePO4 pada PJU-TS di lingkungan pesisir, serta pada pendekatan evaluasi yang tidak hanya menyajikan capaian agregat, tetapi juga menganalisis penguasaan konsep per butir soal dan membedakan capaian antar-subkelompok peserta. Pendekatan ini memungkinkan pemetaan miskonsepsi secara spesifik sebagai dasar penajaman materi pendampingan lanjutan. Permasalahan mitra yang dihadapi adalah rendahnya keterampilan teknis Pemuda Karang Taruna dalam prosedur pemeliharaan preventif (pembersihan terminal dari kristal garam) dan penggantian baterai yang aman, sehingga usia pakai baterai menjadi pendek dan ketergantungan pada teknisi luar menjadi tinggi.

Secara khusus, Kelurahan Pulau Tidung menghadapi kondisi lingkungan pesisir dengan salinitas udara tinggi yang mempercepat pembentukan kerak garam dan korosi pada terminal baterai. Kombinasi antara faktor lingkungan tersebut dan kesenjangan keterampilan pemeliharaan menyebabkan sejumlah unit PJU-TS mengalami penurunan kinerja hingga mati sebelum mencapai usia pakai yang seharusnya. Baterai yang digunakan pada program ini berjenis *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO4) yang dikenal relatif aman dan memiliki umur siklus

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

panjang serta keandalan tinggi (Roy dkk., 2024), namun tetap sensitif terhadap kedalaman pengosongan yang berlebihan; pengosongan yang terlalu dalam secara konsisten mempercepat penurunan kapasitas dan memperpendek umur siklusnya (Sun dkk., 2018). Selain faktor pengosongan, kapasitas baterai LiFePO4 juga menurun akibat penuaan kalender yang dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan seperti tingkat muatan dan suhu (Sui dkk., 2021). Oleh karena itu, pemahaman peserta terhadap konsep *Depth of Discharge*, prosedur pemeliharaan preventif, dan keselamatan kerja kelistrikan menjadi kebutuhan mendesak yang menjadi dasar perancangan materi pelatihan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan kegiatan ini adalah meningkatkan kompetensi teknis Pemuda Karang Taruna Pulau Tidung dalam pemeliharaan dan penggantian baterai PJU-TS, yang diukur secara kuantitatif melalui peningkatan skor pemahaman *pre-test* dan *post-test*, sehingga terbentuk tenaga lokal yang mampu melakukan perawatan mandiri dan mendukung keberlanjutan ekosistem energi bersih.

METODOLOGI KEGIATAN

1. Lokasi dan Partisipan

Kegiatan dilaksanakan pada hari Rabu, 28 Juli 2026, di SMKN 61 Jakarta, Kelurahan Pulau Tidung, Kepulauan Seribu, dengan jarak tempuh sekitar 60 km dari Universitas Negeri Jakarta. Sasaran kegiatan adalah 20 peserta. Pada pelaksanaannya, peserta dari unsur Karang Taruna yang hadir sebanyak 10 orang, sehingga kuota sisanya diisi oleh 10 guru SMKN 61 selaku tuan rumah. Dengan demikian, evaluasi dilakukan terhadap dua subkelompok, yaitu Karang Taruna (berpendidikan SMA) dan guru SMKN (berpendidikan sarjana).

