

---

**PERANAN ENERGI BERKELANJUTAN PADA PENDIDIKAN SAINS:  
STUDI KASUS EVALUASI KINERJA PLTS****Rizky Adi Nugraha<sup>1\*</sup>, Bagus Satrio Utomo<sup>2</sup>, Pangestuningtyas Diah Larasati<sup>3</sup>, Randi Dwi  
Wibisono<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, Semarang<sup>2</sup> Universitas Muhammadiyah Cileungsi, Bogor<sup>3</sup>Politeknik Negeri Semarang, Semarang<sup>4</sup>Universitas Muhammadiyah Tegal, Tegal\*Email korespondensi: [rizkyadinugraha1304@asn.jatengprov.go.id](mailto:rizkyadinugraha1304@asn.jatengprov.go.id)**ABSTRAK**

Transisi menuju energi bersih menjadi urgensi global yang mendorong integrasi teknologi energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan. Paper ini mengkaji peran dan potensi penerapan PLTS dalam dunia pendidikan melalui pendekatan teknis. Pada bagian awal, dijelaskan prinsip kerja PLTS dan komponen-komponennya secara ringkas untuk memberi pemahaman dasar kepada pembaca. Selanjutnya, pembahasan difokuskan pada strategi integrasi PLTS dalam kurikulum pendidikan sains, mulai dari pengembangan media pembelajaran, pelatihan guru, hingga model pembelajaran berbasis praktik seperti penggunaan trainer kit dan modul ajar dalam Kurikulum Merdeka. Studi literatur dan berbagai kasus pengabdian masyarakat yang relevan menunjukkan bahwa keterlibatan institusi pendidikan dalam implementasi PLTS tidak hanya mendukung pendidikan kontekstual, tetapi juga menjadi wahana untuk meningkatkan kesadaran energi bersih sejak dini. Melalui analisis SWOT, paper ini juga mengidentifikasi tantangan dan peluang penerapan PLTS di lingkungan pendidikan, mulai dari aspek regulasi, kesiapan infrastruktur, hingga kapasitas sumber daya manusia. Diharapkan kajian ini menjadi kontribusi dalam menyusun strategi penguatan peran pendidikan dalam mendukung agenda transisi energi nasional.

**Kata kunci:** Energi Terbarukan; Kurikulum Merdeka; Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pendidikan Sains; SWOT; Transisi Energi

## PENDAHULUAN

Isu pemanasan global, ketergantungan terhadap energi fosil, serta meningkatnya permintaan listrik menjadi tantangan besar dalam sektor energi nasional. Salah satu solusi yang digalakkan secara global adalah pemanfaatan energi baru dan terbarukan, di antaranya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmen dalam mendorong transisi energi bersih melalui kebijakan seperti penetapan kuota PLTS atap selama lima tahun ke depan. Untuk mendukung hal tersebut, perlu dipersiapkan sumber daya manusia yang memahami dan mampu mengembangkan teknologi energi terbarukan, yang salah satunya dapat dibentuk melalui jalur pendidikan.

Berbagai studi dan pengabdian telah menunjukkan bahwa pendidikan memiliki peran penting dalam memperkenalkan dan mengembangkan pemahaman tentang energi terbarukan sejak usia dini. Penerapan pembelajaran tematik dengan media PLTS di SMP mampu meningkatkan keterlibatan siswa secara aktif. Di tingkat dasar, penggunaan kit eksperimen energi terbukti meningkatkan keterampilan sains siswa. Di sisi lain, universitas dan lembaga vokasi mulai aktif mengembangkan media pembelajaran PLTS dan menyelenggarakan pelatihan baik untuk guru maupun siswa. Namun, literatur-literatur tersebut umumnya masih terbatas pada studi kasus tertentu dan belum menguraikan secara komprehensif tantangan serta peluang penguatan literasi energi terbarukan dalam sistem pendidikan nasional.

Permasalahan utama yang ingin dijawab dalam kajian ini adalah bagaimana posisi dan potensi PLTS sebagai media pembelajaran dalam mendukung transisi energi melalui jalur pendidikan. Apakah sudah ada sistem atau model yang mampu menjembatani kebutuhan kebijakan energi dan pengembangan kapasitas sumber daya manusia sejak bangku sekolah?

