

Peningkatan Kompetensi Keahlian Siswa SMK dengan Pelatihan Konsep dan Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Subiyanto Subiyanto¹, Mario Norman Syah^{2*}, Abdurrakhman Hamid Al-Azhari³, Rizky Ajie Aprilianto⁴, Bagaskoro Saputro⁵, Ubaidillah Siroj⁶, Faiq Mananul Faqih⁷, Icha Arifah Annisa⁸, Nektar Cahayasabda⁹, Setya Budi Arif Prabowo¹⁰, Bayu Adi Pambudi¹¹, Deyndrawan Sutrisno¹²

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}Universitas Negeri Semarang

*Corresponding author, e-mail: marionormansyah@mail.unnes.ac.id.

Abstrak

Tren penggunaan energi baru terbarukan (EBT) telah mengalami peningkatan yang sangat signifikan setiap tahun. Realisasi aplikasi EBT di Indonesia didominasi oleh Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), hal ini dipengaruhi oleh letak geografis Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa dengan iklim tropis. Untuk menunjang peningkatan penggunaan PLTS yang semakin tinggi, dibutuhkan upaya untuk meningkatkan jumlah tenaga profesional dibidang instalasi PLTS. Upaya peningkatan tenaga profesional dibidang PLTS dapat dilakukan melalui kegiatan pengabdian yang berfokus pada pelatihan profesi teknisi PLTS. Proses pelatihan dilakukan dengan metode ceramah dan praktikum sebagai tambahan materi bagi siswa jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik (TITL) SMK Muhammadiyah Mungkid. Kombinasi antara materi pokok yang didukung dengan trainer interaktif PLTS sistem statis dapat berpotensi menghasilkan lulusan yang terampil dibidang instalasi PLTS. Potensi dari pelatihan ini telah dibuktikan melalui capaian hasil pre test dan post test kegiatan pelatihan yang menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam pemahaman dan keterampilan siswa dibidang instalasi PLTS.

Kata Kunci: Energi Baru Terbarukan (EBT); PLTS; Trainer PLTS.

Abstract

The trend of using new and renewable energy (NRE) has significantly increased every year. The realization of NRE applications in Indonesia is dominated by Solar Power Plants (PLTS), which is influenced by Indonesia's geographical location along the equator with tropical climate. To support the growing use of PLTS, efforts are needed to increase the number of professionals in the field of PLTS installation. This can be achieved through community service activities focused on professionals training for PLTS technicians. The training process is conducted using lectures and practical sessions as supplementary materials for students majoring in Electrical Power Installation Engineering (TITL) at SMK Muhammadiyah Mungkid. The combination of core material supported by a static system PLTS interactive trainer has the potential to produce graduates who are skilled in PLTS installation. The potential of this training has been demonstrated through the achievement of significant improvements in students' understanding and skills in PLTS installation, as evidenced by the results of pre- and post-tests conducted during the training activities.

Keywords: PLTS; Renewable Energy (EBT); Trainer PLTS.

How to Cite: Subiyanto, S. et al. (2025). Peningkatan Kompetensi Keahlian Siswa SMK dengan Pelatihan Konsep dan Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Abdi: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 7(2), 343-354.



This is an open access article distributed under the Creative Commons Share-Alike 4.0 International License. If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. ©2025 by author.

Pendahuluan

Konsumsi energi listrik semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan zaman. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) memproyeksikan rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi listrik nasional sekitar 6,9% per tahun (Hidayat, 2019). Secara umum masyarakat di Indonesia menjadi konsumen dari energi listrik yang dibangkitkan oleh PLN, masalahnya adalah pembangkit yang dibangun oleh PLN masih bergantung pada energi fosil. Pertumbuhan konsumsi listrik, berdasarkan data statistik ketenagalistrikan, rata-rata pertumbuhan konsumsi listrik per tahun selama periode 2015-2019 berada di angka 5.5%. Krisis energi global dan dampak lingkungan dari penggunaan energi fosil, seperti emisi gas rumah kaca yang mempercepat perubahan iklim, membuat transisi ke energi baru terbarukan menjadi keharusan. Energi Baru Terbarukan (EBT) sudah banyak digunakan, dan salah satu bentuk yang semakin banyak diadopsi adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang menggunakan sinar matahari. Sinar matahari yang mengandung energi panas (termal) dapat dimanfaatkan untuk memanaskan suatu benda, foton diubah menjadi energi listrik secara langsung menggunakan sel surya. Pemanfaatan jenis ini menggunakan teknologi fotovoltaik (PV) (Caroko et al., 2022). Radiasi matahari akan menimpa modul surya yang dapat menghasilkan listrik DC. Semakin besar radiasi matahari maka akan meningkatkan daya yang dihasilkan dari panel surya (Firman et al, 2017). Didukung oleh Indonesia yang turut serta meratifikasi *Paris Agreement*, transisi energi ke EBT merupakan salah satu upaya yang ditempuh dalam mewujudkan *Net Zero Emission 2050* guna menurunkan emisi karbon rumah kaca dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil (Hakim et al, 2022). Untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan memenuhi kebutuhan energi listrik, perlu dikembangkan pembangkit listrik dari sumber energi terbarukan, salah satunya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Karena Indonesia terletak geografisnya yang dekat dengan khatulistiwa, negara ini memiliki iklim tropis yang kaya akan sinar matahari (Siswanto et al, 2019), sehingga potensi energi surya yang besar (Rimbawati et al, 2019; Harahap, 2019) ini dapat dimanfaatkan untuk pengembangan PLTS.

Dukungan terhadap penggunaan PLTS juga semakin kuat dengan adanya regulasi pemerintah yang mendorong pemasangan PLTS atap sebagai bagian dari strategi energi nasional. Regulasi PLTS Atap di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral ESDM No. 26 Tahun 2021 tentang pembangkit listrik tenaga surya atap yang terhubung pada jaringan tenaga listrik pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 49 Tahun 2018, 2018). Sistem pembangkit listrik tenaga surya atap atau PLTS Atap adalah proses pembangkitan tenaga listrik menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan milik pelanggan PLTS Atap serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik pelanggan PLTS Atap (Karuniawan et al., 2023).