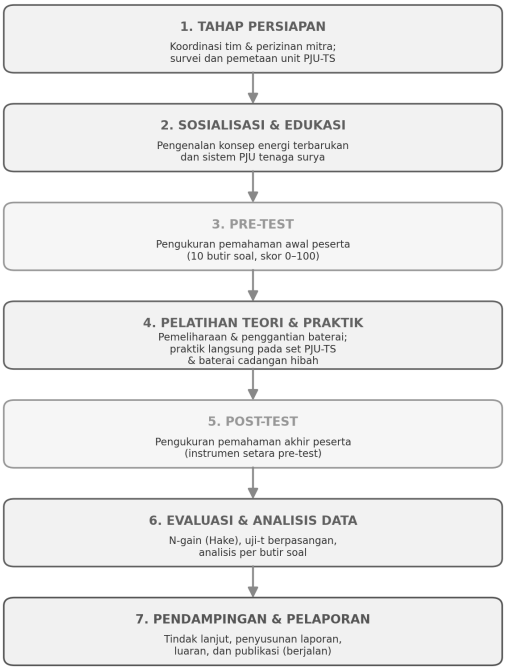
2. Bahan dan Alat

Media pelatihan berupa satu set PJU tenaga surya lengkap yang terdiri atas lampu LED, panel surya monokristalin 40 Wp, *Solar Charge Controller* (SCC), dan baterai LiFePO4 3,2 V berkapasitas 48.000 mAh (48 Ah), dengan waktu pengisian 5–6 jam dan durasi pemakaian lebih dari 24 jam, beserta baterai cadangan hibah dan perkakas kerja.

3. Metode Pelaksanaan

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

Kegiatan menggunakan pendekatan pelatihan partisipatif yang memadukan edukasi teori dan praktik langsung (*hands-on*), dengan desain evaluasi *one-group pretest-posttest*. Tahapan pelaksanaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Rangkaian kegiatan diawali dengan tahap persiapan berupa koordinasi tim dengan mitra (Kelurahan Pulau Tidung) serta survei dan pemetaan kondisi unit PJU-TS. Selanjutnya dilakukan sosialisasi untuk membangun pemahaman awal peserta mengenai konsep energi terbarukan dan sistem PJU tenaga surya. Sebelum materi inti disampaikan, peserta mengerjakan *pre-test* untuk mengukur pemahaman awal. Kegiatan inti berupa pelatihan teori yang dilanjutkan dengan praktik langsung pada set PJU-TS dan baterai cadangan hibah, mencakup pengenalan komponen, pembacaan indikator SCC, pembersihan terminal, serta prosedur pelepasan dan pemasangan baterai secara aman. Setelah pelatihan, peserta mengerjakan *post-test* dengan instrumen setara. Tahap akhir berupa evaluasi dan analisis data serta pendampingan dan pelaporan yang masih berjalan.

4. Instrumen dan Pengumpulan Data

Instrumen berupa tes objektif 10 butir (skor maksimum 100) yang diberikan sebelum dan sesudah pelatihan, mencakup konsep aliran energi PJU-TS, fungsi SCC, karakteristik baterai LiFePO4, *Depth of Discharge* (DoD), korosi terminal, prosedur keselamatan pemutusan arus, urutan pelepasan kutub, serta interpretasi tegangan sebagai indikator *State of Health* (SoH). Sebagai ilustrasi materi, DoD 80% pada baterai 48 Ah setara energi terpakai sebesar

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

$$Eterpakai = DoD \times Cnominal = 0{,}80 \times 48\,Ah = 38{,}4\,Ah \approx 38\,Ah \quad \text{..... (1)}$$

5. Teknik Analisis Data

Peningkatan pemahaman dianalisis menggunakan gain ternormalisasi (Nuraini dkk., 2026):

$$g = (Spost - Spre) \,/\, (Smaks - Spre) \quad \text{..... (2)}$$

Dengan kategori tinggi (g ≥ 0,70), sedang (0,30 ≤ g < 0,70), dan rendah (g < 0,30). Kebermaknaan peningkatan diuji dengan uji t berpasangan, dan besarnya dampak dinyatakan melalui ukuran efek *Cohen's d* (Cohen, 1988):

$$d = (\bar{x}\text{post} - \bar{x}\text{pre}) \,/\, s\text{gabungan} \quad \text{..... (3)}$$

Karena gain ternormalisasi diketahui cenderung bias terhadap populasi dengan skor awal tinggi (Nissen dkk., 2018). Interpretasi antar-subkelompok dilengkapi dengan selisih rerata absolut dan ukuran efek. Selain itu, dilakukan analisis persentase jawaban benar per butir soal untuk memetakan penguasaan konsep. Kunci jawaban diturunkan secara empirik dari respons peserta berskor sempurna (100), kemudian divalidasi silang terhadap seluruh respons; hasil validasi menunjukkan kesesuaian penuh, yaitu jumlah jawaban benar setiap peserta konsisten dengan skor totalnya (100%), sehingga kunci jawaban dan penskoran per butir dapat dipertanggungjawabkan.

