SEWAGATI, Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 10(5), 2026 (e-ISSN:2613-9960)

DOI: https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i5.10308 | Naskah Masuk 03-07-2026; | Naskah Diulas 16-09-2026; | Naskah Diterima 03-10-2026; | Dipublikasikan Online 31-10-2026

Rancang Bangun Alat Peraga PLTS dan PLTB sebagai Media Edukasi Energi Bersih di Sekolah Kebangsaan Taman Medan, Malaysia

Design and Implementation of Solar and Wind Power Plant Trainer Kits as Learning Media for Clean Energy Education at Sekolah Kebangsaan Taman Medan, Malaysia

Imam Robandi[1,*] | Hazlie Mokhlis[2] | Nurulafiqah Nadzirah Mansor[2] | Mohamad Almas Prakasa[1] | Wong Jee Keen Raymond[2] | Azimah Omar[2] | Itmi Hidayat Kurniawan[1] | Muhammad Alvan Fauzi[1] | Deyndrawan Sutrisno[1] | Endang Widiyawati[1] | Waseda Himawari[1] | Nando Dyas Arya[1] | Omar Fabian[1] | Faisal Taufiq Rochman[1] | Progress Makura[1] | Cephas Jasi[1]

[1]Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
[2]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.

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

Tingkat pemanfaatan energi bersih dapat ditingkatkan dengan menanamkan kesadaran akan manfaat sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sejak usia dini. Peningkatan pemahaman tentang teknologi EBT dapat dilakukan melalui kegiatan yang memanfaatkan media pembelajaran yang lebih praktis. Kegiatan ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menerapkan alat peraga Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) sebagai media edukasi tentang energi bersih dan berkelanjutan di Sekolah Kebangsaan Taman Medan, Petaling Jaya, Malaysia. Metode pelaksanaan kegiatan ini menggunakan model *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation* (ADDIE) yang terdiri dari tahap analisis kebutuhan pengguna, desain teknis, perakitan, implementasi, dan evaluasi penggunaan alat peraga EBT. Media pembelajaran dirancang dalam dua modul utama yang terdiri dari modul PLTS yang memeragakan konversi energi iradiasi matahari menjadi energi listrik dan modul PLTB yang memeragakan konversi energi angin menjadi energi listrik. Berdasarkan evaluasi hasil kegiatan yang melibatkan 43 siswa kelas 5 dengan menggunakan metode *post-test* yang terdiri atas 10 soal pilihan ganda, diperoleh rerata nilai sebesar 98,14. Hasil tersebut menunjukkan tingkat penguasaan materi yang tinggi setelah siswa mengikuti kegiatan implementasi dan demonstrasi alat peraga EBT sebagai media pembelajaran di sekolah.

Kata Kunci:

Energi baru dan terbarukan, Energi ramah lingkungan, Media pembelajaran, PLTB, PLTS.

ABSTRACT

The level of clean energy utilization can be increased by introducing awareness of the benefits of Renewable Energy Sources (RESs) from an early age. Knowledge of RES technology can be increased through activities that use practical learning media. This activity aims to design, build, and implement Solar Power Plant and Wind Power Plant teaching aids as educational media about clean and sustainable energy at Sekolah Kebangsaan Taman Medan, Petaling Jaya, Malaysia. This activity uses the Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation (ADDIE) model, which includes user needs analysis, technical design, assembly, implementation, and evaluation of the RES teaching aids. The learning media is designed in two main modules consisting of the photovoltaic (PV) module that demonstrates the conversion of solar irradiation energy into electrical energy and the Wind Turbine (WT) module that demonstrates the conversion of wind energy into electrical energy. Based on the evaluation of the results of the activity involving 43 students from grade 5, using a post-test method consisting of 10 multiple-choice questions, the average score was 98.14. These results indicate that students demonstrated an understanding of renewable energy concepts in the post-test following demonstrations of the solar and wind energy teaching aids.

Keywords:

Clean energy, Learning media, Renewable energy sources, Solar power plants, Wind power plants..

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Perkembangan teknologi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) menjadi bagian penting dari transformasi sistem energi di tingkat global. Peningkatan kebutuhan listrik, keterbatasan energi fosil, serta dampak emisi gas rumah kaca mendorong berbagai negara untuk mempercepat pemanfaatan sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Pembangkit listrik berbasis batu bara dan gas alam masih berkontribusi besar terhadap emisi karbon, sehingga penggunaan EBT menjadi strategi penting untuk mendukung ketahanan energi dan mitigasi perubahan iklim[1]. Kapasitas pembangkit listrik berbasis EBT terus meningkat dan mulai menggantikan sebagian pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil, terutama melalui teknologi energi surya dan angin[2]. Kecenderungan ini juga mendorong banyak negara untuk menetapkan target peningkatan EBT dalam bauran energi nasional[3].

Di kawasan Asia Tenggara, pengembangan teknologi EBT semakin diperkuat melalui kebijakan energi bersih dan peningkatan investasi pada sektor energi terbarukan[4]. Malaysia memiliki potensi energi surya yang ideal karena berada di wilayah tropis dengan paparan sinar matahari yang relatif stabil sepanjang tahun. Rata-rata intensitas iradiasi matahari bulanan di Malaysia yaitu 400 hingga 600 MJ/m^2, dengan potensi daya maksimum mencapai 6.500 MW. Pemanfaatan energi surya di Malaysia masih sekitar 8%[2].

Rendahnya pemanfaatan ini dipengaruhi oleh kesiapan teknologi yang masih terbatas, ketergantungan pada komponen impor, serta biaya pembangunan dan pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang relatif tinggi[3]. Sedangkan untuk potensi kecepatan angin yang ada di wilayah Malaysia adalah 1,5 - 4,5 m/s[2]. Potensi ini menunjukkan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dapat diterapkan di wilayah Malaysia. Oleh karena itu, penguatan ekosistem teknologi EBT perlu didukung oleh ketersediaan Sumber Daya Manusia (SDM) yang memahami prinsip, manfaat, dan penerapan teknologi energi bersih[5–9].

Penguatan literasi energi terbarukan juga sejalan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030, khususnya pada aspek energi bersih dan berkelanjutan[10]. SDGs menekankan pentingnya akses terhadap energi yang andal, modern, terjangkau, dan berkelanjutan bagi seluruh masyarakat. Energi terbarukan tidak hanya menjadi isu teknis, tetapi juga bagian dari pendidikan, perubahan perilaku, dan pembangunan kesadaran lingkungan. Masyarakat perlu memahami bahwa penggunaan energi berdampak pada lingkungan dan pemanfaatan energi bersih merupakan bagian dari tanggung jawab bersama.