Edukasi mengenai penggunaan energi terbarukan, termasuk PLTS, sangat penting dan bisa dilakukan di berbagai lapisan masyarakat, terutama di lingkungan pendidikan seperti sekolah MTS Negeri 1 Mataram (Sultan et al., 2024). Sekolah dengan jurusan kelistrikan, seperti SMK Muhammadiyah Mungkid yang memiliki jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik (TITL) sebagai program unggulannya. Sehingga, memiliki peran strategis dalam mempersiapkan siswa untuk memahami dan memanfaatkan teknologi PLTS. Program TITL di SMK Muhammadiyah Mungkid dirancang untuk membekali siswa dengan keterampilan teknis yang dibutuhkan di industri kelistrikan, termasuk dalam bidang energi terbarukan. Oleh karena itu, pengabdian masyarakat berupa pelatihan pemasangan PLTS di SMK Muhammadiyah Mungkid sangat relevan (Gunawan et al., 2024).

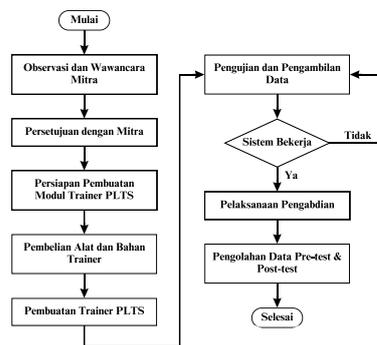
Survei yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bawasannya siswa memiliki pemahaman mendasar yang cukup baik dibidang panel surya. Pada tes pengetahuan dasar mengenai Panel surya, *solar charge control* (SCC), *inveter*, dan PLTS sebanyak 80% siswa telah memiliki pengetahuan dasar mengenai perangkat tersebut. Namun demikian, kegiatan dalam kelas masih jarang menyinggung materi terkait PLTS, bahkan ditemukan bahwasanya siswa belum pernah melakukan praktikum menggunakan PLTS. Hal ini merupakan penemuan yang sangat kontras dengan peran strategis yang diambil sebelumnya. Siswa SMK umumnya disiapkan untuk menjadi teknisi ahli dengan skill praktis yang mumpuni untuk menjadi angkatan kerja hal ini perlu didukung dengan tersedianya peralatan praktis dibidang PLTS untuk memenuhi luaran strategis yang di inginkan (Pratomo et al, 2022 ;Muljono et al., 2021). Namun demikian, hasil survei peminatan menunjukkan bahwa siswa dan guru memiliki minat yang sangat tinggi untuk melakukan praktikum dan eksperimen dengan menggunakan panel surya. Sebesar 90% dari siswa menyatakan bahwa mereka memiliki keinginan yang kuat untuk mencoba merangkai dan melakukan eksperimen dengan PLTS. Hal ini menjadi pertimbangan yang kuat untuk menyediakan alat praktik dan materi terkait bagi siswa dan guru sehingga dapat disajikan luaran dengan keterampilan praktis yang kuat dibidang PLTS (Arsa et al., 2023).

Maka dari itu, guna menjawab kebutuhan akan peningkatan keterampilan siswa yang relevan dengan perkembangan teknologi energi masa kini, diselenggarakanlah kegiatan pelatihan yang berfokus pada pengenalan dan penerapan sistem PLTS. Tujuan dari pelatihan ini adalah untuk meningkatkan kompetensi

keahlian siswa SMK, khususnya dalam bidang energi terbarukan melalui pemahaman konsep dasar serta keterampilan teknis dalam instalasi PLTS. Pelatihan ini dirancang untuk memperluas wawasan siswa mengenai prinsip kerja, komponen utama, serta manfaat penggunaan sistem PLTS sebagai solusi energi alternatif yang ramah lingkungan (Hadi & Syaukani, 2025). Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan membekali siswa dengan kemampuan praktis dalam merancang dan menginstalasi sistem PLTS skala kecil secara mandiri dan sesuai dengan standar keselamatan kerja. Dengan adanya kegiatan ini, diharapkan siswa memiliki kesiapan lebih dalam menghadapi tantangan dunia industri, khususnya pada sektor energi baru dan terbarukan. Evaluasi terhadap keberhasilan pelatihan dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test*, disertai dengan pemberian modul pembelajaran yang dirancang untuk memperkuat pemahaman peserta terhadap materi yang disampaikan serta mendukung proses belajar mandiri di luar sesi pelatihan (Hati & Kurnia, 2023).

Metode Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini akan dilaksanakan pada bulan Agustus 2024 di SMK Muhammadiyah Mungkid, Magelang. Pelaksanaan kegiatan ini dirancang secara sistematis untuk memastikan bahwa program dapat berjalan dengan lancar dan mencapai hasil yang diharapkan. Gambar 1 menunjukkan diagram alir pengabdian. Diawali dengan observasi dan wawancara dengan mitra yakni SMK Muhammadiyah Mungkid Magelang. SMK Muhammadiyah Mungkid Magelang adalah salah satu institusi pendidikan kejuruan terkemuka yang beralamat di JL. Pemandian Blabak, Mungkid, Kec. Mungkid, Kab. Magelang, Jawa Tengah. Sekolah ini memiliki total 160 siswa yang dibimbing oleh 69 guru profesional di bidangnya. Dipimpin oleh Kepala Sekolah Bapak Abdul Khamid dan dengan Bapak Eko Budiarto sebagai operator yang bertanggung jawab, sekolah ini menunjukkan komitmen kuat dalam menyediakan pendidikan berkualitas dan melahirkan lulusan yang siap kerja di berbagai bidang keahlian, meliputi jurusan Pemesinan, Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), Teknik Kendaraan Ringan (TKR), Teknik Bisnis Sepeda Motor (TBSM), serta Kimia Industri (KI). Dengan fasilitas praktik yang memadai dan kurikulum yang adaptif, SMK Muhammadiyah Mungkid Magelang menjadi mitra ideal untuk program pengabdian ini. Keterlibatan aktif sekolah sebagai mitra sangat krusial, mulai dari penyediaan tempat, koordinasi jadwal, hingga memastikan partisipasi aktif dari siswa dan guru. SMK Muhammadiyah Mungkid Magelang. lalu meminta persetujuan dengan mitra. Setelah persetujuan, persiapan pembuatan modul pelatihan lalu pembelian alat dan bahan untuk pembuatan trainer PLTS. Selesai pembuatan trainer PLTS selanjutnya yakni pengujian dan pengambilan data untuk kebutuhan modul pelatihan PLTS. Setelah trainer PLTS selesai yakni pelaksanaan pengabdian di SMK Muhammadiyah Mungkid Magelang.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Pengabdian