6. Kriteria Keberhasilan

Kegiatan dinyatakan berhasil apabila terdapat peningkatan pemahaman yang bermakna secara statistik (p < 0,05) antara *pre-test* dan *post-test*, dengan indikator utama sesuai proposal berupa rerata skor *post-test* peserta Karang Taruna lebih dari 75. Indikator pendukung meliputi kategori *N-gain* kelas minimal sedang serta proporsi peserta yang mencapai skor ≥ 75.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Profil Peserta dan Capaian Umum

Kegiatan diikuti oleh 20 peserta dengan komposisi dua subkelompok yang jumlahnya setara. Ringkasan hasil *pre-test*, *post-test*, *N-gain*, dan uji statistik disajikan pada Tabel 1.

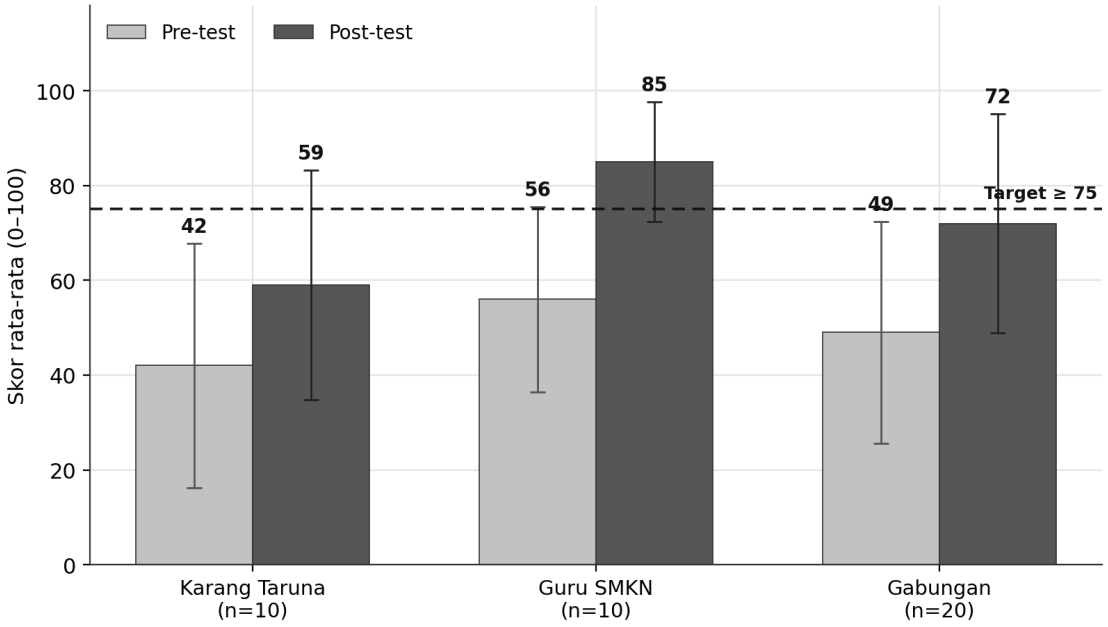
Tabel 1. Ringkasan Hasil *Pre-test, Post-test, N-gain*, dan Uji Statistik per Kelompok

Parameter	Karang Taruna	Guru SMKN	Gabungan
Jumlah peserta (N)	10	10	20
Rerata *pre-test* (SD)	42,0 (25,7)	56,0 (19,6)	49,0 (23,4)
Rerata *post-test* (SD)	59,0 (24,2)	85,0 (12,7)	72,0 (23,1)
Selisih rerata	+17,0	+29,0	+23,0

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

Parameter	Karang Taruna	Guru SMKN	Gabungan
N-gain kelas	0,29 (rendah)	0,66 (sedang)	0,45 (sedang)
Uji-t berpasangan (p)	0,017	0,0002	<0,001
Cohen's d	0,93	1,90	1,31
Peserta skor ≥ 75	4 (40%)	7 (70%)	11 (55%)