PLTS dan PLTB merupakan dua teknologi EBT yang relevan untuk diperkenalkan kepada masyarakat sejak usia sekolah. Pendidikan di sekolah memiliki peran strategis dalam membangun literasi energi bersih sejak dini. Siswa perlu diperkenalkan pada konsep bahwa energi listrik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari berasal dari proses konversi energi dan setiap sumber energi memiliki dampak yang berbeda-beda terhadap lingkungan. Konsep PLTS dan PLTB dapat sulit dipahami jika hanya dijelaskan secara teoretis[11, 12]. Pembelajaran yang hanya bersifat teoretis belum tentu memadai untuk menjelaskan aliran energi dan fungsi komponen dalam pembangkit listrik. Pembelajaran secara praktis dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati kinerja alat, membandingkan konfigurasi sistem pembangkit listrik, serta mendiskusikan penyebab perubahan besaran listrik. Temuan tersebut konsisten dengan studi tentang perangkat pembelajaran EBT, pembelajaran energi listrik pada jenjang sekolah, serta pendekatan eksperimental yang menekankan keterlibatan langsung siswa. PLTS mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui panel surya, sedangkan PLTB mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik melalui putaran turbin dan generator. Kedua teknologi ini mudah divisualisasikan dalam bentuk alat peraga, sehingga dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang praktis. Melalui demonstrasi sederhana, siswa dapat mengamati hubungan antara sumber energi, komponen pembangkit listrik, dan keluaran energi listrik.

Alat peraga EBT yang digunakan pada kegiatan terdahulu berfokus pada teknologi PLTS dan ditujukan untuk siswa sekolah menengah dan sekolah vokasi. Sebagian perangkat menggunakan perangkat yang terhubung dengan jaringan listrik (*on-grid*), *Internet of Things* (IoT), atau melakukan eksperimen karakteristik PLTS yang memerlukan tingkat pemahaman teknis yang lebih tinggi[4, 8, 9]. Implementasi di sekolah dasar juga telah dilakukan, tetapi masih berfokus pada PLTS[7]. Kondisi tersebut menunjukkan kebutuhan akan media portabel, aman, dan sederhana yang menggabungkan PLTS dan PLTB untuk siswa sekolah dasar, sehingga kedua mekanisme konversi energi dapat dibandingkan dalam satu rangkaian kegiatan.

Perguruan tinggi sebagai pusat riset dan pengembangan teknologi memiliki peran penting dalam mendukung pendidikan energi terbarukan di sekolah. Kolaborasi antara universitas dan sekolah dapat mempercepat transfer pengetahuan, memperkenalkan teknologi energi bersih secara sederhana, serta menumbuhkan minat siswa terhadap bidang sains dan teknologi[13–15]. Berdasarkan latar belakang tersebut, kegiatan rancang bangun alat peraga PLTS dan PLTB di Sekolah Kebangsaan (SK) Taman Medan, Malaysia, dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan pengetahuan tentang teknologi EBT. Kegiatan ini diharapkan dapat membantu siswa memahami prinsip dasar pembangkitan listrik berbasis surya dan angin serta menumbuhkan kesadaran akan pentingnya energi bersih.

1.2 | Solusi Permasalahan dan Strategi Kegiatan

Koordinasi antara tim Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Universiti Malaya (UM), dan SK Taman Medan mengidentifikasi 3 kebutuhan utama, yaitu pembuatan media pembelajaran EBT, visualisasi proses konversi energi, serta perangkat pendukung untuk penggunaan berkelanjutan. Pada Tabel 1 disajikan pemetaan permasalahan, solusi, dan luaran kegiatan. Strategi kegiatan menggunakan tahapan *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation* (ADDIE) agar kebutuhan mitra, rancangan teknis, pembuatan alat, tahap implementasi, dan tahap evaluasi dapat dilaksanakan secara optimal.

Tabel 1 Pemetaan permasalahan, solusi, dan luaran kegiatan

Permasalahan mitra	Solusi kegiatan	Luaran
Alat peraga terpadu untuk mengenalkan PLTS dan PLTB kepada siswa belum tersedia.	Merancang 2 perangkat pembelajaran EBT portabel dengan komponen dan terminal yang diberi label serta dapat didemonstrasikan secara terarah.	Alat peraga PLTS dan PLTB.
Konsep sumber energi, konversi energi, penyimpanan energi, dan beban listrik hanya dijelaskan secara teoretis.	Menerapkan demonstrasi alur energi, pengukuran tegangan-arus, serta beban *Alternating Current* (AC) – *Direct Current* (DC) pada PLTS dan PLTB.	Empat skenario percobaan yang dapat diamati langsung oleh siswa.
Pemanfaatan alat perlu dilanjutkan oleh pihak sekolah.	Menyediakan buku panduan, lembar kerja siswa, serta rekomendasi pendampingan bagi guru.	Perangkat pendukung untuk penggunaan ulang dan pengembangan pembelajaran.

1.3 | Luaran Kegiatan

Target luaran hasil kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. PLTS mini dan PLTB mini beserta buku panduan dan lembar kerja sebagai media pembelajaran PLTS dan PLTB.
2. Artikel pengabdian di jurnal nasional terindeks SINTA.
3. Publikasi di media elektronik, sebagai berikut:
   - Portal berita ITS, tautan: https://www.its.ac.id/news/its-perkuat-kemitraan-global-lewat-gco-di-malaysia/
   - Portal berita PWMU, tautan: https://pwmu.co/gco-its-dan-esce-um-dalam-bingkai-riset-dan-pengabdian/
   - Portal berita Apa Khabar TV Malaysia, tautan: https://apakhabartv.com/2026/07/16/murid-sk-taman-medan-belajar-tenaga-hijau-melalui-pengalaman/
4. Video hasil kegiatan yang diunggah ke kanal youtube DRPM ITS, sebagai berikut:
   - Video Demonstration Kit Solar Panel Global Community Outreach (GCO) ITS, dengan tautan: https://youtu.be/Vo5tymYlwPU
   - Video Kegiatan GCO Kolaborasi ITS dengan UM, dengan tautan: https://www.youtube.com/watch?v=wkZ314nj_bI

5. Poster kegiatan.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan energi yang bersih dan berkelanjutan. Komponen PLTS terdiri dari *Solar Charge Controller* (SCC), modul panel surya, konverter daya, dan baterai. Daya luaran PV (P_{pv}) pada sistem PLTS dihitung menggunakan Persamaan 1 [9].