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis secara literatur potensi dan tantangan integrasi PLTS sebagai media pembelajaran energi terbarukan di berbagai jenjang pendidikan. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi perumusan strategi pendidikan dan kebijakan energi nasional yang lebih terintegrasi dan berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

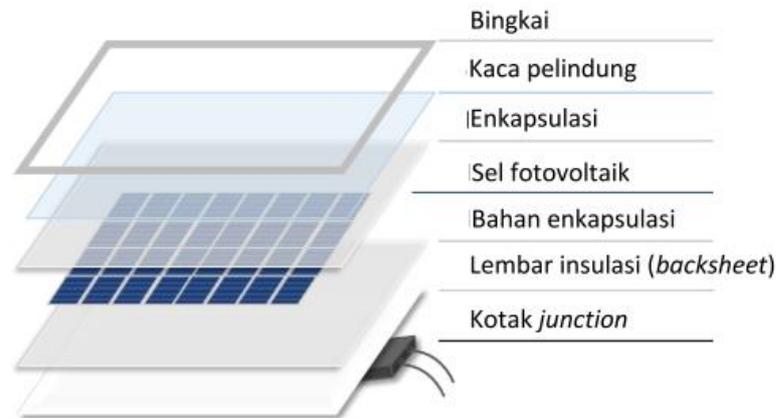
Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* yang bersifat kualitatif-deskriptif. Tujuannya adalah untuk mengkaji berbagai literatur ilmiah, laporan pengabdian masyarakat, dokumen kebijakan, dan hasil penelitian terkait peran Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam konteks pendidikan dan pengembangan kompetensi. Data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber terpercaya, seperti jurnal nasional terakreditasi, laporan kegiatan institusi pendidikan, dan regulasi dari instansi pemerintah, khususnya Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Kriteria seleksi literatur didasarkan pada relevansi isi dengan topik PLTS dalam pendidikan, keterbaruan (maksimal lima tahun terakhir), serta aksesibilitas sumber (open access atau tersedia publik). Proses analisis dilakukan melalui telaah tematik dengan mengelompokkan referensi berdasarkan kategori utama seperti integrasi PLTS dalam kurikulum, pelatihan guru, tantangan kebijakan, dan potensi media pembelajaran. Hasil telaah disusun secara sistematis dan dikaitkan dengan dinamika penerapan energi terbarukan dalam dunia pendidikan di Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Peran, Prinsip Kerja, Dan Penerapan Simulasi Plts Dalam Pendidikan Energi**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu solusi penting dalam mendukung transisi energi menuju pemanfaatan sumber energi terbarukan. PLTS memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber utama untuk menghasilkan energi listrik,

menjadikannya energi bersih, terbarukan, dan ramah lingkungan. PLTS bekerja berdasarkan prinsip efek fotovoltaiik, yaitu fenomena di mana material semikonduktor (biasanya silikon) dalam modul surya mampu melepaskan elektron ketika terkena cahaya matahari. Elektron-elektron bebas ini kemudian mengalir dalam rangkaian eksternal sebagai arus listrik searah (DC). Proses dasarnya meliputi penyerapan energi foton oleh sel surya, elektron dalam material semikonduktor tereksitasi ke tingkat energi lebih tinggi, elektron bebas ini menciptakan arus listrik karena adanya medan listrik internal dalam sel surya yang memisahkan muatan positif dan negatif, Arus ini mengalir dalam rangkaian listrik, menghasilkan daya (DJEBTKE, 2017).



Gambar 1. Struktur Lapisan Penyusun Modul Surya (Ramadhani, 2018).

Efek fotovoltaiik ini menjadi dasar konversi energi surya secara langsung menjadi listrik tanpa memerlukan proses mekanis atau pembakaran, menjadikannya efisien dan bebas emisi. Dalam konteks pendidikan, pengenalan konsep dan teknologi PLTS penting untuk menanamkan kesadaran energi sejak dini serta melatih keterampilan teknis dalam bidang energi baru terbarukan (EBT).

Sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menghasilkan dan mengatur distribusi listrik. Tabel 1 adalah komponen penyusun sistem PLTS jenis Off Grid dimana terdapat baterai dan solar charge controller. Untuk PLTS jenis on grid tidak terdapat dua komponen tersebut karena energi yang dihasilkan inverter langsung terhubung jaringan PLN dan berfungsi untuk mengurangi tagihan pemakaian listrik bulanan. Kesalahan dalam pemasangan seperti posisi panel yang terhalang bayangan, kabel tanpa proteksi, atau penempatan inverter yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan inefisiensi dan bahaya keselamatan.

Tabel 1. Komponen Penyusun PLTS (Ramadhani, 2018).

