

NASKAH ORISINAL

Rancang Bangun dan Pelatihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mini di SMK Muhammadiyah 1 Ngoro untuk Meningkatkan Kesadaran Energi Bersih dan Berkelanjutan

Imam Robandi^{1,*} | Rony Seto Wibowo¹ | Ni Ketut Aryani¹ | Mohamad Almas Prakasa¹ | Muhammad Ruswandi Djalal² | Itmi Hidayat Kurniawan¹ | Muhammad Alvan Fauzi¹ | Khafit Imron Muzaki¹ | Moh. Imam Muchyiddin¹ | Mussa Julius Lazaro¹ | Shija Fukku Mashiku¹ | Deyndrawan Sutrisno¹ | Endang Widiyawati¹ | Omar Fabian¹ | Faisal Taufiq Rochman¹ | Waseda Himawari¹ | Alfian Rohman Rosyid³

¹Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

²Departemen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia.

³SMK Muhammadiyah 1 Ngoro, Jombang, Jawa Timur, Indonesia.

Korespondensi

*Imam Robandi, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: imam.robandi@its.ac.id

Alamat

Kampus ITS Sukolilo, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Jawa Timur, Indonesia.

Abstrak

Di Indonesia, kesadaran tentang pemanfaatan energi bersih dan berkelanjutan perlu ditingkatkan, terutama untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memiliki potensi besar, namun tingkat implementasinya masih rendah. Pengenalan PLTS kepada siswa sebagai generasi penerus sangat krusial. SMK Muturojo di Jombang memiliki potensi iradiasi tinggi dan berminat mengembangkan kurikulum PLTS, namun terkendala ketiadaan fasilitas pendukung pembelajaran. Guru SMK Muturojo juga minim pengalaman terkait PLTS, sehingga program PKM berupa rancang bangun dan pelatihan PLTS *mini* diusulkan. Hasilnya, telah dibangun PLTS *mini* 300 Wp dengan komponen *Solar Charge Controller* (SCC) berbasis *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). PLTS *mini* dilengkapi lampu halogen untuk simulasi iradiasi *indoor*, serta pelatihan bagi siswa dan guru SMK Muturojo. Hasil *pre-post test* menunjukkan peningkatan pemahaman sebesar 14,18%, sehingga kegiatan ini berhasil menguatkan kesadaran energi bersih dan berkelanjutan di sekolah tersebut.

Kata Kunci:

Energi Bersih dan Berkelanjutan, Pelatihan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Rancang Bangun, Sekolah Menengah Kejuruan.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Permintaan energi listrik di Indonesia selalu lebih tinggi dari pada permintaan energi lainnya. Permintaan energi listrik di Indonesia telah meningkat 9 kali lipat dari tahun 2018 hingga 2025, yaitu sebesar 2.214 TWh, dengan laju peningkatan permintaan energi listrik adalah 7%^[1]. Untuk memitigasi kenaikan ini, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menargetkan produksi energi listrik sebesar 2.562 TWh pada tahun 2050. Untuk mendukung program *Sustainable Development Goals* (SDGs), Indonesia berkomitmen untuk menekan produksi energi dari sumber batu bara dari 57% menjadi 41% pada 2018 hingga 2050^[2]. Oleh sebab itu, Indonesia menargetkan peningkatan pemanfaatan sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT) mencapai 12% pada tahun 2050 untuk menggantikan sumber energi batu bara^[3]. Indonesia menargetkan produksi energi listrik dari PLTS sebesar 421,3 TWh (68% dari total produksi energi listrik dari EBT) pada tahun 2050^[4], karena potensi energi surya di Indonesia dinilai *ideal* untuk pengembangan PLTS akibat tingkat iradiasi matahari yang cenderung merata di setiap wilayah^[5]. Rata-rata potensi energi surya di Indonesia yaitu 4,8 kWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp, namun pemanfaatan energi surya di Indonesia masih rendah, yaitu sebesar 10 MWp^[6].

Rendahnya tingkat pemanfaatan energi surya di Indonesia diakibatkan oleh tingkat kesiapan teknologi yang masih rendah^[7]. Sel surya yang menjadi komponen utama untuk menghasilkan energi listrik dari PLTS masih *impor* dari luar negeri, sehingga biaya *implementasi* PLTS masih tinggi^[8]. Sektor Pendidikan Tinggi (PT) menjadi yang paling cocok untuk *ekperimen test-bed* terkait PLTS karena memiliki SDM potensial untuk meneliti dan mengembangkan PLTS. PLTS sebaiknya dikenalkan di sekolah-sekolah, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk menyiapkan SDM yang tertarik mengembangkan PLTS. Harapannya, SDM yang telah memperoleh pemahaman dasar tentang PLTS di SMK termotivasi untuk memperdalam teknologi PLTS ketika melanjutkan studi ke PT.

SMK Muhammadiyah 1 Ngoro, Jombang (SMK Muturojo) adalah salah satu sekolah yang ingin mengembangkan *kurikulum* mengenai teknologi PLTS. Hal ini selaras dengan arahan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah (Kemendikdasmen) yang merencanakan pendirian 100 SMK dengan bidang EBT untuk menghasilkan sekitar 7.000 lulusan per tahun untuk memenuhi kebutuhan SDM yang terampil di bidang EBT^[9]. Berdasarkan studi *literatur*, pelatihan PLTS di SMK mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa yang berhubungan dengan *instalasi* PLTS^[10]. Di samping itu, PLTS *mini* adalah *efektif* sebagai media pembelajaran^[9, 11–15].