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

dengan N_{pv} adalah daya rata-rata PV (kW), R adalah *solar Global Horizontal Irradiation* (GHI) (W/m^2), R_{STC} adalah solar GHI pada kondisi uji standar, yaitu 1000 W/m^2, 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 | Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

PLTB memanfaatkan energi angin untuk menghasilkan energi yang bersih dan berkelanjutan. Komponen PLTB terdiri dari turbin angin mini, generator DC, baterai tipe 18650, voltmeter DC dan amperemeter DC, saklar, dioda LED, motor DC, resistor variabel, dan kapasitor elektrolit. Daya luaran turbin angin (P_{wt}) pada sistem PLTB dihitung menggunakan Persamaan 2 [16].

$$P_{WT} = \frac{1}{2}\rho A v^3 C_p \tag{2}$$

dengan ρ adalah kerapatan udara (kg/m^3), A adalah luas sapuan rotor (m^2), v adalah kecepatan angin (m/s), dan C_p merupakan koefisien daya turbin. Nilai C_p menunjukkan kemampuan turbin dalam memanfaatkan energi kinetik angin.

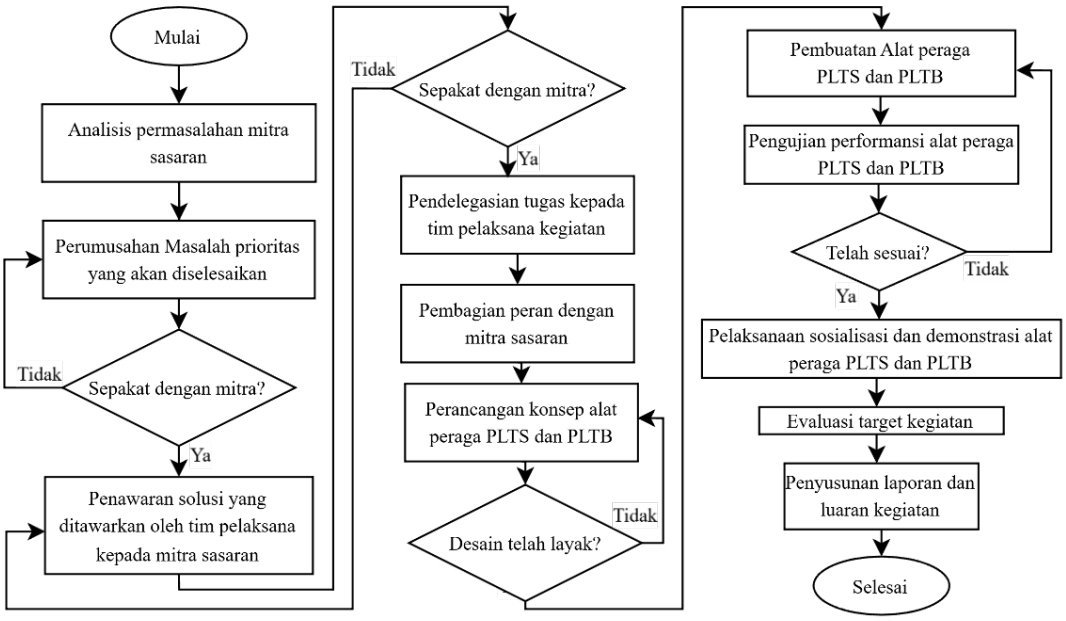
3 | METODE KEGIATAN

Kegiatan ini menggunakan pendekatan model berbasis lima tahapan utama, yaitu model ADDIE sesuai dengan Gambar 1 [16]. Model ini dipilih karena sesuai dengan kegiatan rancang bangun media pembelajaran berbasis teknologi yang terdiri atas proses identifikasi dan analisis kebutuhan pengguna, perancangan alat peraga, pembuatan alat peraga, implementasi alat peraga di lapangan, serta evaluasi kebermanfaatan alat peraga. Objek kegiatan adalah rancang bangun alat peraga PLTS dan PLTB sebagai media edukasi energi bersih dan berkelanjutan di SK Taman Medan, Malaysia.

3.1 | Tahap Analisis dan Perumusan Pengembangan Alat Peraga

Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna dan merumuskan dasar pengembangan alat peraga. Analisis diarahkan pada 4 aspek utama, yaitu kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta, ketersediaan fasilitas, dan kesesuaian materi dengan tujuan kegiatan. Pada tahap ini, tim pelaksana mengkaji kebutuhan edukasi EBT di Sekolah Kebangsaan Taman Medan, khususnya terkait pengenalan PLTS dan PLTB bagi siswa.

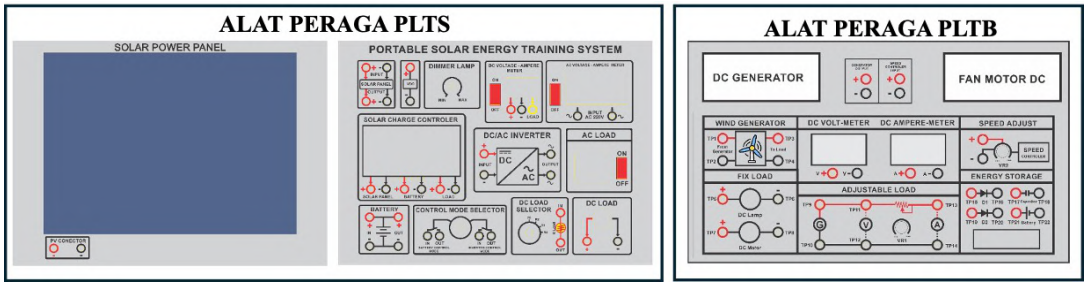
Analisis kebutuhan pembelajaran dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa konsep konversi energi surya dan angin menjadi energi listrik masih bersifat abstrak bagi siswa jika hanya dijelaskan secara teoretis. Oleh sebab itu, dibutuhkan alat peraga yang dapat memperlihatkan proses pembangkitan listrik secara visual dan sederhana. Analisis karakteristik peserta dilakukan untuk memastikan bahwa materi, bahasa penyampaian, dan bentuk demonstrasi sesuai dengan tingkat pemahaman siswa. Selain itu, analisis keselamatan juga dilakukan karena alat peraga akan digunakan di lingkungan sekolah. Hasil tahap ini menjadi dasar untuk menentukan desain alat yang portabel, aman, dan mudah dioperasikan.