<b>Komponen</b>	<b>Fungsi</b>
Modul Surya	Mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik DC
Inverter	Mengubah arus DC dari panel menjadi arus AC yang digunakan peralatan listrik
Baterai	Menyimpan listrik untuk digunakan saat tidak ada sinar matahari
Solar Charge Controller	Mengatur pengisian baterai agar tetap aman
Panel Distribusi	Mengatur arus dan proteksi sistem
Struktur dan Kabel	Menyusun fisik dan koneksi antar komponen

Simulasi PLTS memberikan peluang besar dalam pembelajaran teknik energi terbarukan. Mahasiswa dapat memahami proses desain, perhitungan, serta evaluasi performa sistem PLTS. Berbagai perangkat lunak seperti **PVsyst**, **PVWatts**, **SAM**, hingga **Helioscope** telah digunakan dalam penelitian dan perancangan sistem PLTS. Dalam studi perencanaan PLTS di pabrik teh PT Pagilaran Batang, Helioscope terbukti mudah digunakan bahkan oleh pengguna dengan kemampuan teknis terbatas. Dengan input berupa luasan atap, sudut kemiringan, dan orientasi bangunan, aplikasi ini mampu memperkirakan produksi energi tahunan sebesar 629,8 MWh dari sistem 521 kWp (Rega et al., 2021). Studi lain di Pulau Kaledupa menunjukkan potensi PLTS sebagai sumber utama dalam sistem hybrid. Kebutuhan listrik sebesar 21,4 MWh/hari dapat disuplai secara efektif oleh PLTS sebesar 43%, dengan baterai 4% dan sisanya 53% dibackup oleh PLTD (Parapa, 2022). Ini menunjukkan bahwa meskipun belum sepenuhnya mandiri, PLTS sudah bisa mengambil porsi signifikan dalam bauran energi di wilayah terpencil. Sedangkan PVsyst memberikan pendekatan yang lebih matematis.

Simulasi memerlukan validasi terhadap kondisi aktual. Sebuah penelitian pada sistem 1 MWp menunjukkan aplikasi Homer, SAM, dan PVsyst memiliki nilai Performance Ratio (PR) yang paling mendekati PR aktual (0,77) dengan hasil masing-masing 0,78; 0,75; dan 0,79 (Umar et al., 2018). PR dihitung dengan persamaan 1 sberikut

$$PR = \frac{E_{Aktual}}{E_{Simulasi}} = \frac{Y_f}{Y_r} \quad (1)$$

Dimana Referensi Yield ( $Y_r$ ) diperoleh dari persamaan 2 dan 3 sebagai berikut

$$Y_r = \frac{I_{radiasiGlobal}}{1000 W/m^2} \quad (2)$$

$$Y_f = \frac{E_{Total}}{P_{Sistem}} \quad (3)$$

$Y_f$  menunjukkan hasil energi per kWp dan memberikan ukuran performa sistem (Krawczak, 2023). Beberapa studi lainnya mengungkap deviasi hasil simulasi dan aktual akibat faktor lingkungan seperti suhu, debu, shading, degradasi modul, dan ketidakakuratan data irradiansi. Deviasi ini dapat mencapai -1,5% hingga 13,4% (Omar et al., 2024). Sebaliknya, ada pula studi yang menunjukkan akurasi tinggi, misalnya kesalahan simulasi PVsyst terhadap hasil aktual hanya 1,02% (Silva & Costa, 2020). Dalam dunia pendidikan, pendekatan berbasis proyek dan penggunaan simulasi PLTS dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap sistem energi terbarukan serta mendorong keterampilan teknis yang relevan dengan industri energi masa depan.

Sebuah studi di Gedung IEBE Puspiptek Serpong menjelaskan proses perhitungan sebagai berikut (Monica et al., 2022):

Melalui Persamaan 4 diketahui bahwa langkah awal menentukan efisiensi sistem PLTS yang akan di bangun ( $\eta$ ) dikurangi dengan estimasi rugi – rugi daya yang bersumber dari komponen inverter, kabel, modul surya dan lainnya.

$$\eta = 100\% - \sum (\text{kerugian inverter} + \text{kerugian kabel} + \text{kerugian modul surya}) \quad (4)$$

Selanjutnya dengan membagi energi yang diterima modul surya ( $E_{Aktual}$ ) dengan nilai efisiensi yang didapat maka nilai Energi (E) sistem dapat dihitung.

$$E = \frac{E_{Aktual}}{\eta} \quad (5)$$

Besarnya energi sistem dibagi dengan iradiasi harian rata-rata kWh/m<sup>2</sup>/hari ( $G$ ) dikali iradiasi standar ( $G_{STC}$ ) sebesar 1.000 W/m<sup>2</sup> untuk mendapatkan kapasitas modul surya yang harus di pasang ( $P_{PV}$ ).

$$P_{PV} = \frac{E}{G * G_{STC}} \quad (6)$$

Jumlah modul surya yang dipasang ( $N_{Modul}$ ) didapat dari persamaan 7 yaitu pembagian antara kapasitas modul surya yang akan dipasang dengan kapasitas satuan modul surya yang ada dipasang ( $P_{Modul}$ ) yang dapat dilihat dari brosur / *datasheet* modul surya.