Peserta pelatihan utama dalam kegiatan ini adalah siswa-siswi pilihan dari jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik di SMK Muhammadiyah Mungkid Magelang. Para siswa ini dipilih karena relevansi jurusan mereka dengan fokus pelatihan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Mereka menunjukkan semangat belajar dan keinginan kuat untuk mengembangkan diri dalam teknologi energi terbarukan. Jumlah peserta disesuaikan dengan kapasitas pelatihan untuk memastikan setiap siswa mendapatkan perhatian maksimal dan kesempatan praktik yang memadai. Selain siswa, beberapa guru produktif dari jurusan terkait juga turut serta sebagai peserta pendamping dan fasilitator, memastikan transfer ilmu berjalan efektif dan berkelanjutan. Setelah dilaksanakan kegiatan pengabdian, dilakukan pengolahan data hasil *pre-test* dan *post-test* siswa. Penggunaan tes formatif seperti *pre-test* dan *post-test* dalam kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas pelatihan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang diberikan kepada siswa. *Pre-test* digunakan untuk mengetahui tingkat pemahaman awal siswa sebelum pelatihan dimulai,

sedangkan post-test dilakukan setelah pelatihan berakhir untuk mengevaluasi peningkatan pemahaman siswa terhadap materi yang telah disampaikan (Badianti, 2023). Melalui kedua tes ini, perkembangan pengetahuan siswa mengenai konsep dasar, komponen, serta cara kerja sistem PLTS dapat diidentifikasi secara kuantitatif, sekaligus menjadi indikator keberhasilan kegiatan pengabdian.

Metode pelaksanaan yang diterapkan pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, meliputi:

Observasi dan Wawancara Mitra

Observasi adalah teknik pengumpulan data langsung di lapangan dengan cara mengamati berbagai peristiwa atau objek secara sistematis dan terarah (Dewi & Gischa, 2023). Proses ini dimulai dengan mengidentifikasi lokasi mitra, penyebaran kuisioner google form dan wawancara untuk mengidentifikasi kebutuhan serta potensi mitra pada bulan November 2023, dalam hal ini SMK Muhammadiyah Mungkid, terkait pembelajaran sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Persetujuan dengan Mitra

Setelah kegiatan observasi dan wawancara mitra selesai, tim pengabdian meminta persetujuan resmi dari mitra/kepala SMK Muhammadiyah Mungkid untuk pelaksanaan program, serta menyepakati waktu, tempat, dan teknis pelaksanaan. Persetujuan dengan mitra dilengkapi dengan surat pernyataan bermaterai kesediaan sebagai mitra dalam program pengabdian masyarakat yang telah ditandatangani pada tanggal 19 Desember 2023.

Persiapan Pembuatan Modul Trainer PLTS

Untuk menunjang efektivitas pelatihan sistem PLTS, kegiatan pengabdian ini dilengkapi dengan Modul Trainer PLTS yang disusun dari Januari hingga Maret 2024. Modul ini dirancang secara sistematis mencakup teori dasar seperti sel fotovoltaik (PV), pengukuran iradiasi matahari, solar charge controller (SCC), osiloskop, inverter, dan baterai, serta dilengkapi panduan praktikum seperti pengukuran tegangan, arus, dan pembacaan osiloskop. Pengukuran iradiasi pada pelatihan dilakukan menggunakan luxmeter, dengan mengacu pada korelasi antara intensitas cahaya (lux) dan iradiasi matahari (W/m^2) sebagaimana dijelaskan oleh (Michael dkk., 2020) guna mempermudah peserta dalam memahami konsep dasar dan penerapan sistem PLTS secara langsung. Dengan adanya modul ini memberikan kemudahan dalam proses transfer pengetahuan serta meningkatkan keterlibatan peserta dalam sesi praktikum.

$$1 \text{ } W/m^2 = 116 \text{ lux} \quad (1)$$

Dengan menggunakan persamaan (1) maka intensitas cahaya dapat diturunkan menjadi persamaan (2) untuk menghitung iradiasi dengan satuan W/m^2 .

$$\text{Iradiasi} = \text{Intensitas cahaya (lux)} \times 0.0079 \quad (2)$$

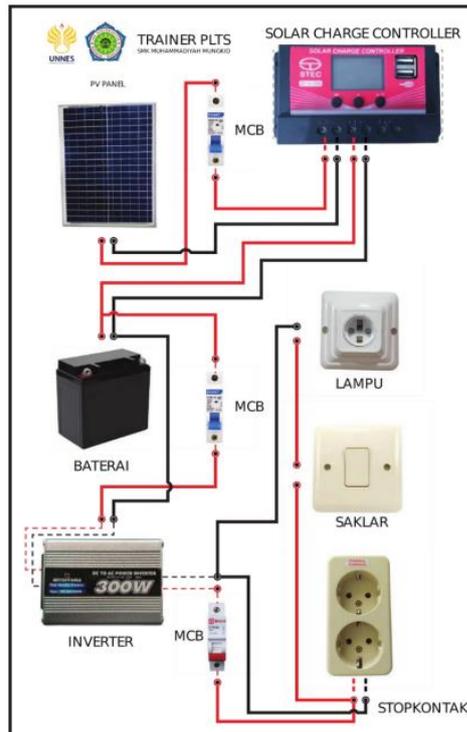
Para siswa melaksanakan kegiatan praktikum menggunakan jobsheet yang telah disusun secara sistematis untuk memandu setiap langkah kerja. Modul praktikum ini juga dilengkapi dengan ilustrasi pendukung yang bertujuan memperjelas konsep dan prosedur pengukuran, sehingga siswa dapat lebih mudah memahami dan mengaplikasikan materi yang telah disampaikan secara teoritis.

Pembelian Alat dan Bahan Trainer

Pengadaan komponen dan peralatan untuk perakitan trainer PLTS dilakukan pada bulan Mei 2024. Proses ini mencakup pembelian berbagai perangkat utama seperti panel surya, *Miniature Circuit Breaker* (MCB), *solar charge controller* (SCC), baterai, inverter, saklar, stopkontak, serta berbagai jenis kabel yang diperlukan untuk menunjang instalasi dan operasional sistem secara optimal.