Perbandingan rerata skor skor *pre-test* dan *post-test* antarkelompok ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rerata Skor *Pre-test* dan *Post-test* per Kelompok
(Batang Galat = Simpangan Baku)

Secara gabungan, rerata skor meningkat dari 49,0 menjadi 72,0 (naik 23,0 poin atau 46,9%) dengan *N-gain* 0,45 (kategori sedang). Peningkatan bermakna secara statistik pada seluruh kelompok ($p < 0,05$) dengan ukuran efek *Cohen's d* tergolong besar ($d \geq 0,8$). Kelompok Guru meningkat dari 56,0 menjadi 85,0 ($d = 1,90$; *N-gain* 0,66), sedangkan Karang Taruna dari 42,0 menjadi 59,0 ($d = 0,93$; *N-gain* 0,29).

Uji beda antarkelompok menunjukkan skor *post-test* Guru signifikan lebih tinggi daripada Karang Taruna ($t = 3,00$; $p = 0,008$), namun besarnya *gain* antarkelompok tidak berbeda signifikan ($t = 1,59$; $p = 0,128$). Hal ini mengindikasikan bahwa pelatihan memberikan dampak peningkatan yang sebanding pada kedua kelompok; kelompok guru mencapai skor akhir yang lebih tinggi terutama karena titik awal yang lebih baik. Temuan ini konsisten dengan kaidah bahwa *N-gain* kelas cenderung menguntungkan kelompok berskor awal tinggi (Nissen dkk., 2018). Sehingga pelaporan selisih absolut dan ukuran efek menjadi penting untuk perbandingan yang adil. Perbedaan capaian antarsubkelompok juga sejalan dengan temuan

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

bahwa tingkat pendidikan berhubungan dengan literasi energi terbarukan (Muslim dkk., 2021; Rusmana dkk., 2025).

Pada tingkat individu, variasi capaian cukup lebar, terutama pada kelompok Karang Taruna. Sebagian peserta mengalami lonjakan pemahaman yang tinggi (misalnya kenaikan 60 poin dari skor awal 20), sementara beberapa peserta tidak mengalami perubahan skor sehingga menekan nilai *N-gain* kelompok. Rendahnya skor awal pada sebagian peserta Karang Taruna, dengan rentang 0–20, menegaskan minimnya pemahaman teknis awal masyarakat terhadap konsep kelistrikan dan kimia baterai, sekaligus menunjukkan bahwa satu sesi pelatihan belum cukup untuk mengonsolidasikan konsep yang relatif kompleks bagi peserta tanpa latar belakang teknik.

2. Analisis Penguasaan Konsep per Butir

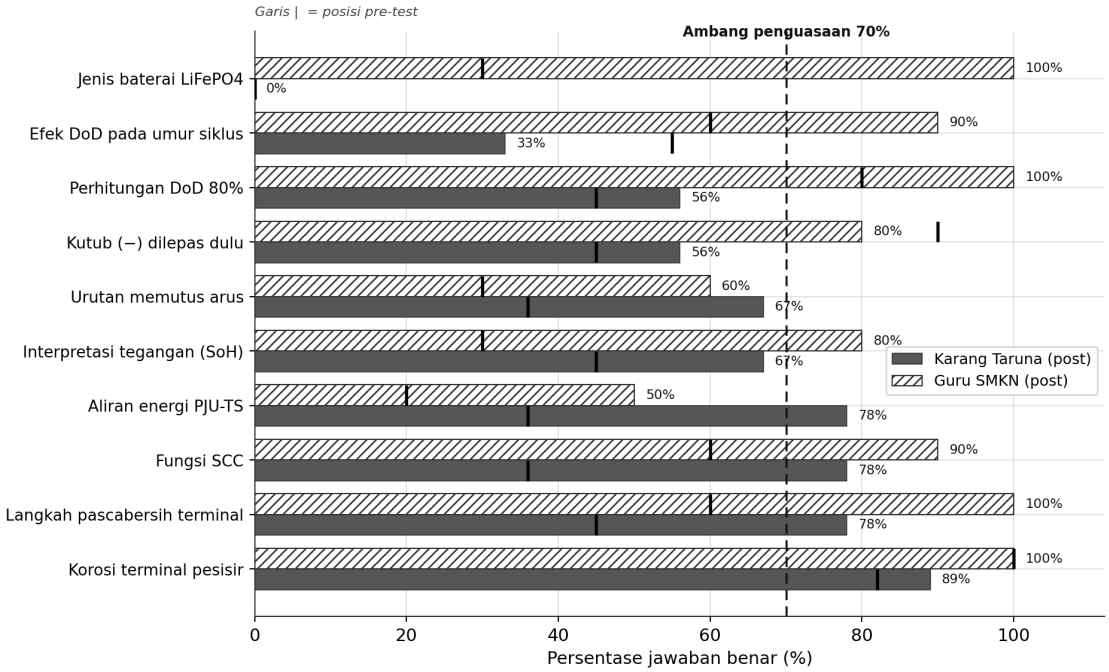
Untuk mengidentifikasi konsep yang masih lemah, dianalisis persentase jawaban benar per butir pada tiap kelompok ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Jawaban Benar per Butir Soal pada Tiap Kelompok