Saat ini, SMK Muturojo memiliki 3 program keahlian, yaitu Teknik Kendaraan Ringan (TKR), Teknik Sepeda Motor (TSM), Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), yang dapat mendukung pengembangan keterampilan teknis siswa untuk memanfaatkan potensi EBT. Berdasarkan diskusi yang dilakukan antara tim Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PKM) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan Kepala SMK Muturojo, SMK Muturojo ingin mengembangkan *kurikulum* pembelajaran tentang pemanfaatan teknologi PLTS, namun *fasilitas* untuk mengajarkan teknologi PLTS kepada siswa belum tersedia. Di samping itu, guru di SMK Muturojo juga belum memiliki pemahaman dan pengalaman yang cukup terkait PLTS.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Setelah dilakukan diskusi antara tim PKM ITS dan SMK Muturojo, maka diusulkan solusi permasalahan, yaitu rancang bangun PLTS mini sebagai fasilitas pembelajaran di SMK Muturojo, dan pelatihan PLTS mini untuk meningkatkan pemahaman dan pengalaman guru di SMK Muturojo. Kegiatan ini memiliki relevansi dengan target SDG No. 4 (Pendidikan Berkualitas) untuk mendorong pemerataan pendidikan vokasi yang bermutu, dan SDG No. 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), yang mendorong peningkatan porsi energi terbarukan serta perluasan akses teknologi energi bersih.

Untuk menjamin agar solusi permasalahan dapat direalisasikan dengan baik, strategi kegiatan yang sistematis disusun sebagai berikut: 1) Analisis permasalahan prioritas mitra; 2) Perumusan masalah prioritas mitra; 3) Studi lapangan ke lokasi mitra; 4) Penawaran solusi untuk mitra; 5) Pendelegasian dan pembagian peran tim dan mitra; 6) Perancangan desain dan simulasi PLTS mini; 7) Rancang bangun dan evaluasi PLTS mini; 8) Pelatihan PLTS mini; 9) Evaluasi target dan perencanaan keberlanjutan dengan mitra; dan 10) Penyusunan luaran dan laporan kegiatan.

1.3 | Target Luaran

Target luaran hasil kegiatan PKM ini adalah sebagai berikut:

1. PLTS *mini* beserta buku panduan dan lembar kerja sebagai media pembelajaran PLTS.
2. Artikel PKM di jurnal nasional terindeks Sinta.
3. Publikasi di media elektronik, sebagai berikut:
 - Portal berita PWMU, tautan: <https://pwmu.co/smk-muhammadiyah-1-ngoro-menerima-pelatihan-dari-psoc-its/>
 - Portal berita Radio Republik Indonesia (RRI), tautan: <https://rri.co.id/iptek/1911459/its-ajak-siswa-smk-pahami-teknologi-energi-terbarukan>
 - Portal berita Radar Jombang, Jawa Pos, tautan: <https://radarjombang.jawapos.com/pendidikan/666720707/smk-muhammadiyah-1-ngorosinergi-bersama-its-terapkan-teknologi-energi-bersih-dan-berkelanjutan>
 - Portal berita Desakita, Radar Jombang, tautan: <https://desakita.co/pendidikan/12773/its-latih-siswa-smk-muhammadiyah-1-ngoro-jombang-pahami-plts-dorong-energi-bersih-berkelanjutan/>
 - Portal berita ITS, tautan: <https://www.its.ac.id/news/2025/10/19/its-tanamkan-semangat-transisi-energi/>
 - Portal berita di media sosial Instagram Info Jombang, tautan: <https://www.instagram.com/reel/DP-cK-ID6Hs/?igsh=MTRkODZxbzhuMG8zMg%3D%3D>
4. Video hasil kegiatan yang diunggah ke kanal Youtube DRPM ITS, dengan tautan: <https://www.youtube.com/watch?v=gKZfUkbbBmE>
5. Poster Kegiatan.
6. Peningkatan tingkat keberdayaan mitra, yaitu pengetahuan dan keterampilan siswa dan guru di SMK Muturojo.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sumber energi terbarukan yang bersih dan berkelanjutan. Sistem PLTS terdiri dari modul panel surya, *Solar Charge Controller* (SCC), baterai dan *converter*. Modul panel surya tersusun dari sel surya yang mengubah energi cahaya menjadi listrik menggunakan prinsip fotovoltaiik (*Photovoltaic*, PV) dengan efisiensi sebesar 15-20%^[16]. PLTS memiliki tingkat emisi yang sangat rendah yaitu 14-73 g CO₂-eq/kWh, sehingga berkontribusi dalam pengurangan emisi gas rumah kaca yang ramah lingkungan^[17]. Sel surya bergantung pada *Global Horizontal Irradiation* (GHI) dan suhu. Daya luaran PV dapat dihitung menggunakan Persamaan 1^[18]:

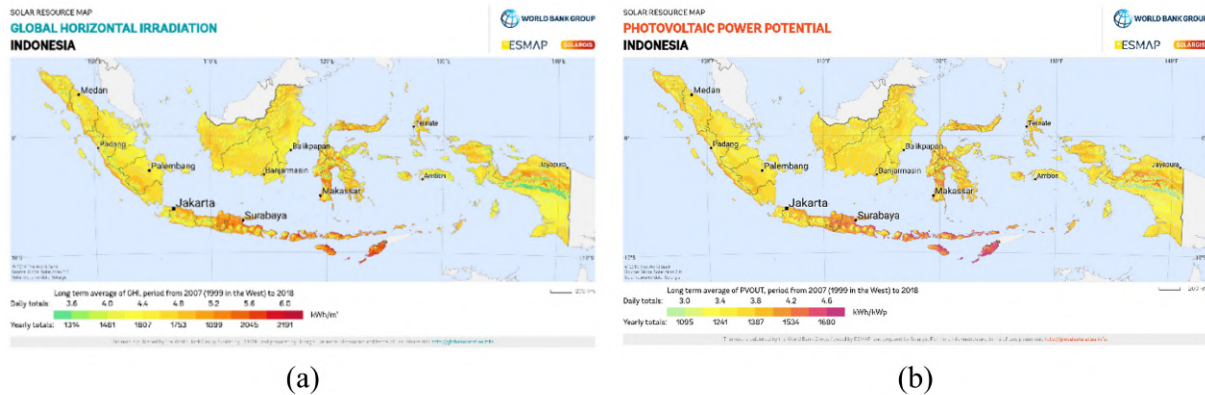
$$P_{pv} = N_{pv} \times \left(\frac{R}{R_{STC}} \right) \times [1 + \alpha_T(T - T_{STC})] \quad (1)$$

Dengan N_{pv} adalah daya rata-rata PV (kW), R adalah *solar* GHI (W/m²), R_{STC} adalah *solar* GHI pada kondisi uji standar, yaitu 1000 W/m², T adalah suhu pada modul panel surya, T_{STC} adalah suhu modul panel surya pada kondisi uji standar, yaitu 25°C, dan α_T adalah koefisien suhu modul panel surya.

