

Pengaruh Media Portable Solar Power Experiment Box terhadap Hasil Belajar Siswa Teknik Energi Terbarukan

Priskila Adelayla Suni¹, Fransiskus F. Goe Ray², Chrispinus Paulus Tamal³,
Risal Mantofani Arpin^{4*}, Tirsa Julianti Saruan⁵, Risda Mustakim⁶

¹²³⁴⁵Universitas Nusa Cendana, ⁶Politeknik Dewantara

risal_arpin@staf.undana.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan media pembelajaran Portable Solar Power Experiment Box terhadap hasil belajar, khususnya keterampilan praktik siswa kelas XI Teknik Energi Terbarukan di SMK Negeri 2 Soe. Permasalahan penelitian berangkat dari rendahnya keterampilan praktik siswa dalam memahami sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) serta keterbatasan media praktik yang sederhana, portabel, dan mudah digunakan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen desain *One-Group Pretest-Posttest*. Sampel penelitian berjumlah 30 siswa yang dipilih melalui purposive sampling. Instrumen penelitian meliputi tes praktik. Data dianalisis melalui uji normalitas, uji homogenitas, paired samples t-test, dan perhitungan *Normalized Gain* (N-Gain). Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara nilai pretest dan posttest setelah penggunaan media. Rata-rata nilai pretest sebesar 47.47 meningkat menjadi 91.67 pada posttest dengan selisih 44.20 poin. Uji paired samples t-test memperoleh nilai signifikansi $0.001 < 0.05$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Nilai N-Gain sebesar 0.838 atau 83.80% termasuk kategori tinggi. Dengan demikian, *Portable Solar Power Experiment Box* efektif digunakan sebagai media pembelajaran praktik untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi energi surya.

Kata Kunci: Media Pembelajaran; Portable Solar Power Experiment Box; Hasil Belajar; Keterampilan Praktik; Energi Terbarukan.

Abstract: This study aims to determine the effect of using the Portable Solar Power Experiment Box as a learning medium on student learning outcomes, especially the practical skills of Grade XI Renewable Energy Engineering students at SMK Negeri 2 Soe. The research problem is based on students' low practical skills in understanding solar power plant systems and the limited availability of simple, portable, and user-friendly practical learning media. This study employed a quantitative approach with a quasi-experimental *One-Group Pretest-Posttest* design. The sample consisted of 30 students selected using purposive sampling. The instruments included practical tests. Data were analyzed using normality tests, homogeneity tests, paired samples t-test, and *Normalized Gain* (N-Gain). The results showed a significant difference between pretest and posttest scores after using the learning medium. The average pretest score of 47.47 increased to 91.67 in the posttest, with a difference of 44.20 points. The paired samples t-test obtained a significance value of $0.001 < 0.05$, indicating that H_0 was rejected and H_1 was accepted. The N-Gain score of 0.838 or 83.80% was classified as high. Therefore, the *Portable Solar Power Experiment Box* is effective as a practical learning medium for improving students' learning outcomes in solar energy material.

Keywords: Learning Media; Portable Solar Power Experiment Box; Learning Outcomes; Practical Skills; Renewable Energy.

1. Pendahuluan

Media pembelajaran merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran karena berfungsi sebagai perantara penyampaian pesan, rangsangan belajar, serta sarana untuk membantu peserta didik memahami konsep yang dipelajari. Dalam pendidikan kejuruan, media pembelajaran tidak hanya berperan sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai sarana praktik yang memungkinkan peserta didik mengalami langsung proses kerja, pengukuran, perakitan, dan pemecahan masalah. Penggunaan media yang tepat dapat meningkatkan perhatian, motivasi, pemahaman konsep, dan keterampilan siswa karena pembelajaran menjadi lebih konkret dan kontekstual (Arsyad, 2011; Kosim et al., 2024; Smaldino et al., 2019).

Energi terbarukan menjadi bidang strategis dalam pendidikan kejuruan karena berkaitan dengan kebutuhan tenaga kerja yang mampu memahami teknologi energi bersih dan berkelanjutan (Chairat et al., 2026). Salah satu kompetensi penting dalam Program Keahlian Teknik Energi Terbarukan adalah penguasaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Materi PLTS memerlukan keterpaduan antara pengetahuan teoretis dan keterampilan praktik, seperti mengenali komponen panel surya, charge controller, baterai, inverter, beban AC/DC, melakukan pengukuran, serta menganalisis kinerja sistem. Pembelajaran yang hanya berpusat pada teori cenderung kurang memadai untuk membangun kompetensi kerja siswa dalam bidang teknik, sehingga pembelajaran praktik berbasis trainer menjadi sangat diperlukan (Syaefudin et al., 2022; Yasmin et al., 2024).