No	Konsep yang Diuji	KT *Pre*	KT *Post*	Guru *Pre*	Guru *Post*
1	Aliran energi PJU-TS	36%	78%	20%	50%
2	Fungsi SCC	36%	78%	60%	90%
3	Jenis baterai (LiFePO4)	0%	0%	30%	100%
4	Perhitungan DoD 80%	45%	56%	80%	100%
5	Efek DoD pada umur siklus	55%	33%	60%	90%
6	Korosi terminal pesisir	82%	89%	100%	100%
7	Urutan memutus arus	36%	67%	30%	60%
8	Kutub (−) dilepas dulu	45%	56%	90%	80%
9	Langkah pascabersih terminal	45%	78%	60%	100%
10	Interpretasi tegangan (SoH)	45%	67%	30%	80%

Peta penguasaan konsep per butir soal pada *post-test* ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai berikut.

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15



Gambar 3. Peta Penguasaan Konsep per Butir Soal pada *Post-test*

Pada kelompok Karang Taruna, konsep yang paling lemah adalah identifikasi jenis baterai LiFePO4 yang tetap 0% baik pada *pre-test* maupun *post-test*, menandakan miskonsepsi yang belum tersentuh oleh pelatihan. Konsep efek DoD terhadap umur siklus bahkan menurun (dari 55% menjadi 33%), sedangkan perhitungan DoD dan keselamatan pelepasan kutub negatif masing-masing hanya 56%. Pada kelompok Guru, konsep terlemah adalah urutan aliran energi PJU-TS (50%) dan urutan pemutusan arus (60%). Konsep keselamatan kelistrikan, yaitu urutan pemutusan arus dan pelepasan kutub, tergolong lemah pada kedua kelompok.

Temuan bahwa konsep identifikasi jenis baterai LiFePO4 tetap 0% pada kelompok Karang Taruna, baik sebelum maupun sesudah pelatihan, merupakan hal yang menarik untuk dicermati. Keseragaman jawaban salah mengindikasikan adanya miskonsepsi kolektif yang mengakar, kemungkinan karena istilah teknis *Lithium Iron Phosphate* tertukar dengan istilah baterai lain yang lebih umum dikenal. Padahal pemahaman atas jenis baterai ini penting karena LiFePO4 memiliki karakteristik keandalan dan umur siklus yang khas dibanding kimia baterai lain (Roy dkk., 2024). Kondisi ini menyiratkan bahwa penyampaian materi yang bersifat penamaan istilah asing memerlukan penguatan khusus, misalnya melalui penekanan visual pada label komponen dan pengulangan kontekstual selama praktik, bukan sekadar paparan lisan.

Rendahnya penguasaan konsep DoD berimplikasi langsung pada keberlanjutan sistem, karena kesalahan pengelolaan kedalaman pengosongan mempercepat degradasi kapasitas

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

dan memperpendek umur siklus baterai LiFePO4 (Sui dkk., 2021; Sun dkk., 2018). Menurunnya persentase jawaban benar pada butir efek DoD terhadap umur siklus pada kelompok Karang Taruna menunjukkan bahwa konsep yang bersifat hubungan sebab-akibat kuantitatif termasuk yang paling sulit diserap dalam waktu singkat, sehingga menuntut pendekatan yang lebih konkret seperti demonstrasi dan analogi.