Gambar 1 Diagram alir untuk kegiatan rancang bangun alat peraga PLTS dan PLTB di SK Taman Medan, Malaysia

3.2 | Tahap Desain (Design) Alat Peraga PLTS dan PLTB

Tahapan desain dilakukan untuk merancang konsep alat peraga, skema rangkaian, tata letak komponen, serta skenario kegiatan edukasi. Alat peraga dirancang menjadi dua modul utama, yaitu modul PLTS dan modul PLTB. Modul PLTS dirancang untuk mendeskripsikan proses konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui panel surya. Modul PLTB dirancang untuk menjelaskan proses konversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik melalui turbin, kemudian menjadi energi listrik melalui generator. Pada desain alat peraga PLTS yang diperlihatkan pada Gambar 2(a), komponen utama meliputi panel surya, SCC, alat ukur tegangan dan arus, saklar pemutus aliran baterai dan inverter, serta beban listrik AC dan DC. Panel surya berfungsi mengonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik, SCC berfungsi sebagai pengatur proses pengisian baterai berdasarkan kondisi masukan panel surya dan beban listrik, inverter berfungsi sebagai konverter dasar dari DC menjadi AC, dan baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik.



Gambar 2 esain alat peraga (a) PLTS; (b) PLTB

Berdasarkan desain alat peraga PLTB yang diperlihatkan pada Gambar 2(b), komponen utama alat peraga meliputi turbin angin mini, generator DC, alat ukur, saklar, serta beban berdaya tetap dan variabel. Turbin angin berfungsi menangkap energi kinetik angin, generator mengubah putaran menjadi energi listrik, sedangkan indikator beban digunakan untuk menunjukkan pemanfaatan energi listrik. Selain desain perangkat keras, tahap ini juga mencakup penyusunan skenario pembelajaran yang terdiri dari tahap pengenalan konsep energi terbarukan, penjelasan komponen alat, demonstrasi PLTS dan PLTB, diskusi interaktif,

serta refleksi tentang manfaat energi bersih. Prosedur ini disusun agar siswa dapat memahami hubungan antara sumber energi, proses konversi, komponen pembangkit, dan pemanfaatan listrik.

3.3 | Tahap Pembuatan (Development)

Tahap pembuatan merupakan proses realisasi desain menjadi alat peraga yang siap digunakan. Kegiatan pada tahap ini meliputi pengadaan komponen, perakitan rangkaian, pemasangan komponen pada papan atau dudukan alat, penyambungan kabel, pemasangan alat ukur, serta penyusunan bahan ajar pendukung. Proses perakitan dilakukan dengan memperhatikan kerapian tata letak, keamanan sambungan, kejelasan jalur rangkaian, serta kemudahan pengoperasian.

Pada modul PLTS, panel surya dihubungkan ke SCC, kemudian ke baterai dan beban. Alat ukur dipasang untuk menunjukkan tegangan dan arus pada titik tertentu sehingga siswa dapat mengamati perubahan besaran listrik saat panel menerima cahaya. Beban lampu digunakan sebagai indikator sederhana bahwa energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan. Pada modul PLTB, turbin angin dihubungkan dengan generator DC yang menghasilkan tegangan listrik. Luaran generator memerlukan pengondisian tegangan, rangkaian penyearah dan pengaman rangkaian yang ditambahkan agar lebih stabil dan aman. Setelah alat selesai dirakit, dilakukan uji fungsi teknis dengan memberikan sumber cahaya pada panel surya dan mengamati respons alat ukur serta beban. Uji fungsi modul PLTB dilakukan dengan memberikan aliran udara pada turbin dan mengamati putaran turbin, keluaran generator, serta respons terhadap beban. Uji fungsi juga mencakup pemeriksaan keamanan kabel, saklar, terminal, serta kemudahan penggunaan alat selama kegiatan pembelajaran.

3.4 | Tahap Implementasi (Implementation)

Tahap implementasi dilakukan melalui kegiatan edukasi EBT di SK Taman Medan, Malaysia. Pelaksanaan kegiatan diawali dengan penyampaian materi singkat mengenai energi terbarukan, urgensi transisi energi, serta contoh pemanfaatan energi bersih dalam kehidupan sehari-hari. Setelah itu, siswa diperkenalkan dengan komponen utama alat peraga PLTS dan PLTB. Demonstrasi modul PLTS dilakukan dengan memperlihatkan bagaimana panel surya menghasilkan listrik saat terpapar cahaya. Siswa diarahkan untuk mengamati perubahan pada indikator atau alat ukur, kemudian mendiskusikan hubungan antara cahaya, panel surya, energi listrik, baterai, dan beban. Demonstrasi ini bertujuan untuk menjelaskan bahwa listrik dapat dihasilkan dari sumber energi Matahari melalui proses konversi energi pada panel fotovoltaik.

Demonstrasi modul PLTB dilakukan dengan memperlihatkan putaran turbin akibat aliran udara. Siswa mengamati bahwa putaran turbin menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Melalui demonstrasi ini, siswa memahami bahwa energi angin harus dikonversi terlebih dahulu menjadi energi mekanik sebelum menjadi energi listrik. Kegiatan dilanjutkan dengan diskusi interaktif mengenai perbedaan karakteristik PLTS dan PLTB, manfaat energi bersih, serta perilaku hemat energi di rumah dan di sekolah.

3.5 | Tahap Evaluasi (Evaluation)

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai ketercapaian hasil kegiatan serta kelayakan alat peraga sebagai media edukasi. Evaluasi dilakukan terhadap dua aspek, yaitu aspek teknis alat dan aspek edukatif. Evaluasi teknis mencakup kemampuan alat untuk bekerja sesuai fungsi, keamanan penggunaan, kerapian instalasi, kemudahan pengoperasian, serta kejelasan tampilan komponen. Evaluasi edukatif mencakup respons siswa, keterlibatan dalam diskusi, kemampuan mengenali sumber energi terbarukan, serta kemampuan menjelaskan kembali prinsip dasar kerja PLTS dan PLTB secara sederhana.