Pembuatan Trainer PLTS

Pada kegiatan pengabdian ini salah satu komponen utamanya adalah pembuatan trainer PLTS yang dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan praktis bagi peserta. Trainer mulai dirakit pada bulan Juni 2024. Trainer yang dibuat akan berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran yang memungkinkan peserta untuk memahami konsep dan aplikasi terkait PLTS. Skematik rangkain PLTS ditunjukkan oleh Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skematik Rangkaian PLTS

Desain trainer PLTS ini dirancang dengan mengintegrasikan dua sumber daya utama, yaitu panel surya sebagai sumber energi utama dan baterai sebagai media penyimpanan energi. Kedua sumber daya ini dikelola melalui SCC yang memiliki fungsi untuk mengatur mode operasi, seperti proses pengisian daya baterai (*charging*) maupun pengeluaran daya (*discharging*) secara otomatis sesuai kondisi sistem. Energi listrik yang tersimpan dalam baterai atau yang dihasilkan langsung dari panel surya kemudian dialirkan menuju inverter, yang berfungsi untuk mengonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC), sehingga energi yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengoperasikan peralatan elektronik rumah tangga yang membutuhkan sumber daya AC sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

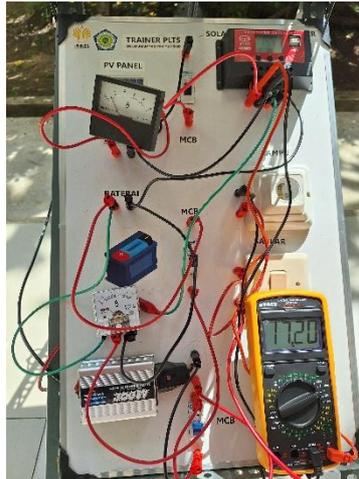
Untuk menunjang aspek keselamatan dan kemudahan praktikum siswa, trainer PLTS ini menggunakan konektor jenis jack banana. Penggunaan jack banana mempermudah proses penghubungan dan pemutusan antar komponen dalam rangkaian listrik serta mengurangi risiko kesalahan instalasi kabel selama praktikum. Selain itu, penggunaan konektor ini juga mendukung efektivitas proses pembelajaran dan eksperimen lapangan yang dilakukan oleh siswa selama kegiatan pelatihan. Spesifikasi teknis dari komponen yang digunakan dalam trainer PLTS ini disajikan secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Trainer PLTS

Perangkat	Spesifikasi
Panel Surya	20 WP
Baterai SLA	12 V 7 Ah
<i>Solar Charge Controller</i>	10 A
Inverter	300 W
MCB DC	3 A
MCB AC	3 A

Pengujian dan Pengambilan Data

Trainer yang telah selesai dirakit diuji untuk memastikan seluruh komponen berfungsi dengan baik. Pengujian dan pengambilan data dilakukan di Gedung E11 UNNES lantai 1 pada bulan Juli 2024 ditunjukkan pada Gambar 3. Data pengujian meliputi LUX cahaya, waktu yang digunakan saat ada beban, V_{mpp} , V_{batt} , I_{mpp} , dan $V_{inverter}$. Data dari hasil pengujian digunakan sebagai referensi penyusunan jobsheet dan modul pelatihan.



Gambar 3. Pengujian Trainer PLTS

Pelaksanaan Pengabdian

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan di SMK Muhammadiyah Mungkid pada hari Kamis, 25 Juli 2024, dengan melibatkan siswa sebagai peserta utama dalam pelatihan. Rangkaian kegiatan pengabdian ini serta hasil yang diperoleh disajikan secara rinci dalam Bab Hasil dan Pembahasan sebagai bentuk dokumentasi ilmiah dan evaluasi keberhasilan program.

Pre-test dan Post-test

Dalam kegiatan pengabdian ini, pemahaman peserta terhadap materi sistem PLTS dievaluasi melalui instrumen *pre-test* dan *post-test* yang disusun dalam bentuk 10 butir soal pilihan ganda. Soal-soal tersebut dirancang untuk mengukur pengetahuan dasar peserta mengenai prinsip kerja, komponen utama, metode operasional, serta aspek pemeliharaan sistem PLTS. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah pelatihan guna memperoleh gambaran kuantitatif terkait peningkatan pemahaman peserta. Seluruh jawaban peserta dikumpulkan melalui lembar evaluasi yang telah disiapkan oleh tim pengabdian sebagai bagian dari prosedur evaluasi pembelajaran yang sistematis.

Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah dilaksanakan pada tanggal 25 Juli 2024 di SMK Muhammadiyah Mungkid, Kabupaten Magelang, dan secara umum berlangsung dengan sangat baik serta menghasilkan capaian yang memuaskan. Salah satu keberhasilan utama dari kegiatan ini adalah pembuatan dan penyerahan alat trainer PLTS yang bersifat inovatif dan aplikatif. Alat trainer ini dirancang sedemikian rupa untuk mendukung pembelajaran praktis siswa, dengan dilengkapi berbagai komponen penting seperti panel surya, baterai, *solar charge controller* (SCC), *Miniature Circuit Breaker* (MCB), serta beban berupa stopkontak dan lampu, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4a. Keberadaan alat ini memberikan peluang kepada siswa untuk memahami konsep kerja sistem PLTS secara langsung dengan daya potensial energi matahari yang besar, yaitu sekitar 4,5 hingga 4,8 kWh per meter persegi setiap harinya (Meliala et al., 2023) melalui pendekatan berbasis praktik.