Lemahnya penguasaan prosedur keselamatan kelistrikan, yaitu urutan pemutusan arus dan pelepasan kutub, pada kedua kelompok merupakan temuan yang perlu mendapat perhatian serius karena berkaitan langsung dengan keselamatan kerja. Materi ini menuntut penekanan pada kaidah keselamatan instalasi listrik melalui pelatihan berulang berbasis praktik terbimbing pada pendampingan lanjutan (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Secara keseluruhan, temuan per butir ini menjadi nilai tambah metodologis dibanding pelaporan agregat semata, karena secara spesifik menunjukkan materi yang perlu diperkuat dan memungkinkan penyusunan modul pendampingan yang lebih tepat sasaran.

Efektivitas pendekatan praktik langsung yang diterapkan pada kegiatan ini sejalan dengan berbagai program pengabdian berbasis energi terbarukan yang melaporkan peningkatan kompetensi peserta melalui keterlibatan aktif (Nafiri dkk., 2026), serta dengan temuan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan penggunaan media kontekstual efektif meningkatkan kompetensi dan literasi energi peserta didik vokasi (Roemintoyo dan Budiarto, 2023; Sianturi dkk., 2024). Mengingat potensi energi surya Indonesia yang besar dan masih rendahnya kesadaran serta keterampilan masyarakat dalam pengelolaannya (Muslim dkk., 2021; Pambudi dkk., 2023), replikasi model pelatihan pemeliharaan seperti ini pada komunitas pesisir lain berpotensi memperkuat keberlanjutan aset energi terbarukan sekaligus mendukung pencapaian SDGs Nomor 7.

3. Perbandingan Target dan Capaian

Ditinjau dari indikator keberhasilan, perbandingan target dan capaian aktual disajikan pada Tabel 3. Indikator utama sesuai proposal, yaitu rerata *post-test* Karang Taruna lebih dari 75, belum tercapai pada tahap ini (59,0). Sebaliknya, kelompok Guru melampaui target (85,0) dan rerata seluruh peserta mendekati ambang (72,0), sedangkan indikator peningkatan pemahaman yang signifikan telah tercapai pada semua kelompok.

Tabel 3. Perbandingan Target dan Capaian Indikator Kegiatan

Indikator	Target	Capaian	Status
Post-test rata-rata Karang Taruna	> 75	59,0	Belum tercapai
Post-test rata-rata Guru SMKN	> 75	85,0	Tercapai
Post-test rata-rata seluruh peserta	> 75	72,0	Mendekati

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

Indikator	Target	Capaian	Status
Peserta mencapai skor ≥ 75	—	11/20 (55%)	Sebagian
Peningkatan pemahaman signifikan	$p < 0,05$	$p < 0,001$	Tercapai

4. Manfaat bagi Khalayak Sasaran

Dari sisi Ipteks, mitra memperoleh peningkatan pemahaman dan keterampilan dasar pengelolaan aset energi terbarukan yang sebelumnya tidak dimiliki, termasuk kemampuan membaca indikator tegangan sebagai penanda kesehatan baterai dan melakukan pemeliharaan preventif. Dari sisi ekonomi, kemampuan pemeliharaan mandiri berpotensi menekan biaya perbaikan dan memperpanjang usia pakai baterai, sehingga mengurangi frekuensi penggantian yang mahal dan ketergantungan pada teknisi dari luar pulau. Hal ini sejalan dengan kajian yang menunjukkan bahwa pemilihan dan pengelolaan baterai yang tepat pada sistem surya mandiri menentukan kelayakan ekonomi jangka panjang karena memengaruhi umur pakai dan biaya penggantian (Carroquino dkk., 2021; Rajanna dan Kumar, 2021). Ketersediaan baterai cadangan hibah juga memberikan manfaat langsung sebagai sarana praktik sekaligus komponen pengganti. Dokumentasi pelaksanaan kegiatan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Dokumentasi Kegiatan Pelatihan Pemeliharaan dan Penggantian Baterai PJU-TS