Evaluasi edukatif dilaksanakan menggunakan desain *one-group post-test-only* setelah pelaksanaan kegiatan demonstrasi. Instrumen post-test berbahasa Melayu terdiri atas 10 soal pilihan ganda dengan empat pilihan jawaban yang meliputi fungsi dan ketergantungan panel surya terhadap cahaya (nomor 1-4), prinsip dan manfaat tenaga angin (nomor 5-8), fungsi baterai (nomor 9), serta perilaku hemat energi (nomor 10). Jawaban yang benar diberi skor 1, sedangkan jawaban yang salah atau kosong diberi skor 0. Nilai peserta dihitung dengan persamaan Nilai = (jumlah jawaban benar/10) $\times$ 100. Kegiatan dinyatakan memenuhi indikator kuantitatif apabila sekurang-kurangnya 80% peserta memperoleh nilai minimal 80. Analisis evaluasi edukatif dilakukan secara deskriptif menggunakan data jumlah siswa, rerata, median, nilai minimum-maksimum, simpangan baku, distribusi skor, proporsi ketuntasan, dan ketepatan jawaban pada setiap butir post-test.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Bagian ini menyajikan hasil pelaksanaan kegiatan yang meliputi rancang bangun alat peraga PLTS dan PLTB, implementasinya dalam kegiatan pembelajaran, serta evaluasi pemahaman peserta. Pembahasan difokuskan pada kesesuaian rancangan, fungsi setiap alat peraga, pelaksanaan kegiatan, serta hasil evaluasi pascakegiatan.

4.1 | Hasil Rancang Bangun PLTS

Hasil rancang bangun sistem PLTS yang telah dibuat mencakup berbagai komponen dengan spesifikasi teknis yang telah disesuaikan untuk memastikan kinerja yang optimal. Gambar 3 menunjukkan bahwa alat peraga memiliki komponen utama yang terdiri dari panel surya, SCC, baterai, alat ukur tegangan dan arus, saklar pemutus aliran arus baterai, inverter, indikator, serta beban lampu DC dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 2. Panel surya berfungsi sebagai komponen yang mengubah energi iradiasi Matahari menjadi energi listrik, SCC berfungsi mengatur proses pengisian baterai; baterai berfungsi sebagai komponen penyimpanan energi, serta alat ukur besaran listrik digunakan untuk menunjukkan perubahan besaran arus listrik selama demonstrasi.



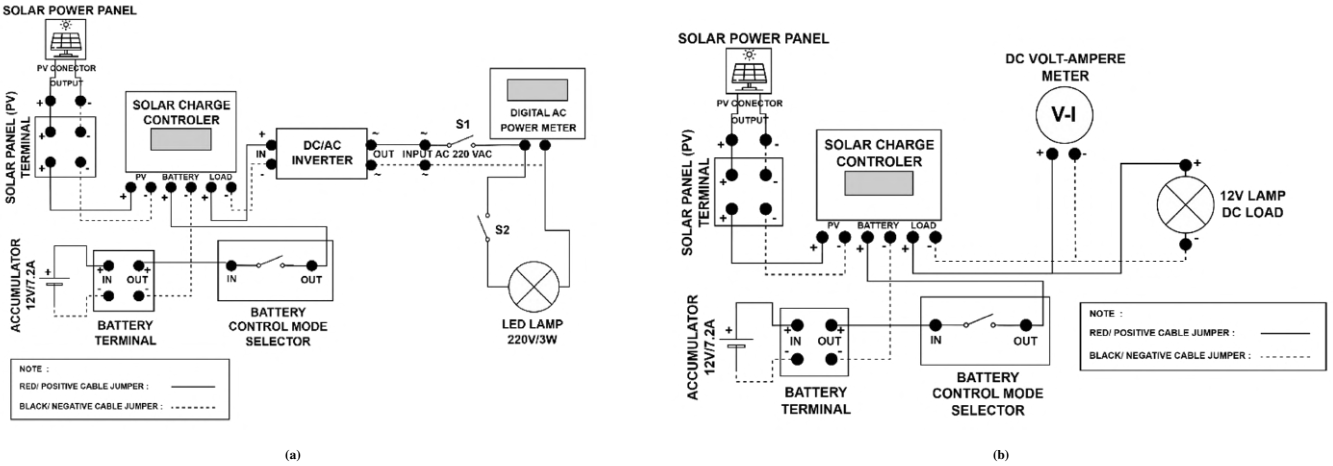
Gambar 3 Realisasi alat peraga PLTS

Tabel 2 Spesifikasi teknis alat peraga PLTS

Nama Komponen	Spesifikasi Teknis
Panel Surya	Daya Maksimal (Pmax): 20 W Tegangan saat daya maksimal (Vmp): 18 V
Inverter Merk TBE	Daya: 500W; Tegangan masukan DC : 24V Tegangan luaran AC : 220V; Frekuensi output : 50Hz
Solar Charger Controller	Tegangan Maksimal PV: 50V Tegangan Drop charge: $\leq$ 0,29V Tegangan Drop discharge: $\leq$ 0,16V
Baterai Merk Panasonic	Tegangan nominal: 12 Volt Kapasitas nominal: 7,2 Ah
Beban Lampu AC	Tegangan : 220 Volt; Daya Lampu : 3 Watt
Beban Lampu DC	Tegangan : 12 Volt; Daya Lampu : 5 Watt
Lampu Halogen DC	Tegangan : 12 Volt ; Daya : 30 Watt

Tabel 2 – lanjutan dari halaman sebelumnya

Nama Komponen	Spesifikasi Teknis
DC DIMMER	Tegangan : 12 Volt DC Daya keluaran Maksimal : 50 Watt



Gambar 4 (a) Diagram pengabelan untuk percobaan PLTS menggunakan beban AC, (b) Diagram pengabelan untuk percobaan PLTS menggunakan beban DC

Percobaan yang dapat dilakukan menggunakan alat peraga PLTS terdiri atas percobaan dengan beban AC dan beban DC. Gambar 4(a) menunjukkan diagram pengabelan alat peraga PLTS untuk skenario percobaan dengan beban AC. Pada konfigurasi ini, panel surya dihubungkan ke SCC melalui terminal keluaran PV untuk mengatur aliran daya ke baterai dan beban. Energi listrik yang tersimpan pada baterai dengan tegangan DC 12 V kemudian disalurkan ke komponen inverter DC/AC untuk dikonversi menjadi tegangan AC 220 V. Keluaran inverter dihubungkan ke digital AC power meter agar tegangan, arus, dan daya keluaran dapat diamati nilainya selama percobaan. Beban yang digunakan berupa lampu LED AC 220 V/3 W yang dikendalikan melalui saklar, sehingga siswa dapat memahami alur konversi energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik AC yang dapat digunakan pada peralatan listrik sederhana.