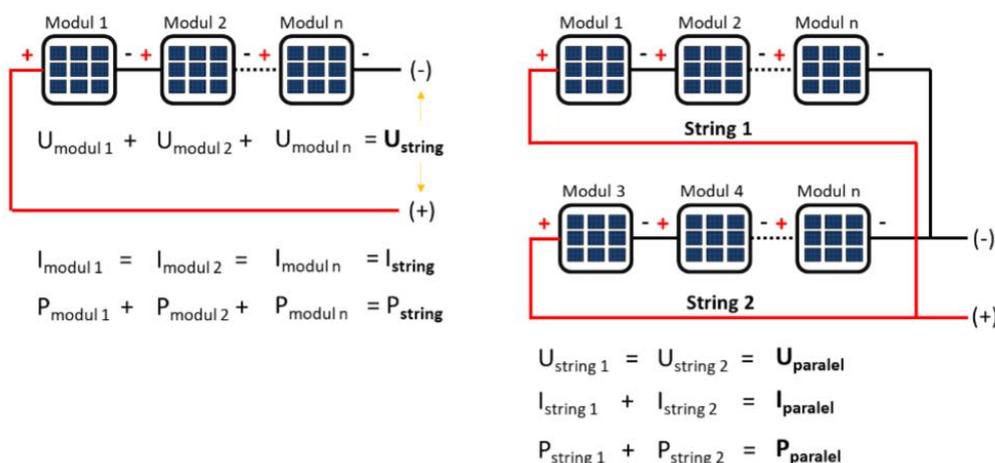
$$N_{Modul} = \frac{P_{PV}}{P_{Modul}} \quad (7)$$

Kapasitas inverter ( $P_{Inverter}$ ) dibuat lebih besar 125% dari kapasitas PV sehingga kinerja inverter dalam merubah daya DC menjadi AC tidak mencapai 100%.

$$P_{Inverter} = 1,25 * P_{PV} \quad (8)$$

Hal penting yang perlu diperhatikan adalah konfigurasi dalam penyusunan modul surya. Setelah mengetahui kapasitas total modul surya, jumlah modul surya dan kapasitas inverter maka langkah selanjutnya adalah menentukan konfigurasi modul surya. Konfigurasi yang umum digunakan adalah seri, paralel dan kombinasi seri paralel. Fungsi dari rangkaian modul surya secara seri adalah meningkatkan tegangan sebelum masuk kedalam konektor pada inverter. Sesuai dengan persamaan 9, jumlah modul surya yang dirangkai secara seri ( $N_{Seri}$ ) diperoleh dari tegangan input yang dapat diterima inverter ( $V_{inverter}$ ) dimana nilainya dapat di lihat pada brosur / *datasheet* inverter dibagi dengan tegangan yang dihasilkan setiap modul surya ( $V_{modul}$ ) dikalikan dengan koefisien akibat rugi – rugi panas ( $F_{suhu}$ ).

$$N_{Seri} = \frac{V_{inverter}}{V_{modul} * F_{suhu}} \quad (9)$$



Gambar 2. Konfigurasi Rangkaian Seri – Paralel Modul Surya (Ramadhani, 2018).

Sedangkan jika arus yang masuk kedalam inverter kurang maka modul surya disusun secara paralel. Mengacu pada persamaan 10 maka jumlah modul surya yang dirangkai secara paralel ( $N_{paralel}$ ) diperoleh dari pembagian antara arus maksimal yang dapat diterima inverter ( $I_{max\_inverter}$ ) dengan arus yang dihasilkan setiap modul surya ( $I_{sc\_modul}$ ).