5. Keterbatasan

Kegiatan ini memiliki keterbatasan pada ukuran sampel per subkelompok yang relatif kecil ($n = 10$) dan durasi pelatihan satu hari, sehingga konsolidasi konsep kompleks belum optimal. Selain itu, evaluasi masih menekankan ranah kognitif; pengukuran keterampilan

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

psikomotorik secara langsung di lapangan belum dapat dilakukan sepenuhnya karena penyesuaian ruang lingkup. Uji nonparametrik dan evaluasi sumatif pascakegiatan disarankan sebagai pelengkap pada tahap berikutnya.

6. Kendala dan Penyesuaian Ruang Lingkup

Pada pelaksanaan, rencana penggantian baterai pada unit PJU yang mati tidak dapat direalisasikan secara langsung karena intervensi fisik atas aset milik pemerintah daerah memerlukan prosedur perizinan yang berjenjang, di samping keterbatasan waktu dan kehadiran peserta sasaran. Sebagai penyesuaian, fokus kegiatan dialihkan dari penggantian baterai lapangan menjadi penguatan kompetensi peserta melalui teori dan praktik langsung pada set PJU-TS serta baterai cadangan hibah dalam lingkungan terkendali, yang ditunjukkan pada Gambar 5. Penyesuaian ini tidak mengubah tujuan program, melainkan memindahkan titik berat capaian dari intervensi fisik tunggal menjadi pembentukan kapasitas berkelanjutan sebagai bekal awal implementasi lapangan setelah perizinan rampung.



Gambar 5. Dokumentasi Praktik Penggantian Baterai PJU-TS

7. Dampak dan Keberlanjutan

Kehadiran guru SMKN sebagai peserta pengganti memberikan nilai tambah strategis: sebagai tenaga pendidik di lokasi, mereka berpotensi menjadi agen pengganda (*multiplier*) yang meneruskan pengetahuan pemeliharaan PJU-TS kepada peserta didik dan masyarakat. Capaian peningkatan pemahaman pada kegiatan ini sebanding dengan program sejenis yang

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

melaporkan peningkatan skor pengetahuan dari 57,1 menjadi 81,2 pada pelatihan PLTS berbasis proyek (Nafiri dkk., 2026). Serta menegaskan efektivitas pendekatan praktik langsung dalam meningkatkan literasi energi (Pambudi dkk., 2024). Untuk keberlanjutan, direkomendasikan pendampingan yang menyasar konsep lemah pada Karang Taruna, pemanfaatan modul, video tutorial, dan hibah paket PJU-TS (lihat Gambar 6) sebagai media belajar mandiri, serta evaluasi sumatif pascakegiatan.



Gambar 6. Dokumentasi Penyerahan Hibah Paket PJU-TS kepada Karang Taruna Pulau Tidung

KESIMPULAN

Pelatihan pemeliharaan dan penggantian baterai PJU-TS telah meningkatkan pemahaman peserta secara signifikan pada kedua subkelompok ($p < 0,05$) dengan ukuran efek besar. Rerata *post-test* gabungan mencapai 72,0 dengan *N-gain* 0,45 (sedang); kelompok Guru melampaui target (85,0), sementara Karang Taruna mencapai 59,0. Analisis per butir mengidentifikasi konsep jenis baterai LiFePO4 dan keselamatan kelistrikan sebagai konsep yang paling perlu diperkuat. Karena kendala perizinan aset pemerintah, ruang lingkup disesuaikan menjadi penguatan kompetensi sebagai bekal awal implementasi di lapangan. Disarankan pendampingan lanjutan yang menargetkan konsep lemah pada Karang Taruna,

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

pelibatan guru SMKN sebagai pengganda pengetahuan, penyelesaian perizinan untuk penggantian baterai riil, serta evaluasi sumatif untuk mengukur keberlanjutan dampak program.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 0225:2011: Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*. Jakarta.