Selain alat trainer, tim pengabdian juga berhasil menyusun dan menyerahkan modul pelatihan yang bersifat komprehensif, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4b. Modul ini mencakup penjelasan materi teoritis serta panduan teknis praktikum yang sistematis, yang secara khusus disesuaikan dengan kebutuhan dan kurikulum siswa SMK. Penyusunan modul ini bertujuan untuk memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep dasar PLTS serta mendukung kemampuan mereka dalam melaksanakan kegiatan praktik secara mandiri dan terarah. Modul ini juga memungkinkan proses belajar berlanjut di luar pelatihan, baik secara individual maupun kolaboratif, sehingga memberikan efek pembelajaran yang berkelanjutan.

suasana pelatihan berlangsung dengan sangat interaktif dan kondusif. Para siswa menunjukkan antusiasme tinggi selama kegiatan berlangsung, yang tercermin dari partisipasi aktif mereka dalam sesi diskusi dan praktik instalasi komponen PLTS dengan prinsip kerja mengubah energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik (Mauriraya et al., 2020). Banyak peserta yang tampak bersemangat dalam mencoba langsung proses perakitan dan memahami fungsi dari setiap komponen sistem. Observasi lapangan juga mencatat bahwa sebagian besar siswa mampu mengikuti arahan dengan

baik dan menunjukkan perkembangan positif dalam memahami materi teknis yang disampaikan. Beberapa guru pendamping turut mengapresiasi pendekatan pelatihan yang digunakan, terutama karena mampu menggabungkan aspek teori dan praktik secara seimbang. Temuan-temuan ini memberikan gambaran awal bahwa pendekatan pelatihan yang diterapkan mampu menciptakan lingkungan belajar yang efektif dan menarik bagi peserta.



Gambar 4. Output dari Rancangan Pengabdian dan Alat Trainer PLTS, Modul Trainer PLTS

Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dilakukan melalui metode ceramah yang disampaikan secara teoritis oleh tim pengabdian, dengan fokus utama pada pemahaman dasar-dasar sistem PLTS. Pemaparan materi disampaikan secara sistematis, dimulai dari pengenalan potensi energi surya di Indonesia sebagai sumber energi terbarukan yang melimpah, dilanjutkan dengan penjelasan mengenai karakteristik panel surya, prinsip kerja sistem PLTS, perbedaan antara sistem *off-grid* dan *on-grid*, serta komponen penting seperti baterai dan SCC. Selain itu, peserta juga diberikan materi mengenai desain sistem PLTS skala rumah tangga, termasuk perhitungan kebutuhan daya dan pemilihan komponen yang sesuai, sehingga siswa memperoleh wawasan menyeluruh tentang perencanaan dan implementasi sistem energi surya secara aplikatif.

Untuk mengevaluasi tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang diberikan, kegiatan ini dilengkapi dengan pelaksanaan *pre-test* dan *post-test* yang telah disusun berdasarkan isi modul pelatihan. *Pre-test* dilakukan sebelum sesi materi dimulai, dengan alokasi waktu selama 10 menit untuk menjawab soal-soal yang mengukur pemahaman awal siswa terhadap topik yang akan dibahas. Kegiatan *pre-test* ini tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur pengetahuan awal, tetapi juga membantu pemateri dalam menyesuaikan pendekatan penyampaian agar lebih tepat sasaran. Proses pengisian *pre-test* oleh para siswa dapat dilihat pada Gambar 5. Evaluasi lanjutan melalui *post-test* dilaksanakan setelah seluruh sesi pelatihan selesai, untuk menilai sejauh mana peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep dan implementasi sistem PLTS.



Gambar 5. Pelaksanaan Pre-test oleh Siswa

Setelah siswa menyelesaikan *pre-test*, kegiatan dilanjutkan dengan sesi pemaparan materi inti yang disampaikan secara langsung oleh tim pengabdian. Pemaparan ini berlangsung secara interaktif, di mana pemateri tidak hanya menjelaskan teori dasar, tetapi juga memberikan contoh-contoh aplikatif yang relevan dengan dunia industri energi terbarukan, khususnya terkait sistem PLTS. Mayoritas listrik di Indonesia masih bersumber dari energi fosil PLN yang cadangannya semakin menipis sementara konsumsi minyak bumi naik 6% per tahun, maka diperlukan energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Wibowo dkk., 2023). Maka tim sangat perlu menyampaikan materi mencakup berbagai aspek penting, seperti pemanfaatan energi matahari, fungsi dan karakteristik

panel surya, hingga instalasi sistem PLTS *off-grid* dan *on-grid* (Nurjaman & Purnama, 2022). Kegiatan ini didukung pula dengan penggunaan modul pelatihan yang telah disiapkan oleh tim, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih terarah dan mudah dipahami. Suasana kegiatan saat pemaparan materi dapat dilihat pada Gambar 6.



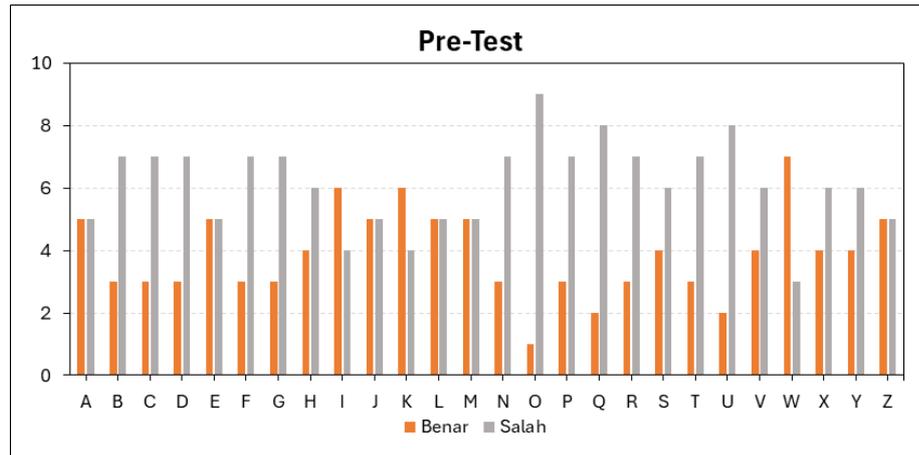
Gambar 6. Penyampaian Materi oleh Tim Pengabdian

Setelah pemaparan materi selesai, kegiatan dilanjutkan dengan presentasi dan demonstrasi penggunaan Modul Trainer PLTS oleh tim pengabdian. Modul tersebut berisi panduan praktikum yang dirancang untuk membantu siswa memahami langkah-langkah pengoperasian sistem PLTS secara aplikatif. Tim memberikan penjelasan mengenai prosedur penggunaan alat trainer, termasuk pengukuran tegangan, arus, serta penggunaan osiloskop untuk analisis sinyal listrik. Siswa kemudian diberi kesempatan melakukan praktikum secara langsung dengan bimbingan dari tim, yang bertujuan memperkuat pemahaman melalui pengalaman nyata. Gambar 7 menunjukkan salah satu siswa yang maju menggunakan alat trainer sebagai bagian dari kegiatan praktikum.