2.2 | Potensi Iradiasi Matahari dan Potensi PLTS di Indonesia

Indonesia memiliki potensi iradiasi matahari yang merata di seluruh wilayah, terutama di wilayah timur seperti Ambon, Ternate, dan Jayapura dengan rata-rata 4,8 kWh/m²/hari^[19], seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (a). Pemerintah Indonesia telah menargetkan pembangunan 3,6 GW PLTS atap (*rooftop*) pada 2025 sebagai bagian dari Proyek Strategis Nasional (PSN) energi

bersih^[20]. Letak geografis Indonesia di garis khatulistiwa mengakibatkan potensi energi suryanya melimpah, dengan rata-rata 297,8 GW^[20], seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1(b).



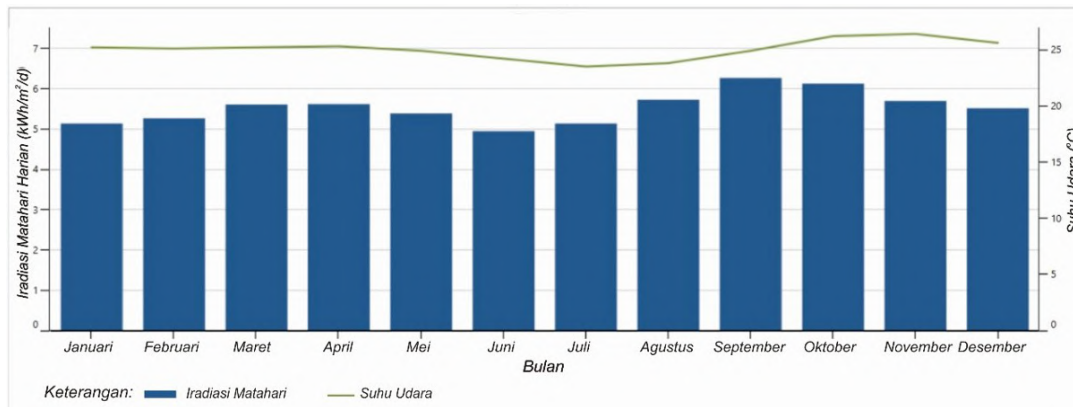
Gambar 1 Peta Indonesia: (a) Peta Potensi *Solar Global Horizontal Irradiation* (GHI); (b) Peta Potensi Energi Surya.

2.3 | Potensi Iradiasi Matahari di Jombang

Kabupaten Jombang adalah salah satu kabupaten yang terletak di provinsi Jawa Timur, Indonesia. Tabel 1 menunjukkan data iklim di Kabupaten Jombang, dan Gambar 2 menunjukkan data iradiasi matahari dan temperatur secara khusus^[21]. Dapat dilihat bahwa rata-rata tingkat iradiasi matahari dan temperatur di SMK Muturojo adalah sebesar 5,45 kWh/m²/hari dan 25,4 °C.

Tabel 1 Data Iklim di Kabupaten Jombang

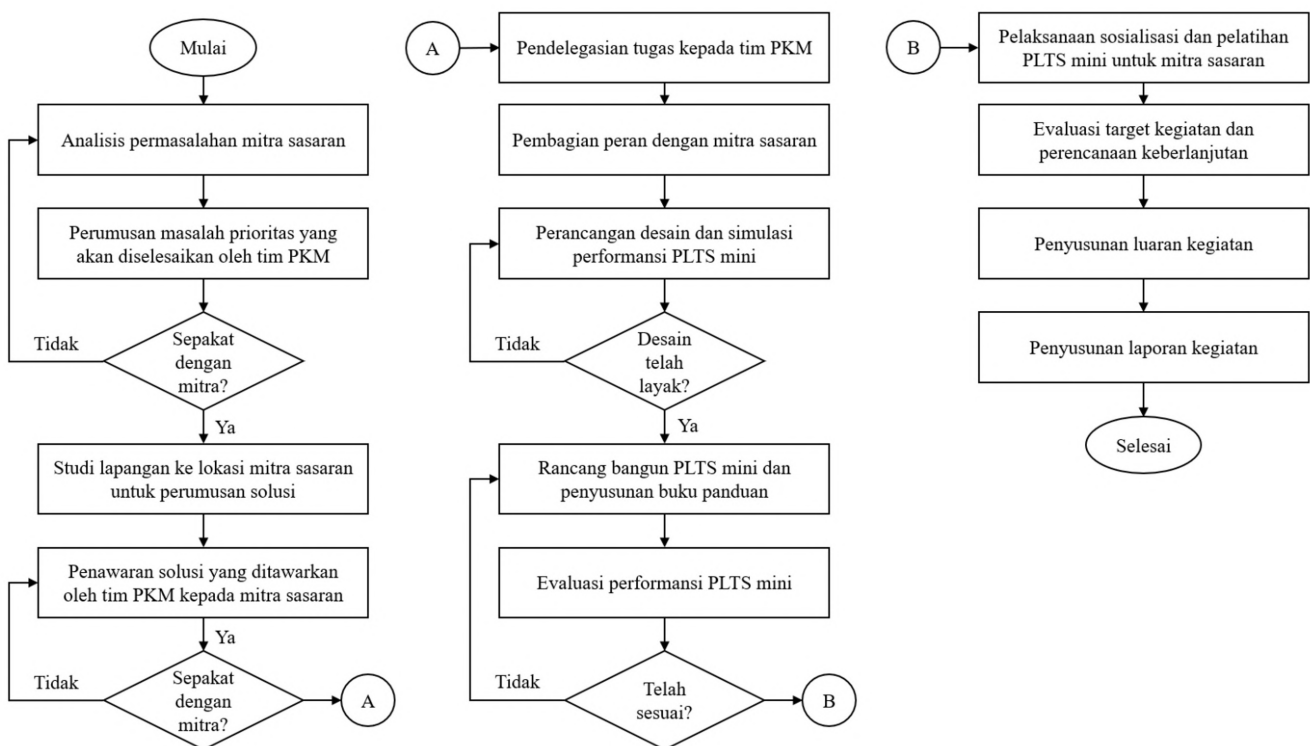
Bulan	Temperatur Udara (°C)	Kelembaban Relatif (%)	Curah Hujan (mm)	GHI (kWh/m ² /hari)	Tekanan Atmosfer (kPa)	Kecepatan Angin (m/s)	Temperatur Tanah (°C)
Januari	25,2	84,6	286,13	5,14	97	2,8	26,2
Februari	25,1	86	241,92	5,27	97	2,9	25,9
Maret	25,2	85,2	205,22	5,61	97	2,5	26,2
April	25,3	84,7	140,1	5,62	97,1	2,7	26,2
Mei	24,9	83,7	86,49	5,39	97,1	3,3	25,8
Juni	24,2	82,6	64,5	4,95	97,2	3,7	25,3
Juli	23,5	79,7	36,89	5,14	97,2	4,1	25
Agustus	23,8	75	29,76	5,73	97,3	4,4	25,8
September	24,9	71,1	25,8	6,27	97,3	3,7	27,5
Oktober	26,2	69,6	62,62	6,13	97,2	3,9	29
November	26,4	74,3	126,3	5,7	97,1	3	28,7
Desember	25,6	80,9	217,62	5,52	97	2,8	21
Rata-rata Tahunan	25	79,7	1523,35	5,54	97,1	3,3	26,6