$$N_{paralel} = \frac{I_{max\_inverter}}{I_{sc\_modul}} \quad (10)$$

### Integrasi PLTS Dalam Kurikulum Pendidikan Sains

Pendidikan memiliki peran strategis dalam memperkenalkan dan menyebarkan pemahaman mengenai energi baru terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Integrasi materi PLTS dalam kurikulum pendidikan sains merupakan langkah penting untuk menanamkan kesadaran lingkungan dan pemahaman teknis pada peserta didik sejak dini. Peningkatan kompetensi guru menjadi dasar utama dalam mendukung integrasi PLTS ke dalam pembelajaran. Literatur menyebutkan bahwa pelatihan teknis pemasangan PLTS mampu meningkatkan kompetensi profesional guru, sehingga mereka dapat menyampaikan materi dengan lebih efektif dan kontekstual (Rachmandani & Hasanah, 2024). Pemanfaatan kegiatan pengabdian masyarakat oleh institusi pendidikan tinggi juga berkontribusi dalam menyelaraskan antara kurikulum pendidikan dan kebutuhan teknologi terkini. Salah satu contoh nyata dilakukan oleh Universitas Bengkulu melalui pelatihan PLTS di SMA Muhammadiyah 1 Boarding School Kota Bengkulu. Kegiatan ini diikuti oleh guru dan 30 siswa dengan metode ceramah, praktik, dan pendampingan (Gultom et al., 2023). Di sisi lain, kemitraan antara dunia pendidikan dan industri juga semakin terbuka. PT. Alfa Mechatronics Innovation, misalnya, memberikan fasilitas magang bagi siswa SMK dalam bidang sistem otomasi dan modul surya (Adi et al., 2022). Hal ini tidak hanya memperluas wawasan peserta didik, tetapi juga memperkuat keterampilan vokasional yang dibutuhkan oleh industri energi masa depan. Media pembelajaran turut menjadi aspek penting dalam mendukung integrasi PLTS. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran PLTS pada mata kuliah pembangkit listrik terbukti efektif dalam menyampaikan materi secara sistematis dan aplikatif (Saputra et al., 2020). Selain itu, buku teknis seperti *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dos & Don'ts* dapat dijadikan acuan dalam menyampaikan pengetahuan teknis secara praktis dan aman (Ramadhani, 2018).

Pada tingkat dasar, pendekatan praktik berbasis alat bantu interaktif terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman sains. *Energy Experiment Teaching Kit*, contohnya, digunakan di SDN Ajung 01 Kalisat untuk mengenalkan konsep energi terbarukan kepada siswa. Kegiatan ini sejalan dengan semangat Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran atraktif dan kontekstual (Fadhilah et al., 2023). Sementara itu, pengembangan laboratorium tematik berbasis green energy untuk jenjang SMP dirancang sebagai wahana pembelajaran interdisipliner yang memungkinkan siswa mengintegrasikan berbagai konsep sains melalui praktik langsung sistem PLTS (Susanti et al., 2021). Dalam pelaksanaannya, laboratorium ini mendukung siswa untuk melakukan eksperimen, simulasi, dan evaluasi kinerja sistem secara langsung. Kegiatan pelatihan perancangan set trainer PLTS di sekolah juga menjadi pendekatan efektif. Melalui pelatihan ini, siswa dapat mengenal PLTS melalui media praktik langsung, yang secara tidak langsung menanamkan pemahaman terhadap prinsip kerja, efisiensi, serta dampak lingkungan dari energi terbarukan (Gultom et al., 2023). Penting pula dicatat bahwa pendidikan tidak hanya terbatas pada aspek teori dan praktik, tetapi juga pada pengembangan literasi energi.

Oleh karena itu, literatur review menyimpulkan bahwa pendidikan dan pelatihan PLTS mampu menciptakan guru yang siap mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam sistem pembelajaran modern (Rachmandani & Hasanah, 2024).

Salah satu terobosan penting dalam dunia pendidikan adalah adanya Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan ruang fleksibilitas bagi guru untuk menyusun modul ajar sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan teknologi. Penelitian mengenai *Pengembangan Modul Ajar Fisika Kurikulum Merdeka* menyimpulkan bahwa materi energi terbarukan, termasuk PLTS, sangat layak untuk dimasukkan ke dalam pelajaran fisika. Hasil validasi menunjukkan bahwa 83% responden menyatakan materi layak digunakan dalam pembelajaran (Ulfa et al., 2024). Dengan demikian, Kurikulum Merdeka memberikan peluang besar bagi pendidikan sains untuk tidak hanya mengajarkan teori, tetapi juga menerapkan prinsip keberlanjutan dan teknologi ramah lingkungan melalui materi PLTS yang kontekstual dan aplikatif.