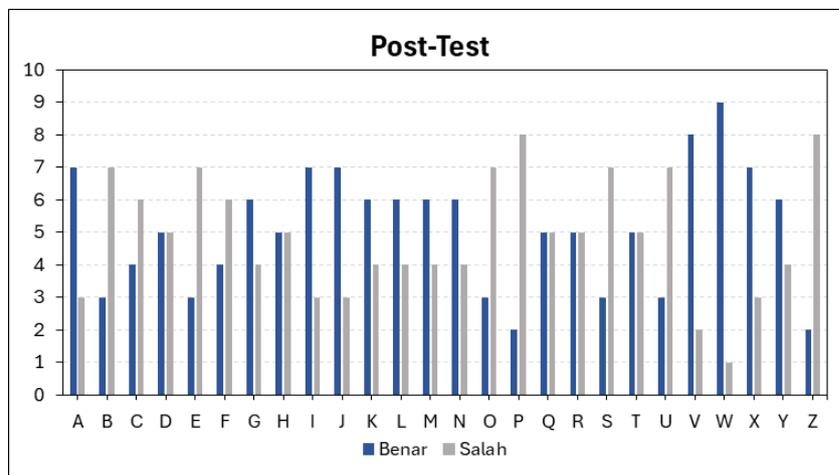
Gambar 7. Praktik Alat Trainer PLTS oleh Siswa

Setelah sesi praktikum selesai, kegiatan dilanjutkan dengan pemberian *post-test* kepada seluruh peserta pengabdian yang berjumlah 26 siswa. *Post-test* dilakukan untuk menilai sejauh mana peningkatan pemahaman peserta setelah mengikuti pelatihan (Wahyuddin dkk., 2023). Sebelumnya, untuk mengevaluasi tingkat pemahaman awal siswa mengenai konsep dasar PLTS, telah dilakukan *pre-test* yang hasilnya ditampilkan pada Gambar 8. Terlihat bahwa sebagian besar siswa memperoleh skor benar yang masih berada pada kategori sedang hingga rendah. Mayoritas siswa menjawab 3 hingga 5 soal dengan benar dari total 10 soal yang diberikan. Hanya beberapa siswa yang berhasil menjawab 5 hingga 6 soal dengan benar, yaitu siswa A, E, I, J, K, L, M, W dan Z sementara beberapa lainnya bahkan hanya mampu menjawab 1 atau 2 soal dengan benar, seperti siswa O, Q dan U. Skor jawaban salah yang cukup tinggi memperkuat indikasi bahwa tingkat pemahaman awal siswa terhadap sistem PLTS masih terbatas. Fakta ini mempertegas pentingnya pelaksanaan kegiatan pelatihan ini sebagai intervensi edukatif yang bertujuan untuk meningkatkan literasi energi terbarukan di kalangan siswa SMK. Selain itu, hasil *pre-test* ini menjadi dasar perbandingan yang valid untuk mengukur efektivitas pelatihan melalui perbandingan dengan hasil *post-test* yang akan dijelaskan pada bagian berikutnya.



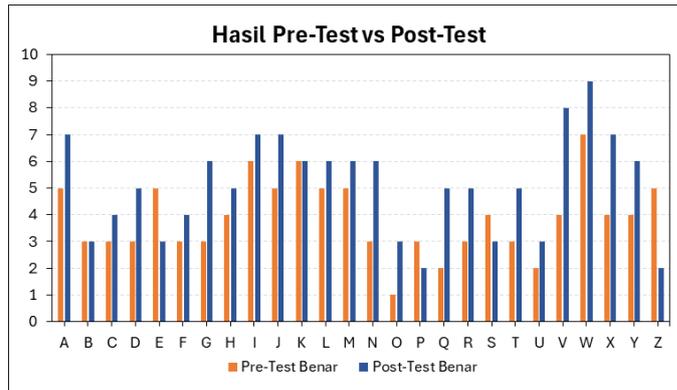
Gambar 8. Hasil Pre-test Peserta Pengabdian

Berdasarkan Gambar 9 yang menampilkan hasil *post-test* peserta pengabdian, terlihat adanya peningkatan signifikan dalam pemahaman siswa setelah menerima materi terkait sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sebagian besar siswa kini mampu menjawab 5 hingga 8 soal dengan benar, dengan beberapa siswa bahkan mencapai skor 9 benar seperti siswa W, menunjukkan penguasaan materi yang sangat baik. Jika dibandingkan dengan hasil *pre-test*, perbaikan skor terjadi secara merata pada hampir seluruh peserta, mencerminkan bahwa materi yang disampaikan mampu memberikan dampak positif terhadap pemahaman siswa.



Gambar 9. Hasil Post-test Peserta Pengabdian

Perbandingan dari hasil jawaban benar *pre-test* dan *post-test* disajikan melalui grafik Gambar 10. Secara umum, terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada hasil *post-test* dibandingkan *pre-test*. Sebagian besar siswa mengalami peningkatan skor antara 2 hingga 4 poin setelah diberikan materi pelatihan. Misalnya, siswa dengan kode V mengalami peningkatan dari 4 jawaban benar pada *pre-test* menjadi 8 pada *post-test*, sedangkan siswa W bahkan mencapai peningkatan dari 7 menjadi 9 jawaban benar. Peningkatan juga terlihat konsisten pada siswa lainnya seperti A, H, J, Q, X dan Y yang rata-rata mencatat kenaikan skor. Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan yang diberikan berhasil meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep dan penerapan PLTS.



Gambar 10. Perbandingan Hasil Pre-test dan Post-test

Peningkatan signifikan jumlah jawaban benar dari hasil *pre-test* dan *post-test* pada Gambar 10 tidak hanya membuktikan efektivitas pelatihan PLTS, tetapi juga mengungkapkan potensi mendalam siswa dalam mengasimilasi konsep melalui pengalaman praktis dan eksperimental yang kontekstual. Pembelajaran yang mengalir dengan sentuhan praktis dimana setiap teori dihidupkan melalui eksperimen secara nyata berfungsi mendorong pemahaman mendalam dengan gaya belajar yang sesuai dengan siswa SMK yang lebih condong ke praktik daripada materi teoritis. Hal ini memungkinkan siswa untuk menggali dan memahami mekanisme energi terbarukan dengan lebih mendalam. Data tersebut mengisyaratkan bahwa pendekatan edukatif yang mengutamakan interaksi dan relevansi kontekstual tidak hanya efektif, tetapi juga menginspirasi rasa ingin tahu dan kreativitas siswa dalam menghadapi tantangan teknologi PLTS di masa depan (Susilawati et al., 2023).