Gambar 2 Data Iklim di Kabupaten Jombang.

3 | METODE KEGIATAN

Untuk mencapai tujuan, kegiatan ini mengikuti diagram alir yang disusun secara terstruktur dan sistematis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pelaksanaan kegiatan ini tidak hanya berfokus pada tim dari PT, tapi juga melibatkan partisipasi guru dan siswa di SMK Muturojo.



Gambar 3 Data Iklim di Kabupaten Jombang.

3.1 | Analisis dan Perumusan Masalah Prioritas Mitra

Tahap pertama dari kegiatan ini adalah analisis dan perumusan masalah yang dialami mitra. Pada tanggal 30 Januari 2025, tim PKM ITS dan SMK Muturojo berdiskusi di Kantor Dewan Profesor (DP) ITS. Berdasarkan diskusi yang dilakukan, didapatkan

informasi bahwa SMK Muturojo ingin mengembangkan kurikulum pembelajaran tentang pemanfaatan teknologi PLTS, namun belum terdapat fasilitas untuk mengajarkan teknologi PLTS kepada siswa. Di samping itu, guru di SMK Muturojo juga belum memiliki pemahaman dan pengalaman yang cukup terkait PLTS.

3.2 | Studi Lapangan ke Lokasi Mitra

Setelah dirumuskan masalah prioritas mitra, tim PKM ITS melakukan studi lapangan ke lokasi mitra untuk melihat potensi implementasi PLTS *mini*. Gambar 4 adalah kondisi SMK Muturojo saat tim PKM ITS melakukan studi lapangan. Dari studi lapangan ini, didapatkan bahwa lokasi SMK Muturojo adalah strategis sebagai tempat implementasi PLTS.



Gambar 4 Kondisi SMK Muturojo: a) Tampak depan gedung sekolah; b) Tampak dalam salah satu kelas; c) Salah satu kegiatan praktikum.

3.3 | Penawaran Solusi untuk Mitra

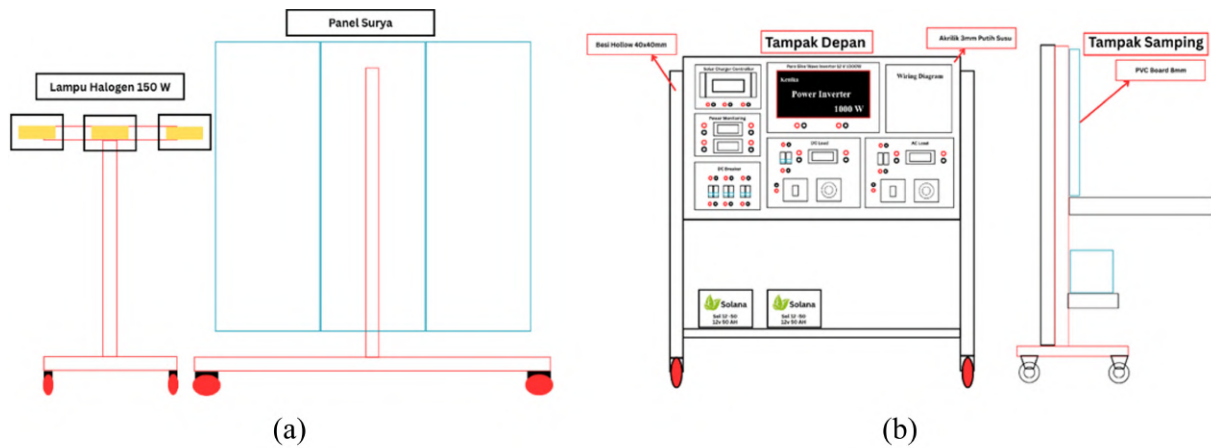
Selanjutnya, tim ITS menawarkan solusi untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh SMK Muturojo berupa rancang bangun sistem PLTS *mini* sebagai fasilitas pembelajaran. Pelatihan PLTS *mini* juga diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru SMK Muturojo.