### **Tantangan Dan Peluang Implementasi PLTS Di Dunia Pendidikan**

Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di dunia pendidikan menghadirkan tantangan sekaligus peluang strategis dalam mendorong pemanfaatan energi terbarukan. Untuk memahami potensi ini secara menyeluruh, pendekatan analisis SWOT digunakan dalam menelaah kondisi aktual dan prospektif PLTS di sektor pendidikan.

#### **Strengths (Kekuatan):**

- PLTS merupakan teknologi bersih dan ramah lingkungan, sejalan dengan nilai edukasi keberlanjutan yang ingin ditanamkan pada peserta didik.
- Dapat dijadikan media pembelajaran langsung (*learning by doing*) dalam mata pelajaran sains, fisika, teknologi, hingga kewirausahaan.
- Membantu menekan biaya operasional listrik dalam menunjang pembelajaran hingga 35% (Dharmawan Junaidi et al., 2023).
- Studi oleh (Arif Syaefudin et al., 2022) menunjukkan bahwa integrasi PLTS sebagai media pembelajaran di tingkat menengah terbukti meningkatkan literasi energi dan kesadaran lingkungan siswa.
- Implementasi mini laboratorium PLTS sebagai media pembelajaran pemanfaatan energi terbarukan melalui pembuatan trainer PLTS telah dilakukan di beberapa sekolah, memberikan pengalaman praktis kepada siswa.

#### **Weaknesses (Kelemahan):**

- Biaya investasi awal masih relatif tinggi untuk lembaga pendidikan (Dharmawan Junaidi et al., 2023), dengan biaya berkisar antara 98.000.000 hingga 170.000.000 dengan kapasitas PLTS 10 kWp masih cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran (Putu et al., 2022).
- Keterbatasan tenaga pengajar yang memiliki kompetensi teknis dalam bidang energi terbarukan.
- Hasil evaluasi dari pelatihan di SMA Muhammadiyah 1 Boarding School Bengkulu mengindikasikan bahwa pelatihan PLTS belum optimal tanpa pendampingan berkelanjutan dan kurikulum yang terstruktur (Gultom et al., 2023).
- Ketersediaan perangkat praktikum yang rendah, terutama perangkat PLTS, menunjukkan tantangan besar dalam penerapan pengajaran energi terbarukan di sekolah (Entang et al., 2024).

**Opportunities (Peluang):**

- Dukungan kebijakan dari pemerintah seperti penetapan kuota PLTS atap melalui Keputusan Direktur Jenderal Ketenagalistrikan Nomor 279.K/TL.03/DJL.2/2024 memberikan kepastian hukum terhadap pengembangan PLTS selama lima tahun ke depan (Muhammad Rausyan Fikry & Irwan Triadi, 2024).
- Peluang kolaborasi antara institusi pendidikan dan lembaga yang bergerak dibidang pengabdian masyarakat dalam membangun alat praktikum seperti mini laboratorium PLTS (Robandi et al., 2023).
- Kurikulum merdeka yang bertujuan meningkatkan pemahaman dan keterampilan menjadi jalan bagi pendidik menciptakan inovasi – inovasi baru dalam bentuk media peraga. (Fadhilah et al., 2025).
- Penerapan PLTS sebagai media pembelajaran siswa dalam memahami konversi energi dari energi matahari menjadi energi listrik telah dilakukan di beberapa sekolah, menunjukkan efektivitas pendekatan ini.

**Threats (Ancaman):**

- Masih dominannya energi fosil dan pengaruh industri batubara terhadap kebijakan energi nasional (Lahope et al., 2024).
- Persaingan dengan produk asing dan keterbatasan industri lokal penyedia modul dan inverter.
- Analisis oleh (Panjadinata, 2024) mengidentifikasi bahwa disharmoni regulasi antarsektor dan monopoli penyedia listrik menjadi penghambat utama perluasan PLTS di berbagai sektor, termasuk pendidikan.
- Ketidakpastian akibat sering berubahnya regulasi, insentif untuk pelanggan PLTS Atap pun berkurang dengan peraturan baru tersebut, yang membuat kelebihan energi listrik dari PLTS Atap yang masuk ke jaringan PLN tidak diperhitungkan dalam tagihan listrik pelanggan (Muhammad Rausyan Fikry & Irwan Triadi, 2024).

Melalui pemahaman SWOT ini, dapat disimpulkan bahwa walaupun penerapan PLTS di dunia pendidikan menghadapi sejumlah kendala, peluang untuk transformasi pembelajaran dan kontribusi nyata terhadap mitigasi perubahan iklim tetap sangat terbuka lebar. Penguatan kapasitas tenaga pendidik, penyediaan bantuan pemerintah, serta sinergi antar pemangku kepentingan menjadi kunci dalam mengatasi hambatan tersebut.