Integrasi materi PLTS ke dalam kurikulum formal menjadi langkah strategis yang melampaui pencapaian angka-angka ujian semata (Rizkina, 2023). Dengan menyematkan nilai-nilai energi berkelanjutan sejak dini, institusi pendidikan bertindak sebagai jembatan yang menghubungkan teori dengan realitas, sehingga mencetak para pelajar yang tidak hanya piawai secara teknis, tetapi juga peka terhadap isu lingkungan. Materi yang disajikan memberikan dasar kuat bagi siswa untuk berinovasi dan menjadi agen perubahan dalam pembangunan berkelanjutan, sekaligus menyajikan luaran pendidikan yang siap kerja dibidang PLTS. Sinergi antara institusi pendidikan menengah kejuruan dan perguruan tinggi memiliki potensi strategis dalam membentuk ekosistem pembelajaran yang inovatif dan berkelanjutan (Maula et al., 2021). Kegiatan pengabdian semacam ini dapat dikembangkan dalam skema yang lebih luas, seperti penyediaan modul digital interaktif, platform tutorial daring, hingga penyelenggaraan kursus bersertifikat yang selaras dengan kebutuhan industri. Sehingga akan tercipta lingkungan pembelajaran yang adaptif dan terstandarisasi, yang tidak hanya meningkatkan kompetensi siswa tetapi juga memberikan pengakuan formal yang bernilai di dunia industri.



Gambar 11. Dokumentasi Pengabdian Foto Bersama Tim Pengabdian dengan SMK Muhammadiyah Mungkid dan Penyerahan Alat Trainer

Sebelum kegiatan pengabdian ini secara resmi ditutup, tim pengabdian melakukan sesi foto bersama dengan pihak SMK Muhammadiyah Mungkid sebagai bentuk dokumentasi dan kenang-kenangan atas kolaborasi yang telah terjalin. Momen kebersamaan ini diabadikan sebagaimana terlihat pada Gambar 11, yang menggambarkan antusias antara tim pengabdian dengan guru serta siswa yang terlibat dalam kegiatan. Dokumentasi ini tidak hanya menjadi penutup kegiatan secara simbolis, tetapi juga menjadi bukti nyata keterlibatan aktif sekolah dalam mendukung terlaksananya program pengabdian kepada masyarakat. Foto

tersebut juga menjadi sebuah representasi visual dari semangat kebersamaan dan keberhasilan program yang telah dilaksanakan.

Kesimpulan

Pelatihan instalasi PLTS di SMK Muhammadiyah Mungkid berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan siswa dalam bidang energi terbarukan, khususnya terkait sistem PLTS. Hal ini dibuktikan melalui peningkatan signifikan hasil *post-test* dibandingkan *pre-test*, yang menjadi indikator efektivitas metode penyampaian materi dan kegiatan praktikum langsung menggunakan trainer PLTS. Selain itu, kegiatan ini juga menghasilkan luaran berupa perangkat trainer PLTS dan modul pembelajaran aplikatif yang mendukung penguatan proses pembelajaran vokasional secara berkelanjutan. Kedepannya, program ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut melalui pelatihan lanjutan yang mencakup integrasi ekosistem pelatihan, peningkatan kualitas kurikulum, dan sertifikasi kompetensi yang terstruktur. Lebih jauh lagi, keterlibatan siswa dalam proyek nyata seperti instalasi PLTS skala kecil di lingkungan sekolah maupun masyarakat akan menjadi langkah konkret dalam menciptakan sumber daya manusia yang unggul dan siap bersaing di sektor energi baru dan terbarukan.

Daftar Pustaka

- Arsa, I. P. S., Wiratama, W. M. P., & Parwadipa, G. H. (2023). Pengembangan Trainer Media Pembelajaran Sistem Pembangkit Tenaga Surya Pada Mata Kuliah Sistem Pembangkit Listrik di Prodi Pendidikan Teknik Elektro Undiksha. *JPTE: Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 12(1), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jjpte.v12i1.49758>
- Badianti, A. (2023). Efektivitas Pre-Test dan Post-Test dalam Pembelajaran Listening di Kalangan Mahasiswa. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Ponorogo Tarbawi: Journal On Islamic Education*, 7(1), 110–120. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24269/tarbawi.v1i1.2980>
- Caroko, N., Nadjib, M., Rosyidi, S. A. P. J. N. N., Lesmana, S. B., & Hariadi, T. K. (2022). Penerangan Jalan Umum Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Desa Sidoharjo Kabupaten Kulon Progo. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(6), 5119. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i6.11516>
- Dewi, R. K., & Gischa, S. (2023). Observasi: Pengertian, Proses, Tujuan, dan Manfaatnya. *Kompas.com/Skola*. <https://www.kompas.com/skola/read/2023/08/04/210000369/observasi--pengertian-proses-tujuan-dan-manfaatnya>
- Firman, M., Herlina, F., & Sidiq, A. (2017). Analisa Radiasi Panel Surya Terhadap Daya yang Dihasilkan Untuk Penerangan Bagian Luar Mesjid Miftahul Jannah Didesa Benua Tengah Kecamatan Takisung. *Jurnal UNISKA*, 2, 98–102. <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/article/viewFile/858/742>
- Gunawan, A., Sahar, M., Syahrizal, S., & Putri, C. K. (2024). Pelatihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Pure Sine Wave (Psw) Kapasitas 1000 Wp di Smk Negeri 1 Minas. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Fleksibel*, 5(1), 112–120. <https://doi.org/10.31849/fleksibel.v5i1.16597>
- Hadi, M., & Syauckani, I. (2025). Literature Review : Metode Evaluasi Performa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indoensia. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi):Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), 280–289. <https://doi.org/10.30596/rele.v1i1.22193>
- Hakim, A. R., Pratiwi, Y. D., & Sugiastari, Y. P. (2022). Model Instrumen Yuridis Pengusahaan Industri Energi Baru Dan Terbarukan Dalam Mewujudkan Ketahanan Energi Nasional. *Bina Hukum Lingkungan*, 7(1), 110–129. <https://doi.org/10.24970/bhl.v7i1.310>
- Harahap, P. (2019). Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan PLTS Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik SEMNASTEK UISU 2019*, 152–157. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/1304>
- Hati, F. S., & Kurnia, A. R. (2023). Evaluasi Skor Pre-Test dan Post-Test Peserta Pelatihan Pelayanan Kontrasepsi bagi Dokter dan Bidan di Fasilitas Pelayanan Kesehatan di BKKBN Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Edutrained: Jurnal Pendidikan dan Pelatihan*, 7(1), 67–78. <https://doi.org/10.37730/edutraind.v7i1.220>
- Hidayat, A. A. N. (2019, Oktober 28). ESDM: Kebutuhan Listrik Nasional Naik 6,9 Persen Tiap Tahun. *TEMPO*. https://bisnis.tempo.co/read/1909574/menteri-bahlil-rencanakan-pembatasan-bbm-subsidi-jokowi-belum-ada-keputusan?tracking_page_direct