3.4 | Pendelegasian dan Pembagian Peran Tim PKM ITS dan Mitra

Setelah solusi diterima oleh mitra, pendelegasian tugas oleh tim PKM ITS dilakukan secara terstruktur sesuai dengan bidang keahlian masing-masing anggota. Tujuan dari pendelegasian ini adalah memastikan setiap anggota tim memiliki peran yang jelas, sehingga pelaksanaan kegiatan PKM dapat berjalan dengan efektif dan terkoordinasi dengan baik. Adapun partisipasi mitra dalam program ini meliputi menyediakan tempat pelaksanaan pelatihan pemanfaatan dan pengoperasian sistem PLTS *mini*, berperan aktif dalam menindaklanjuti hasil pelatihan kepada seluruh siswa di SMK Muturojo dalam rangka menjaga keberlangsungan tujuan kegiatan PKM untuk meningkatkan kesadaran pemanfaatan teknologi PLTS serta berperan aktif dalam pemeliharaan sistem PLTS *mini*.

3.5 | Perancangan Desain dan Simulasi PLTS Mini

Pada tahap selanjutnya, sistem PLTS *mini* dirancang sebagai media pembelajaran. Perancangan PLTS *mini* ditunjukkan pada Gambar 5(a) dan 5(b). Gambar 5(a) menunjukkan desain *simulator* iradiasi matahari berbasis lampu halogen dan PLTS *mini* berkapasitas 300 Wp. Sedangkan Gambar 5(b) menunjukkan desain modul PLTS *mini* yang dilengkapi dengan *inverter* untuk pengubah arus DC ke arus AC, *Solar Charge Controller* (SCC) berbasis *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) sebagai pengendali pengisian daya listrik pada baterai, 2 buah baterai dengan kapasitas 50 Ah yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik, dan kerangka modul PLTS dilengkapi dengan roda serta pengaturan kemiringan sehingga dapat dipindahkan ke berbagai lokasi dan diatur sudut kemiringannya untuk memaksimalkan penyerapan energi. Desain dan komponen yang telah disetujui kemudian disimulasikan untuk mengevaluasi performa sistem.



Gambar 5 Desain PLTS Mini: a) Desain Panel Surya dan Lampu Halogen; b) Desain Kerangka dan Modul PLTS mini.

3.6 | Rancang Bangun dan Evaluasi Sistem PLTS Mini

Setelah tahap simulasi, kinerja sistem PLTS secara keseluruhan dianalisis pada tahap evaluasi. Pada tahap evaluasi ini menunjukkan bahwa desain PLTS *mini* yang dihasilkan memenuhi kriteria yang dibutuhkan, sehingga perancangan dan simulasi sistem dinilai layak untuk diterapkan dalam pengembangan lebih lanjut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Sistem PLTS; (a) Instalasi Modul PLTS; (b) Komponen Sistem PLTS.

3.7 | Sosialisasi dan Pelatihan PLTS Mini di SMK Muturojo

Sosialisasi dan pelatihan PLTS di SMK Muturojo dilaksanakan secara bertahap, yaitu (1) pengisian *pre-test* yang terdiri dari 10 soal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7(a), (2) penyampaian materi dimulai dari mengenalkan pemanfaatan PLTS, cara kerja PLTS serta pengenalan komponen utama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8(a), (3) diskusi siswa dengan mahasiswa ITS terkait yang belum diketahui, (4) demonstrasi penggunaan PLTS *mini* yang dilanjutkan dengan pelatihan praktikum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8(b), dan (5) pengisian *post-test* yang terdiri dari 10 soal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7(b). *Pre-test* dan *post-test* dikerjakan oleh 36 siswa, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

3.8 | Evaluasi Target dan Perencanaan Keberlanjutan dengan Mitra

Pada tahap selanjutnya, tim PKM ITS bersama mitra melakukan evaluasi untuk menilai efektivitas kegiatan yang telah dilaksanakan. Evaluasi ini mencakup penilaian pemahaman mitra tentang teknologi PLTS dari sebelum dan setelah sosialisasi serta praktikum, yang diukur melalui *pre-test* dan *post-test* yang masing-masing terdiri dari 10 soal. Ditinjau dari distribusi penilaian pemahaman dan pengalaman dalam mengoperasikan PLTS, pada saat *pre-test* rata-rata siswa dan guru memperoleh nilai 6,42.

Setelah pelaksanaan kegiatan, distribusi nilai *post-test* menunjukkan pergeseran ke arah yang lebih baik, di mana mayoritas peserta berhasil memperoleh nilai 7,33. Terjadi peningkatan pemahaman sebesar 14,68% dalam mengoperasikan PLTS.

Di luar hasil tes tersebut, tim PKM ITS mengamati respons subjektif peserta selama kegiatan berlangsung. Siswa menunjukkan ketertarikan terutama pada sesi praktikum saat mengoperasikan modul PLTS *mini*. Beberapa siswa mengungkapkan bahwa praktikum tersebut menjadi pengalaman pertama dalam merangkai dan mengoperasikan modul PLTS *mini* secara langsung. Selama pelaksanaan kegiatan, terdapat kendala teknis berupa keterbatasan waktu praktikum sehingga tidak seluruh peserta dapat mencoba seluruh skenario pengoperasian PLTS *mini* secara optimal. Selain itu, variasi intensitas simulasi iradiasi dari lampu halogen yang digunakan juga memengaruhi konsistensi hasil pengukuran, sehingga diperlukan penyesuaian ulang pada beberapa sesi praktikum. Untuk mendukung keberlanjutan, tim PKM ITS akan melakukan pendampingan secara berkala, dengan tujuan memastikan bahwa pengembangan dan pemanfaatan teknologi energi terbarukan terus berlanjut dan memberikan manfaat jangka panjang bagi sekolah serta masyarakat sekitar.