Gambar 4(b) menyajikan diagram pengabelan alat peraga PLTS untuk skenario percobaan dengan beban DC. Berbeda dengan konfigurasi AC, rangkaian ini tidak menggunakan inverter karena keluaran dari panel surya dan baterai tetap berupa tegangan DC. Panel surya terhubung ke SCC untuk mengatur pengisian dan distribusi energi ke baterai serta beban. Keluaran sistem kemudian dihubungkan ke voltmeter dan amperemeter DC untuk menampilkan besaran tegangan dan arus secara langsung sebelum disalurkan ke lampu DC 12 V sebagai beban. Konfigurasi ini memudahkan siswa memahami prinsip dasar sistem PLTS skala kecil, terutama hubungan antara panel surya, pengendali pengisian, baterai, alat ukur, dan beban DC dalam satu rangkaian pembelajaran.

4.2 | Hasil Rancang Bangun PLTB

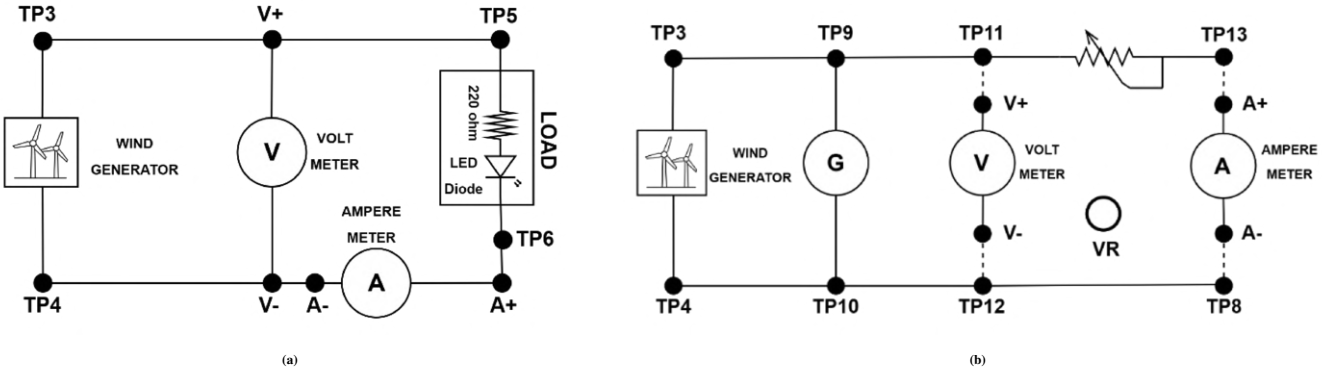
Hasil rancang bangun alat peraga PLTB disajikan pada Gambar 5, dengan komponen utama yang terdiri dari generator dan turbin angin, beban DC dengan nilai daya tetap (*fixed load*) yang terdiri dari dioda LED dan motor DC, serta beban DC variabel, alat ukur tegangan dan arus, dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3. Generator dan turbin DC berfungsi sebagai komponen yang mengubah energi angin menjadi energi listrik. Beban DC berfungsi sebagai beban listrik dengan daya tetap. Beban DC variabel berfungsi sebagai beban listrik yang nilainya dapat diubah oleh pengguna. Sedangkan alat ukur tegangan dan arus digunakan untuk menunjukkan perubahan besaran listrik selama demonstrasi.



Gambar 5 Realisasi alat peraga PLTB

Tabel 3 Spesifikasi teknis alat peraga PLTB

Nama Komponen	Spesifikasi Teknis
Turbin angin - Generator	Tegangan saat daya maksimal (Vmp): 5 V Arus saat daya maksimal (Imp): 1 A Tegangan Rangkaian Terbuka (Voc): 20 V Arus hubung singkat (Isc) : 1A
Baterai Type 18650	Tegangan nominal : 3,7 volt Kapasitas nominal: 2500 mAh
Beban DC tetap	Dioda LED warna merah, tegangan : 3 volt Motor DC, tegangan nominal : 3 volt
Beban DC Variable	Resistor Variabel: 50K ohm Tegangan : 12 Volt Daya: 30 Watt
Kapasitor	Kapasitor elektrolit (ELCO) 10.000uF/16V



Gambar 6 (a) Diagram pengkabelan percobaan PLTB menggunakan beban tetap, (b) Diagram pengkabelan percobaan PLTB menggunakan beban variabel

Pada Gambar 6(a) ditunjukkan diagram pengkabelan alat peraga PLTB untuk skenario percobaan dengan beban tetap. Pada konfigurasi ini, luaran PLTB dihubungkan melalui terminal TP3 dan TP4 sebagai sumber tegangan DC hasil konversi energi angin. Voltmeter dipasang secara paralel pada terminal V+ dan V- untuk mengukur tegangan keluaran generator, sedangkan amperemeter dipasang secara seri pada jalur beban untuk mengukur arus yang mengalir. Beban yang digunakan berupa rangkaian tetap yang terdiri atas resistor 220 Ω dan LED sebagai indikator visual. Konfigurasi ini bertujuan untuk memperlihatkan hubungan antara putaran turbin angin, keluaran tegangan generator, arus pada beban, dan kemampuan sistem dalam menyalakan indikator listrik secara sederhana.

Sedangkan pada Gambar 6(b) ditampilkan diagram pengkabelan alat peraga PLTB untuk skenario percobaan dengan beban variabel. Pada rangkaian ini, luaran PLTB tetap digunakan sebagai sumber energi listrik, kemudian dihubungkan ke rangkaian pengukuran yang terdiri atas voltmeter, amperemeter, dan beban variabel berupa resistor variabel. Voltmeter dipasang secara paralel untuk membaca tegangan keluaran, sedangkan amperemeter dipasang secara seri untuk mengukur arus yang mengalir ke beban. Penggunaan beban variabel memungkinkan siswa mengamati perubahan tegangan dan arus ketika nilai tahanan beban diubah. Dengan demikian, konfigurasi ini dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh variasi beban terhadap performa keluaran PLTB serta memperkuat pemahaman siswa mengenai prinsip dasar PLTB secara aplikatif.