Carroquino, J., Escriche-Martínez, C., Valiño, L., dan Dufo-López, R. (2021). Comparison of Economic Performance of Lead-Acid and Li-Ion Batteries in Standalone Photovoltaic Energy Systems. *Applied Sciences*, *11*(8), 3587.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd Edition)*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Dahliya, D., Samsurizal, S., dan Pasra, N. (2021). Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin. *SUTET*, *11*(2), 71–80.

Muslim, R., Saputro, H., dan Thamrin, A. G. (2021). Case Study: Vocational Student's Knowledge and Awareness Level Toward Renewable Energy in Indonesia. *Open Engineering*, *11*(1), 690–708.

Nafiri, F., Sekarsari, K., Rizal, S., Rosiana, E., Ashari, H., Ramadhan, F. P., Firdaus, M. T., Nurhakim, I., dan Hendrawan, D. (2026). Peningkatan Kompetensi Energi Terbarukan melalui Pelatihan dan Implementasi PLTS Berbasis Project-Based Learning di SMK YAPPIKA Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, *6*(2), 1473–1484.

Nissen, J. M., Talbot, R. M., Thompson, A. N., dan Dusen, B. V. (2018). Comparison of Normalized Gain and Cohen's d for Analyzing Gains on Concept Inventories. *Physical Review Physics Education Research*, *14*(1), 010115.

Nixon, J. D., Bhargava, K., Halford, A., dan Gaura, E. (2021). Analysis of Standalone Solar Streetlights for Improved Energy Access in Displaced Settlements. *Renewable Energy*, *177*, 895–914.

Nuraini, L., Dewi, N. M., Sani, A. S., Wulandari, R. D., dan Syarkowi, A. (2026). Integrating Local Wisdom: The Impact of Jember Batik e-modules on Science and Digital Literacy among Future Physics Educators. *Unnes Science Education Journal*, *15*(2), 270–278.

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15

Pambudi, N. A., Firdaus, R. A., Rizkiana, R., Ulfa, D. K., Salsabila, M. S., Suharno, dan Sukatiman. (2023). Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development. *Sustainability*, *15*(3), 2342.

Pambudi, N. A., Nanda, I. R., Alfina, F. T., dan Syahrial, A. (2024). Renewable Energy Education and Awareness Among Indonesian Students: Exploring Challenges and Opportunities for A Sustainable Future. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *63*, 103631.

Rajanna, B. V. dan Kumar, M. K. (2021). Comparison Study of Lead-acid and Lithium-ion Batteries for Solar Photovoltaic Applications. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, *12*(2), 1069–1082.

Roemintoyo dan Budiarto, M. K. (2023). Project-based Learning Model to Support 21st Century Learning: Case Studies in Vocational High Schools. *Journal of Education Research and Evaluation*, *7*(4), 662–670.

Roy, A., Meshram, S., Patil, R. B., Arun, S., dan Kore, A. (2024). Life Cycle Testing and Reliability Analysis of Prismatic Lithium-iron-phosphate Cells. *International Journal of Sustainable Energy*, *43*(1), 2337439.

Rusmana, A. N., Dhitareka, P. H., Aini, R. Q., dan Sya'bandari, Y. (2025). Exploring Indonesian Students' Views on Solar Panels and Fossil Fuels: Education for Sustainable Development Perspective. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, *13*(3), 703–718.

Sianturi, M., Giawa, E. N., Faradiba, Masta, N., Guswantoro, T., dan Murniarti, E. (2024). The Use of Solar Power Plant Media to Increase Literacy Ability Solar Energy of Students. *Journal of Education Research and Evaluation*, *8*(3), 508–519.

Sui, X., Świerczyński, M., Teodorescu, R., dan Stroe, D.I. (2021). The Degradation Behavior of LiFePO4/C Batteries during Long-Term Calendar Aging. *Energies*, *14*(6), 1732.

Sun, S., Guan, T., Cheng, X., Zuo, P., Gao, Y., Du, C., dan Yin, G. (2018). Accelerated Aging and Degradation Mechanism of LiFePO4/graphite Batteries Cycled at High Discharge Rates. *RSC Advances*, *8*(45), 25695–25703.

Received: 2026-09-28; Accepted: 2026-11-15