Nama :
Kelas :

KUESIONER PRE-TEST
PELATIHAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MINI
UNTUK SMK MUHAMMADIYAH 1 NGORO

Petunjuk:
Pilihlah jawaban yang paling benar dengan memberi tanda (X) pada huruf A, B, C, atau D.

- Alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik disebut ...
A. Baterai
B. Panel Surya
C. Inverter
D. Lampu Halogen
- Fungsi utama komponen inverter dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah ...
A. Menyimpan energi
B. Mengubah listrik DC menjadi AC
C. Mengatur arus baterai
D. Menampilkan data listrik
- Panel surya mengubah energi ... menjadi energi listrik.
A. Panas bumi
B. Cahaya matahari
C. Angin
D. Air
- Arus listrik yang mengalir satu arah disebut ...
A. Alternating Current (AC)
B. Direct Current (DC)
C. Paralel
D. Seri
- Komponen yang mengatur proses pengisian baterai disebut ...
A. Power Monitoring
B. Solar Charge Controller
C. DC Breaker
D. Dimmer
- Fungsi komponen baterai pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah ...
A. Menyimpan energi listrik
B. Mengubah cahaya menjadi listrik
C. Mengatur kecerahan lampu
D. Menyambungkan inverter
- Lampu halogen digunakan dalam percobaan PLTS untuk ...
A. Mengganti sinar matahari
B. Menyimpan energi
C. Mengubah arus listrik
D. Menurunkan tegangan
- Arus bolak-balik – *alternating current* (AC) biasanya digunakan pada ...
A. Mainan anak
B. Lampu rumah
C. Panel surya
D. Scatter
- Hubungan seri pada panel surya akan meningkatkan nilai ...
A. Arus
B. Tegangan
C. Daya
D. Kapasitas
- Energi surya disebut energi ramah lingkungan karena ...
A. Tidak menghasilkan polusi
B. Menggunakan bahan bakar minyak
C. Menghasilkan panas tinggi
D. Menggunakan gas buang

----- Selesai -----

(a)

Nama :
Kelas :

KUESIONER POST-TEST
PELATIHAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MINI
UNTUK SMK MUHAMMADIYAH 1 NGORO

Petunjuk:
Pilihlah jawaban yang paling benar dengan memberi tanda (X) pada huruf A, B, C, atau D.

- Panel surya berfungsi untuk ...
A. Menyimpan energi listrik
B. Mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik
C. Mengatur tegangan baterai
D. Mengubah arus bolak-balik
- Solar Charge Controller* digunakan untuk ...
A. Menambah daya panel
B. Mengatur pengisian baterai
C. Mengubah listrik DC ke AC
D. Menyimpan energi
- Komponen inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya berfungsi untuk mengubah ...
A. Arus Searah (DC) menjadi Arus Bolak-Balik (AC)
B. Arus Bolak-Balik (AC) menjadi Arus Searah (DC)
C. Arus Searah (DC) menjadi Arus Searah (DC)
D. Arus Bolak-Balik (AC) menjadi Arus Bolak-Balik (AC)
- Komponen *Power Monitoring* berfungsi untuk ...
A. Menampilkan tegangan, arus, dan daya
B. Mengatur kecerahan lampu
C. Menyimpan energi listrik
D. Mengatur arah arus
- Komponen Baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya digunakan untuk ...
A. Mengubah tegangan DC ke AC
B. Menyimpan listrik dari panel surya
C. Mengatur kecerahan lampu
D. Mengukur daya
- Pada rangkaian seri panel surya digunakan untuk mengubah nilai tegangan keluaran menjadi ...
A. Bertambah
B. Berkurang
C. Tetap
D. Hilang
- Pada rangkaian seri panel surya digunakan untuk mengubah nilai arus keluaran menjadi ...
A. Naik
B. Turun
C. Tetap
D. Nol
- Lampu LED DC dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya berfungsi sebagai ...
A. Beban DC
B. Sumber energi
C. Penyimpan daya
D. Pengatur arus
- Fungsi *DC Breaker* adalah ...
A. Memutus aliran listrik DC saat darurat
B. Menambah daya keluaran
C. Menurunkan tegangan
D. Menyimpan energi
- Sistem PLTS dapat menjadi solusi energi masa depan karena ...
A. Menggunakan energi terbarukan
B. Tidak membutuhkan perawatan
C. Menghasilkan energi fosil
D. Tidak memerlukan cahaya

----- Selesai -----

(b)

Gambar 7 *Pre-test dan post-test siswa SMK Muturojo ; (a) pre-test PLTS Mini; (b) post-test PLTS Mini.*



Gambar 8 Kegiatan sosialisasi tim PKM ITS; (a) Penyampaian Materi PLTS Mini; (b) Demonstrasi PLTS Mini dan Praktikum.



Gambar 9 Pengerjaan (a) *Pre-test* dan (b) *Post-test* oleh siswa SMK Muturojo.

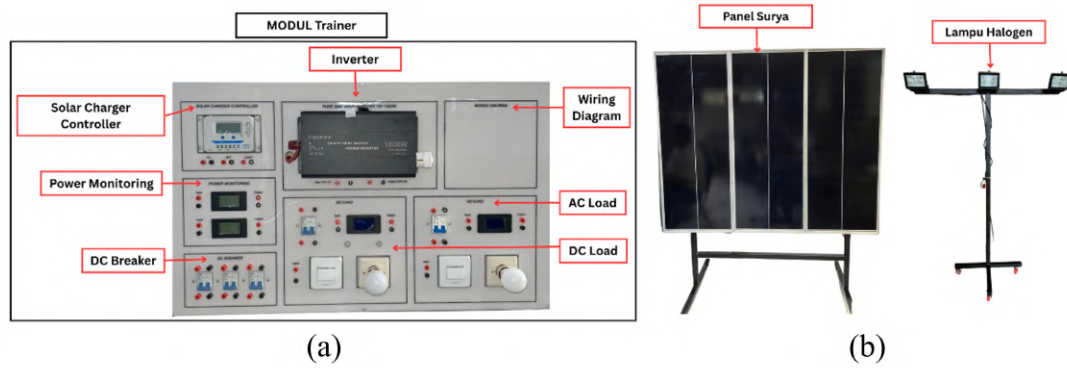
3.9 | Penyusunan Luaran dan Laporan Kegiatan