4.3 | Hasil Implementasi dan Evaluasi Alat Peraga di SK Taman Medan

Implementasi alat peraga PLTS dan PLTB dilaksanakan di Sekolah Kebangsaan Taman Medan, Petaling Jaya, Malaysia, melalui kegiatan edukasi dan demonstrasi langsung kepada para siswa. Kegiatan diawali dengan pengenalan konsep dasar energi terbarukan, khususnya energi surya dan energi angin, serta penjelasan tentang pentingnya pemanfaatan energi bersih dalam kehidupan sehari-hari. Setelah itu, tim pelaksana memperkenalkan komponen utama alat peraga, meliputi panel surya, SCC, baterai, inverter, alat ukur, turbin angin, generator DC, serta beban listrik. Penyampaian materi dilakukan secara sederhana dan komunikatif.



Gambar 7 Implementasi dan demonstrasi alat peraga PLTS dan PLTB di SK Taman Medan, Petaling Jaya, Malaysia

Demonstrasi alat peraga dilakukan untuk memperlihatkan prinsip kerja PLTS dan PLTB secara langsung yang diilustrasikan pada Gambar 7. Pada alat peraga PLTS, siswa mengamati proses konversi energi cahaya menjadi energi listrik melalui panel surya, kemudian energi tersebut digunakan untuk menyalakan beban listrik AC maupun DC. Pada alat peraga PLTB, siswa mengamati bagaimana aliran udara memutar turbin angin, menggerakkan generator DC, dan menghasilkan keluaran listrik yang dapat diamati melalui alat ukur maupun indikator beban. Kegiatan ini memberikan pengalaman belajar yang visual dan aplikatif sehingga siswa dapat memahami hubungan antara sumber energi alam, proses konversi energi, komponen pembangkit, dan pemanfaatan listrik.

Evaluasi kuantitatif melalui *post-test* dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa setelah pelaksanaan kegiatan implementasi dan demonstrasi. Jumlah siswa yang mengikuti *post-test* sebanyak 43 siswa kelas 5 dengan rerata nilai sebesar 98,14. Sebanyak 36 siswa (83,72%) memperoleh nilai 100, 6 siswa (13,95%) memperoleh nilai 90, dan 1 siswa (2,33%) memperoleh nilai 80. Seluruh siswa mencapai ambang ketuntasan minimal 80, sehingga indikator keberhasilan kuantitatif terpenuhi. Ringkasan hasil evaluasi *post-test* kegiatan ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil post-test siswa kelas 5 SK Taman Medan, Petaling Jaya, Malaysia

Indikator	Hasil	Interpretasi
Rerata; median; simpangan baku	98,14; 100; 4,45	Penguasaan pasca kegiatan sangat tinggi
Nilai minimum-maksimum	80-100	Tidak ada peserta yang nilainya di bawah ambang batas ketuntasan.
Distribusi skor	80: 1; 90: 6; 100: 36	Sebanyak 83,72% peserta memperoleh skor maksimum.
Ketuntasan minimal 80	43/43 (100%)	Indikator keberhasilan kuantitatif terpenuhi.
Akurasi butir	95,35%-100%	Kesalahan muncul pada butir 1, 2, 3, 4, dan 9; butir lainnya dijawab dengan benar oleh seluruh peserta.

Berdasarkan hasil evaluasi pelaksanaan kegiatan, siswa menunjukkan antusiasme tinggi selama proses demonstrasi, sebagaimana terlihat dari keterlibatan mereka dalam mengamati alat, mengajukan pertanyaan, serta mengikuti penjelasan dari tim pelaksana. Penggunaan alat peraga terbukti membantu siswa memahami konsep energi terbarukan yang sebelumnya bersifat abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Selain memberikan penguatan literasi energi bersih, kegiatan ini juga menjadi sarana kolaborasi edukatif antara ITS, UM, dan SK Taman Medan.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan ini telah berhasil merancang, membangun, dan mengimplementasikan alat peraga PLTS dan PLTB sebagai media edukasi energi bersih dan berkelanjutan di Sekolah Kebangsaan Taman Medan, Petaling Jaya, Malaysia. Alat peraga PLTS yang dibuat mampu memperlihatkan proses konversi energi cahaya menjadi energi listrik melalui panel surya, pengatur pengisian baterai, baterai, inverter, alat ukur, serta beban AC dan DC. Sementara itu, alat peraga PLTB mampu menunjukkan proses konversi energi angin menjadi energi listrik melalui turbin angin, generator DC, alat ukur, serta konfigurasi beban tetap dan beban variabel. Rerata nilai Post-test dari 43 siswa kelas 5 adalah 98,14 dengan simpangan baku 4,45 pada rentang nilai 80-100 dan ketuntasan 100% pada ambang nilai 80. Temuan ini menunjukkan penguasaan materi dasar yang tinggi setelah kegiatan serta potensi alat peraga sebagai media pembelajaran, namun belum membuktikan peningkatan karena hanya menggunakan post-test. Kegiatan lanjutan disarankan menggunakan pre-test dan post-test, instrumen yang tervalidasi dengan tingkat kesulitan yang lebih bervariasi, serta pendampingan guru agar alat dapat digunakan secara berkelanjutan.

Implementasi kegiatan menunjukkan bahwa alat peraga yang dikembangkan dapat menjadi media pembelajaran yang visual, praktis, dan mudah dipahami oleh siswa. Melalui demonstrasi, siswa dapat mengamati hubungan antara sumber energi alam, komponen pembangkit, proses konversi energi, dan pemanfaatan listrik secara langsung. Kegiatan ini juga membantu memenuhi kebutuhan mitra akan media edukasi energi terbarukan yang sederhana, aman, dan mudah diterapkan. Dengan demikian, alat peraga PLTS dan PLTB berpotensi meningkatkan pengetahuan tentang energi terbarukan sekaligus menumbuhkan kesadaran siswa akan pentingnya energi bersih dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Sebagai tindak lanjut, alat peraga EBT ini dilengkapi dengan buku panduan penggunaan, lembar kerja siswa, serta instrumen evaluasi pembelajaran. Pengembangan berikutnya dapat diarahkan pada penambahan sistem akuisisi data sederhana untuk menampilkan tegangan, arus, dan daya secara

lebih akurat selama percobaan. Selain itu, pendampingan kepada guru perlu dilakukan agar alat peraga dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dalam kegiatan pembelajaran sains, teknologi, dan lingkungan di sekolah.