-
- Karuniawan, E. A., Sugiono, F. A. F., Larasati, P. D., & Pramurti, A. R. (2023). Analisis Potensi Daya Listrik Plts Atap Di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang dengan Perangkat Lunak Pvsyst. *Journal Of Energy And Electrical Engineering (JEEE)*, 4(2), 75–80. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/download/6683/2662>
- Ketenagalistrikan, D. J. (2020). Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019. https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/c4053-statistik-2019-highres.pdf
- Maula, R., Oktavianingsih, E., Khoiroh, R. K., Irawan, H. A., Febrianto, I., Ardianto, H., Hidayatullah, H., Pratama, M. S., A, M. F. L., Surianto, S., Khoiron, M., & Amru, B. A. (2021). Merdeka Belajar (D. K. Pertiwi & R. Maula, Ed.; 1–10 ed., Vol. 1). Komunitas Pemuda Pelajar Merdeka. <http://elibrary.almaata.ac.id/2201/1/Merdeka%20Belajar.pdf>
- Mauriraya, K. T., Afrianda, R., Fernandes, A., Makkulau, A., Sari, D. P., & Kurniasih, N. (2020). Edukasi Pemanfaatan PLTS untuk Penerangan Jalan Umum Di Desa Cilatak Kecamatan Ciomas Kabupaten Serang Banten. *TERANG Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri*, 3(1), 92–99. <https://doi.org/10.33322/terang.v3i1.535>
- Meliala, S., Akmal, S., Amani, Y., Putri, R., & Jalil, S. M. (2023). Edukasi Penerapan Sistem ATS Antara PLN dan PLTS di SMA Negeri 2 Kesuma Bangsa. *Jurnal SOLMA*, 12(3), 1438–1449. <https://doi.org/https://doi.org/10.22236/solma.v12i3.13126>
- Michael, P. R., Johnston, D. E., & Moreno, W. (2020). A conversion guide: Solar irradiance and lux illuminance. *Journal of Measurements in Engineering*, 8(4), 153–166. <https://doi.org/10.21595/jme.2020.21667>
- Muljono, A. B., Nrartha, I. M. A., Ginarsa, I. M., Sasongko, S. M. Al, & Sultan, S. (2021). Pendampingan Siswa SMKN 1 Lingsar Kompetensi Teknik Energi Terbarukan Melalui Pelatihan Pengukuran Kualitas Daya Listrik. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) TABIKPUN*, 2(3), 253–262. <https://doi.org/10.23960/jpkmt.v2i3.66>
- Nurjaman, H. B., & Purnama, T. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *JEE Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2), 136–142. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jee.v6i2.51617>
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 49 Tahun 2018.
- Pratomo, L. H., Riyadi, S., Matitaputty, S. J., & Wibisono, A. (2022). Pelatihan Teknologi Tepat Guna Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mandiri. *JPPM (Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 5(2), 253–259. <https://doi.org/10.30595/jppm.v5i2.11254>
- Rimbawati, R., Ardiansyah, N., & Evalina, N. (2019). Perancangan Sistem Pengontrolan Tegangan Pada Pltb Menggunakan Potensio DC. Prosiding Seminar Nasional Teknik SEMNASTEK UISU 2019, 14–20. <https://www.google.com/search?q=gambar+alat+xl600>
- Rizkina, F. D. (2023). Rencana Strategis Pengabdian Kepada Masyarakat 2020-2024. https://instrumen.unmuhjember.ac.id/assets/dist/img/bukti_upload/642875renstra%20pkm%20tip%202020-2024.pdf
- Siswanto, D., Mujiyanto, S., Suharyati, S., Pambudi, S. H., Wibowo, J. L., Pratiwi, N. I., Abdurrahman, S., Pertiwi, M., & Walujanto. (2019). Indonesia Energy Outlook 2019 <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-indonesia-energy-outlook-2019-english-version.pdf>
- Sultan, S., Muljono, A. B., Nrartha, I. M. A., Ginarsa, I. M., Sasongko, S. M. Al, Hadi A, Muh. S., & Yadnya, M. S. (2024). Program Edukasi Energi Terbarukan Sebagai Alternatif Teknologi Ramah Lingkungan di MTS Negeri 1 Mataram. *Jurnal Gema Ngabdi*, 5(1), 28–32. <https://doi.org/10.29303/jgn.v6i1.392>
- Susilawati, S., Nasbey, H., & Permana, A. H. (2023). Alat Peraga Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dilengkapi LKPD Berbasis STEAM. Prosiding Seminar Nasional Keguruan dan Pendidikan, 1, 2023. <https://www.ejournal.ummuba.ac.id/index.php/SNKP/article/view/2158/1135>
- Wahyuddin, W., Kartika, K., Rohana, R., Roid, F., & Farizi, R. Al. (2023). Edukasi Pemanfaatan Sumber Daya Listrik Energi Terbarukan pada Masyarakat Desa. *MEJUJUA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 19–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.52622/mejujuajabdinas.v3i1.87>
- Wibowo, E. A., Widyastuti, W., Betanursanti, I., Ardiyansah, R., & Jauhari, K. I. (2023). Edukasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Training Kit untuk Instalasi Sistem Penerangan di Desa Klegenwonosari, Klirong, Kebumen. *Jurnal Pengabdian Masyarakat - PIMAS*, 2(3), 184–189. <https://doi.org/https://doi.org/10.35960/pimas.v2i3.1138>
-