Setelah kegiatan selesai, tim PKM ITS menyusun artikel PKM untuk dipublikasikan di jurnal nasional terindeks Sinta. Kegiatan yang telah dilaksanakan di publikasikan melalui beberapa portal berita elektronik, seperti pada portal berita PWMU, Radio Republik Indonesia (RRI), Radar Jombang, Desakita, dan media sosial Instagram Info Jombang. Tim PKM ITS juga membuat video dokumentasi kegiatan yang telah diunggah ke kanal Youtube DRPM ITS untuk meningkatkan jangkauan informasi.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Hasil Rancang Bangun PLTS

Hasil rancang bangun sistem PLTS *mini* yang telah dibuat tim PKM ITS mencakup berbagai komponen dengan spesifikasi teknis yang telah disesuaikan untuk memastikan kinerja yang optimal. Sistem ini menggunakan beberapa komponen yaitu panel surya dengan daya maksimal 100 W per panel, *Inverter* dengan daya 1000 W dan menghasilkan tegangan keluaran 220 V AC, SCC dengan rentang temperatur kerja antara -25 °C hingga 55 °C, *Dimmer* digunakan untuk mengatur daya listrik, lampu halogen berdaya 150 W, dan baterai yang memiliki kapasitas 50 Ah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Selain itu, ada berbagai beban yang terpasang pada sistem ini, seperti lampu AC dan lampu DC masing-masing dengan daya 5 W.



Gambar 10 PLTS mini; (a) Modul *Trainer*; (b) Panel surya dan Lampu halogen.

Tabel 2 Spesifikasi teknis sistem PLTS *mini*

Nama Komponen	Spesifikasi Teknis
Panel Surya (3x100wp) Merk SOLANA Model SM-100WP+	Daya Maksimal (P_{max}) : 100 W Tegangan saat daya maksimal (V_{mp}) : 18V Arus saat daya maksimal (I_{mp}) : 5,5A Tegangan Rangkaian Terbuka (V_{oc}) : 24V Arus hubung singkat (I_{sc}) : 6,6A Toleransi : $\pm 3\%$ Dimensi : 800 x 670 x 30 MM
Inverter Merk KENIKA	Bentuk gelombang : Sinus murni (<i>pure sinewave</i>) Daya: 1000W Tegangan masukan DC : 24V Tegangan keluaran AC : 220V Frekuensi <i>output</i> : 50Hz
Solar Charger Controler Merk EPEVER VS2024AU	Tegangan Maksimal rangkaian terbuka PV : 50V Tegangan <i>Drop</i> rangkaian <i>charge</i> : $\leq 0,29V$ Tegangan <i>Drop</i> rangkaian <i>discharge</i> : $\leq 0,16V$ Jangkauan temperatur LCS : -20°C - 70°C Temperature lingkungan kerja : -25°C - 55°C
Baterai Merk SOLANA-(VRKA SOL12-50)	Tegangan nominal : 12 Volt Kapasitas nominal : 50 Ah <i>Design Life</i> : 10 tahun; <i>Approx. Weight</i> : 15 Kg <i>Rated Capacity</i> : 50.0 Ah 10 Hour Rate (5.00A to 10.8V) 40.2 Ah 3 Hour Rate (13.4A to 10.8V) 50.0 Ah 10 Hour Rate (32.7A to 10.5V) <i>Internal Resistance</i> : Full charged at 25°C: 10.0 mΩ <i>Max. Discharge Current</i> : 600A (5S) <i>Charge Method</i> (25°C) <i>Cycle Charge</i> : 14.4-15.0V, <i>recom</i> 14.4V <i>Self-Discharge</i> : 3% dari kapasitas penurunan per bulan pada 25°C

Berlanjut ke halaman berikutnya...

Tabel 2 – Lanjutan dari halaman sebelumnya

Nama Komponen	Spesifikasi Teknis
Beban Lampu AC	Tegangan : 220 Volt Daya Lampu : 5 Watt
Beban Lampu DC	Tegangan : 12 Volt Daya Lampu : 5 Watt
Lampu Halogen (3 x 150 Watt)	Tegangan : 220 Volt Daya : 150 Watt
DIMMER	Tegangan : 220 Watt Daya keluaran Maksimal : 2000 Watt

4.2 | Hasil PKM di SMK Muturojo

Tingkat keberhasilan PKM dilihat dari pengukuran *pre-test* dan *post-test*. Hasil *pre-test* menunjukkan rata-rata nilai 6,42, sementara hasil *post-test* menunjukkan rata-rata nilai 7,33. Peningkatan rata-rata 14,17% nilai ini mencerminkan peningkatan pemahaman siswa SMK Muturojo terhadap teknologi PLTS setelah mengikuti kegiatan sosialisasi dan pelatihan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa metode penyampaian materi yang digunakan efektif dalam meningkatkan pengetahuan dan pemahaman peserta, serta menunjukkan potensi keberlanjutan program sebagai sarana peningkatan literasi energi terbarukan di lingkungan pendidikan.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Permasalahan mitra terkait media pembelajaran untuk mendukung kurikulum pemanfaatan EBT yang belum tersedia di SMK Muturojo telah diselesaikan dengan pengadaan PLTS *mini*. Perangkat pembelajaran dari luaran kegiatan PKM ini dapat memberikan kesempatan bagi siswa dan guru untuk belajar secara praktis tentang teknologi PLTS. Kemudian, terjadi peningkatan pengetahuan guru dan siswa yang diperoleh dari penyosialisasian PLTS *mini*, kenaikan 14,17% dari nilai rata-rata *pre-test* yaitu 6,42 menjadi nilai *post-test* yaitu 7,33. Peningkatan ini menunjukkan pemahaman yang lebih baik tentang teknologi PLTS setelah mengikuti sosialisasi dan pelatihan.