6 | DEKLARASI

6.1 | Deklarasi Penggunaan AI

Selama penyusunan naskah ini, penulis menggunakan ChatGPT secara terbatas untuk menyunting tata bahasa. Penulis telah meninjau, memvalidasi, dan menyunting ulang konten yang dihasilkan oleh alat tersebut, serta bertanggung jawab penuh atas isi publikasi ini.

6.2 | Kontribusi Penulis

- **Imam Robandi**: Supervisi program, Akuisisi pendanaan, Konseptualisasi kegiatan, Penulisan (tinjauan & penyuntingan).
- **Hazlie Mokhlis**: Supervisi program.
- **Nurulafiqah Nadzirah Mansor**: Konseptualisasi kegiatan, Administrasi proyek.
- **Mohamad Almas Prakasa**: Konseptualisasi kegiatan, Penulisan (tinjauan dan penyuntingan).
- **Wong Jee Keen Raymond**: Konseptualisasi kegiatan, Pelaksanaan lapangan.
- **Azimah Omar**: Administrasi proyek.
- **Itmi Hidayat Kurniawan**: Pelaksanaan lapangan, Penulisan (draf asli).
- **Muhammad Alvan Fauzi**: Pelaksanaan lapangan, Penulisan (draf asli).
- **Deyndrawan Sutrisno**: Pelaksanaan lapangan, administrasi proyek.
- **Endang Widiyawati**: Pelaksanaan lapangan, administrasi proyek.
- **Waseda Himawari**: Pelaksanaan lapangan.
- **Nando Dyas Arya**: Pelaksanaan lapangan.
- **Omar Fabian**: Pelaksanaan lapangan.
- **Faisal Taufiq Rochman**: Pelaksanaan lapangan.
- **Progress Makura**: Pelaksanaan lapangan.
- **Cephas Jasi**: Pelaksanaan lapangan.

6.3 | Sumber Pendanaan

Kegiatan ini didanai oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember dalam program Global Community Outreach (GCO) Enhancing Quality Education for International University Impacts and Recognition (EQUITY-WCU), dengan nomor kontrak: 3270/IT2.VIII/T/KS.01.03/I/2026.

6.4 | Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan yang berpotensi memengaruhi pelaksanaan kegiatan atau publikasi artikel ini.

7 | UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Kemitraan Global (DKG), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan Sekolah Kebangsaan Taman Medan, Petaling Jaya, Malaysia. Serta semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan ini.

Referensi

1. Ali M, Wardhana ASJ, Damarwan ES, Muhfizaturrahmah, Yuniarti. Design and Implementation of Trainer Kit for Hybrid On-Grid Solar Power Generation System. In: Journal of Physics: Conference Series IOP Publishing; 2021. .
2. IRENA. Malaysia Energy Transition Outlook. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency; 2023.
3. Ministry of Economy. National Energy Transition Roadmap (NETR); 2023.
4. Buldur S, Bursal M, Yalcin N, Yucel E. The impact of an outdoor education project on middle school students' perceptions and awareness of the renewable energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2020;134:110364. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110364.
5. Pontevedra V, Afonso P. Promoting STEM Education Through Sustainable Manufacturing: Case Study of Photovoltaic Toys Costing models for capacity optimization. Procedia Manufacturing 2019;33:740–745. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.093.
6. Torres PF, Felipe A, Costa P, Lima V, Junior C, Monteiro WL, et al. A mobile educational tool designed for teaching and dissemination of grid connected photovoltaic systems. Computers & Electrical Engineering 2019;76:168–182.
7. Robandi I, Guntur HL, Wirjodirdjo B, Djalal MR, Prakasa MA, Ramadhani A, et al. Implementasi Trainer PLTS sebagai Media Pembelajaran di SD Muhammadiyah 4 Surabaya. Sewagati 2024;8(6):2466–2476.
8. Djalal MR, Musrady S, Usman M, Imam F, Mohamad R, Prakasa A, et al. Implementasi Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things Sebagai Media Pembelajaran Di SMK Negeri 4 Kabupaten Soppeng. Sewagati 2025;9(6):1461–1472. https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i6.8094.
9. Robandi I, Seto R, Ni W, Aryani K, Almas M, Muhammad P. Rancang Bangun dan Pelatihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mini di SMK Muhammadiyah 1 Ngoro untuk Meningkatkan Kesadaran Energi Bersih dan Berkelanjutan. Sewagati 2026;10(2):324–336. https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i2.8958.
10. United Nations, Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all; 2026. https://sdgs.un.org/goals/goal7#targets_and_indicators.
11. Soares PH, Kang M. Art and design entanglements for renewable energy education: Renewable energy art and design approach. Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education 2024;20(1):1–7.
12. Asli S. Enhancing Wind Energy Awareness Among Fourth-Grade Students: The Impact of Comic-Based Learning on Environmental Education. Sustainability 2025;17(10):4636.
13. Chun J, Hsuan T. Learning effectiveness of energy education in junior high schools: Implementation of action research and the predict-observe-explain model to STEM course. Heliyon 2023;9(3):e14058. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14058.
14. Erduman A, Yüzer EO, Durusu A, Yıldız F. An Educational Kit to Promote Teaching of Photovoltaic Systems. European Journal of Science and Technology 2020;(19):916–922.
15. Aida N, Nik M, Majid A, Osman K, Yee TS. Integrating energy literacy into science education: a comprehensive systematic review. International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE) 2025;14(2):1253–1263.
16. Onkoba NO, Ndegwa R, Ayieta EO. Optimization of power coefficient equation for standalone wind energy systems. Journal of Electrical Systems and Information Technology 2026;13(1):1–15.

Cara mengutip artikel ini: Robandi, I., Mokhlis, H., Mansor, N. N., Prakasa, M. A., Raymond, W. J. K., Omar, A., Kurniawan, I. H., Fauzi, M. A., Sutrisno, D., Widiyawati, E., Himawari, W., Arya, N. D., Fabian, O., Rochman, F. T., Makura, P., Jasi, C., (2026), Rancang Bangun Alat Peraga PLTS dan PLTB sebagai Media Edukasi Energi Bersih di Sekolah Kebangsaan Taman Medan, Malaysia, *Sewagati*, *10(5):1019–1032*, https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i5.10308.