**KESIMPULAN**

Pengembangan media pembelajaran berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki potensi besar dalam mendukung peningkatan kualitas pendidikan, khususnya dalam membekali peserta didik dengan pemahaman dan keterampilan terkait energi baru terbarukan. Media seperti trainer PLTS, modul ajar berbasis praktik, dan integrasi kurikulum energi terbarukan telah terbukti efektif dalam membangun literasi energi yang aplikatif dan kontekstual. Peluang besar muncul melalui kebijakan Kurikulum Merdeka yang memberi ruang pembelajaran lintas disiplin dan eksploratif. Namun demikian, pengembangan ini masih menghadapi tantangan seperti tingginya biaya investasi awal, keterbatasan infrastruktur, serta regulasi yang belum sepenuhnya mendukung integrasi energi terbarukan dalam pendidikan. Dengan kolaborasi antara institusi pendidikan, pemerintah, dan sektor industri, serta dukungan regulasi yang lebih progresif, media pembelajaran PLTS dapat menjadi instrumen strategis dalam mendorong transisi energi dan menciptakan generasi yang peduli terhadap keberlanjutan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adi, P. D. P., Putri, R. L., & Lestari, R. (2022). Pengabdian Dosen di PT. Alfa Mechatronics Innovation pada materi PLC dan Penerapan di Masyarakat. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, 3(1), 26–39.
- Arif Syaefudin, E., Kholil, A., Arum Wulandari, D., Amilia Avianti, R., & Walujo, D. (2022). Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Media Pembelajaran di SMPN 3 Terisi Indramayu. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat, 2022*, 246–253. <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snppm>
- Dharmawan Junaidi, A., Adhitya Ananda, N., & Hudaya, C. (2023). Analisis Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Terhadap Efisiensi Penggunaan Biaya Listrik UTS. *Seminar Nasional Manajemen Inovasi*, 613–628.
- DJEBTKE. (2017). *Panduan Pengoperasian dan Pemeliharaan PLTS Off - Grid*. DJEBTKE.
- Entang, Aria Utama, J., & Liliawati, W. (2024). Profil Praktikum Energi Terbarukan di Sekolah dan Kebutuhan Perangkat Praktikum Berbasis Sel Surya Menurut Perspektif Guru Fisika. *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 6(2). <http://jurnal.unsil.ac.id/index.php/Diffraction>
- Fadhilah, N., Risanti, D. D., Wahyuono, R. A., Sawitri, D., Mawarani, L. J., & Muharja, M. (2025). Penggunaan Media Peraga Berbasis Energi Terbarukan Guna Menunjang Model Pembelajaran Student-Centered Learning di SDN Ajung 01 Kalisat. *Sewagati*, 9(1), 2666–2677. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i1.2403>
- Fadhilah, N., Risanti, D. D., Wahyuono, R. A., Sawitri, D., Mawarani, L. J., Zulkifli, Z., Muharja, M., Arimbawa, I. M., & Raafi’u, B. (2023). Energy Experiment Teaching Kit sebagai Alat Bantu Materi Pembelajaran Energi Terbarukan yang Interaktif dalam Meningkatkan Keterampilan Sains Siswa SDN Ajung 01 Kalisat. *Sewagati*, 7(4), 634–642. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i4.591>
- Gultom, F. B., Rahman, R., Heriansyah, Ardiansyah, T., Oktariani, A., & Lensi. (2023). Pelatihan Perancangan Set Trainer PLTS di SMA Muhammadiyah 1 Boarding School Kota Bengkulu. *JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT BANGSA*, 1(8).
- Krawczak, E. (2023). A Comparative Analysis of Measured and Simulated Data of PV Rooftop Installations Located in Poland. *Energies*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/en16165975>
- Lahope, G., Kunci, K., Terbarukan, E. B., Energi, K., & Energi, T. (2024). Implementasi Kebijakan Energi Nasional (KEN) Indonesia Menuju 23% Target Bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) 2025. *Jurnal Darma Agung*, 32(1), 124–135. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v32i1.3945>
- Monica, D., Agung, F., Prasetya, S., Ridlwan, H. M., Studi, P., Rekayasa, T., Energi, K., Mesin, J. T., Jakarta, N., Prof, J., & Siwabessy, G. A. (2022). *Analisis Sistem Komponen PLTS Atap di Gedung 65 IEBE PUSPIPTEK Serpong*. <http://prosiding.pnj.ac.id>
- Muhammad Rausyan Fikry, & Irwan Triadi. (2024). Evolusi Regulasi Energi Baru Terbarukan: Analisis Perubahan Orientasi Aturan PLTS Atap. *Birokrasi: JURNAL ILMU HUKUM DAN TATA NEGARA*, 2(2), 364–373. <https://doi.org/10.55606/birokrasi.v2i2.1292>
- Omar, O. A., EL Fadil, H., El Fezazi, N. E., Oumimoun, Z., Ait Errouhi, A., & Choukai, O. (2024). Real yields and PVSYS simulations: comparative analysis based on four photovoltaic installations at Ibn Tofail University. In *Energy Harvesting and Systems* (Vol. 11, Issue 1). Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.1515/ehs-2023-0064>
- Panjidinata, N. A. (2024). Analisis Dampak Kebijakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap PLN Terhadap Pengembangan Energi Terbarukan: Tantangan dan Harmonisasi Regulasi Investasi Energi Terbarukan. *Jurnal Commerce Law*, 4(2). <https://doi.org/10.29303/commercelaw.v4i2.5836>