Pihak mitra berkomitmen untuk memanfaatkan PLTS *mini* dengan baik dan berusaha mengembangkan sistem PLTS ke skala yang lebih besar. Rencana kegiatan pendampingan juga akan terus dilakukan secara berkala, untuk memastikan bahwa pengembangan dan pemanfaatan teknologi energi terbarukan dapat berlanjut dan memberikan manfaat jangka panjang bagi sekolah serta masyarakat sekitar. Program ini diharapkan tidak hanya meningkatkan pengetahuan dan keterampilan, tetapi juga mendorong perubahan yang berkelanjutan menuju penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan PKM ini didanai oleh Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek), Direktorat Riset Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DRPM), ITS, dengan nomor kontrak: 1337/PKS/ITS/2025.

Referensi

1. Dewan Energi Nasional, Indonesia Energy Outlook 2019; 2019. Accessed: 2025-10-06. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-outlook-energi-indonesia-2019-bahasaindonesia.pdf>.
2. International Energy Agency, World Energy Outlook 2019; 2019. Accessed: 2025-10-20. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>.

3. United Nations, Sustainable Energy for All; 2025. Accessed: 2025-10-20. <https://www.seforall.org/>.
4. Institute for Essential Services Reform (IESR), Indonesia Solar Energy Outlook 2023; 2023. Accessed: 2025-10-20. <https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2022/10/IESR-Indonesia-Solar-Energy-Outlook-ISEO-2023-EN-Digital-Version.pdf>.
5. Global Solar Atlas, Global horizontal irradiation of Indonesia; 2025. Accessed: 2025-10-20. <https://globalsolaratlas.info/download/indonesia>.
6. PT PLN (Persero). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030. Jakarta, Indonesia: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; 2021.
7. Silalahi DF, Blakers A, Stocks M, Lu B, Cheng C, Hayes L. Indonesia's vast solar energy potential. *Energies* (Basel) 2021;14(17).
8. The World Bank, Photovoltaic Electricity Potential - Global Solar Atlas 2.0; 2025. Accessed: 2025-10-20. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/indonesia>.
9. Robandi I, Candra Riawan D, Wirjodirdjo B, Guntur HL, Putri VL, Djalal MR, et al. Implementasi dan Sosialisasi Mini Laboratorium Sistem Pembangkit Tenaga Surya di SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi. *Sewagati* 2023;8(1):1126–1134.
10. Falaqi MA, Sulistiyo E, Sumbawati MS, Kholis N. Pengembangan Trainer Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas XI TITL SMKN 2 Pamekasan. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro* 2024;14(02):87–95.
11. Febriyan R, Fatkhurrohman M, Irwanto I. Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT Pada Mata Pelajaran Instalasi Penerangan Listrik Di Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan* 2025;13(2).
12. Harahap P, Adam M, Balisranislam B. Implementasi Trainer Kit Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Pengembangan Media Pembelajaran Instalasi Listrik. *ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)* 2021;2(2):198–205.
13. Triyanto A, Firasanto G, Marfin M, Mualim E, Ardianto DA, Utomo L. Implementasi dan Sosialisasi Prototipe Panel Surya 30 WP sebagai Pembelajaran di Lab SMK Khazanah Kebajikan Pondok Cabe Pamulang, Tangerang Selatan. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia* 2022;2(6):1849–1856.
14. Triyanto A, Rozak OA, Juhana J. Implementasi Trainer Panel Surya 50 Wp Sebagai Media Pembelajaran di Laboratorium SMK Negeri 4 Kota Tangerang. *Community Dev J* 2023;4(2):4341–4348.
15. Myori DE, Asnil, Nurrahmawati P, Faradina N, Eliza F, Mulya HS. Optimalisasi pembelajaran energi terbarukan melalui implementasi trainer PLTS di SMK N 1 koto XI tarusan. *ABDIMAS: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 2025;18(3):211–218. <https://plus62.isha.or.id/index.php/abdimas/article/view/299>.
16. Wijaya RD, Wahyudi A, Aditya FV, Ardafans FYV, Pratama Y. Rancang Bangun Charger Berbasis PLTS. *IDENTIK: Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan Dan Teknik* 2025;2(4):71–76.
17. Tawalbeh M, Al-Othman A, Kafiah F, Abdelsalam E, Almomani F, Alkasrawi M. Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and future outlook. *Science of the Total Environment* 2021;759. PubMed PMID: 33234276.
18. Almas Prakasa M, Subiyanto S. Optimal cost and feasible design for grid-connected microgrid on campus area using the robust-intelligence method. *Clean Energy* 2022;6(1):823–840.
19. Ismail AM, Ramirez-Iniguez R, Asif M, Munir AB, Muhammad-Sukki F. Progress of solar photovoltaic in ASEAN countries: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015;48:399–412.
20. IESR. Indonesia Solar Energy Outlook 2023. Institute for Essential Services Reform 2022;p. 43.
21. Natural Resources Canada. RETScreen Expert Clean Energy Management Software. Government of Canada, Ottawa, Canada; 2025, <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/tools-applications/>

retscreen-clean-energy-management-software/7465.

Cara mengutip artikel ini: Robandi, I., Wibowo, R. S., Aryani, N. K., Prakasa, M. A., Djalal, M. R., Kurniawan, I. H., Fauzi, M. A., Muzaki, K. I., Muchyiddin, M. I., Lazaro, M. J., Mashiku, S. F., Sutrisno, D., Widiyawati, E., Fabian, O., Rochman, F. T., Himawari, W., Rosyid, A. R., (2026), Rancang Bangun dan Pelatihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mini di SMK Muhammadiyah 1 Ngoro untuk Meningkatkan Kesadaran Energi Bersih dan Berkelanjutan, *Sewagati*, 10(2):324–336, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i2.8958>.