- Parapa, H. B. P. (2022). Studi Skema Konfigurasi PLTS (Studi Kasus: Pulau Kaledupa, Sulawesi Tenggara). *Jurnal Teknologi Elekerika*, 19(2), 71. <https://doi.org/10.31963/elekerika.v6i2.3568>
- Putu, I., Pramayasa, Y., Nyoman, I., Kumara, S., Setiawan, N., Bukit, K., Kampus, R., Jimbaran, U., & Selatan, K. (2022). Survey Biaya Investasi Awal PLTS Atap di Indonesia Tahun 2022. *SPEKTRUM*, 9(3), 94–104.
- Rachmandani, H., & Hasanah, V. R. (2024). Literature Review: Peran Pendidikan dan Pelatihan Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terhadap Peningkatan Kompetensi Profesional Guru. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Lampung 2024*.
- Ramadhani, B. (2018). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (EnDev) Indonesia.
- Rega, M. S. N., Sinaga, N., & Windarta, J. (2021). Perencanaan PLTS Rooftop untuk Kawasan Pabrik Teh PT Pagilaran Batang. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(4), 888. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v9i4.888>
- Robandi, I., Candra Riawan, D., Wirjodirdjo, B., Guntur, H. L., Putri, V. L. B., Djalal, M. R., Prakasa, M. A., Ghazi, A. L., Irsad, Muh. A. Al, Hidayat, Muh. T. I., Saputra, R. A., Kumala, A., Satria, Moch. A., & Himawari, W. (2023). Implementasi dan Sosialisasi Mini Laboratorium Sistem Pembangkit Tenaga Surya di SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi. *Sewagati*, 8(1), 1126–1134. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i1.793>
- Saputra, K. R., Putu, I., Arsa, S., & Ratnaya, I. G. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Mata Kuliah Pembangkit Listrik di Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, 9(3).
- Silva, J. L. de S., & Costa, T. S. (2020). A Comparative Performance of PV Power Simulation Software with an Installed PV Plant. *2020 IEEE International Conference on Industrial Tecnology (ICIT)*, 531–535.
- Susanti, D., Kusuma, G. E., Nurdiansah, H., Sarena, S. T., Purnawan, A. A., Kresna, B., Utama, P., Prayoga, M. D., Efendi, A., Pratama, A., Rakhmawati, Y. W., Purwaningsih, H., Rohmanudin, T. N., Noerochim, L., Ardhyanta, H., Abdul, F., Azarine, D., Pandhani, A., Teknik, J., ... Kapal, K. (2021). Rancangan Bangun Laboratoruim Green Energy Penunjang Model Pembelajaran Tematik dan Interaktif pada Level Pendidikan Sekolah Menengah Pertama. In *Jurnal Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat-DRPM ITS* (Vol. 5, Issue 1).
- Ulfa, S., Irvani, A. I., & Warliani, R. (2024). Pengembangan Modul Ajar Fisika Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 7(1), 51–59. <https://doi.org/10.52188/jpfs.v7i1.562>
- Umar, N. H., Bora, B., Banerjee, C., & Panwar, B. S. (2018). *Comparison of different PV power simulation softwares: case study on performance analysis of 1 MW grid-connected PV solar power plant*. [www.ijesi.org](http://www.ijesi.org) | [Volumewww.ijesi.org](http://Volumewww.ijesi.org)