Kondisi pembelajaran di SMK Negeri 2 Soe menunjukkan bahwa sebagian siswa kelas XI Teknik Energi Terbarukan masih mengalami kesulitan dalam memahami sistem PLTS secara praktis. Kesulitan tersebut muncul karena siswa memiliki latar belakang akses teknologi yang beragam. Siswa yang berasal dari wilayah pedesaan umumnya belum terbiasa dengan peralatan praktik energi surya yang kompleks, sehingga kurang percaya diri ketika melakukan kegiatan praktik. Selain itu, trainer yang tersedia cenderung berukuran besar, kurang fleksibel, dan membutuhkan pendampingan intensif. Kondisi ini dapat menyebabkan siswa kurang aktif, kesulitan belajar mandiri, dan berpengaruh terhadap rendahnya hasil belajar praktik. Berdasarkan identifikasi awal sebelum pelaksanaan penelitian, hasil penilaian praktik pada materi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menunjukkan rata-rata nilai siswa sebesar 66,77. Dari 30 siswa, sebanyak 17 siswa (56,67%) belum mencapai KKM (65), sedangkan 13 siswa (43,33%) telah mencapai KKM. Meskipun rata-rata kelas berada di atas KKM, lebih dari separuh siswa belum mencapai ketuntasan, sehingga rata-rata kelas belum mencerminkan pemerataan capaian belajar. Temuan tersebut menunjukkan perlunya penguatan pembelajaran praktik pada siswa kelas XI Teknik Energi Terbarukan di SMK Negeri 2 Soe, sehingga penggunaan Portable Solar Power Experiment Box dipertimbangkan sebagai sarana untuk mendukung pembelajaran. Selain itu pembelajaran sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada siswa kelas XI Teknik Energi Terbarukan di SMK Negeri 2 Soe memerlukan keterpaduan antara pemahaman konsep dan keterampilan praktik. Kegiatan praktik mencakup pengenalan komponen, perakitan rangkaian, pengoperasian perangkat, serta pengukuran parameter listrik. Sehingga kebutuhan tersebut menjadi dasar penggunaan Portable Solar Power Experiment Box sebagai media pembelajaran.

Penggunaan trainer portabel dapat menjadi solusi pembelajaran karena memberikan pengalaman langsung yang lebih sederhana, aman, dan mudah dipahami. Trainer Portable Solar Power Experiment Box dirancang untuk menampilkan prinsip kerja sistem tenaga

surya dalam satu perangkat praktikum yang dapat dipindahkan dan digunakan di dalam maupun di luar kelas. Melalui media ini, siswa dapat mengamati hubungan antar-komponen, melakukan perakitan rangkaian, membaca parameter listrik, serta memahami alur konversi energi matahari menjadi energi listrik. Media berbasis praktik sejenis juga terbukti dapat meningkatkan hasil belajar siswa pada pembelajaran teknik dan energi terbarukan (Falaqi et al., 2025; Siswanto et al., 2024; Wardani & Ismayati, 2019).



Gambar 1. Media Portable Solar Power Experiment Box

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa media video, trainer, dan multimedia interaktif memberikan dampak positif terhadap hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran teknik listrik dan pembelajaran vokasi (Tamal et al., 2025). Namun, kajian yang secara khusus menguji penggunaan Portable Solar Power Experiment Box pada siswa Teknik Energi Terbarukan di SMK Negeri 2 Soe masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki signifikansi untuk menguji pengaruh penggunaan media pembelajaran portabel berbasis PLTS terhadap peningkatan hasil belajar siswa, terutama pada aspek

keterampilan praktik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dan besarnya peningkatan hasil belajar siswa setelah menggunakan media pembelajaran Portable Solar Power Experiment Box.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen. Desain yang digunakan adalah One-Group Pretest-Posttest. Kelompok penelitian diberikan tes awal untuk mengetahui kemampuan awal, kemudian diberikan perlakuan berupa pembelajaran menggunakan media Portable Solar Power Experiment Box, dan selanjutnya diberikan tes akhir untuk mengetahui perubahan hasil belajar setelah perlakuan.

Penelitian dilaksanakan di SMK Negeri 2 Soe pada kelas XI Program Keahlian Teknik Energi Terbarukan. Subjek penelitian berjumlah 30 siswa yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling karena kelas tersebut sedang mempelajari materi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Fokus hasil belajar dalam penelitian ini adalah keterampilan praktik siswa yang mencakup kemampuan mengenali komponen PLTS, merakit rangkaian, mengoperasikan media, melakukan pengukuran, membaca data, dan menganalisis kinerja sistem.

Data utama dikumpulkan melalui tes praktik untuk memperoleh skor pretest dan posttest pada siswa yang sama. Aspek keterampilan yang dinilai mencakup pengenalan komponen, perakitan rangkaian, pengoperasian media, pengukuran parameter listrik, pembacaan data, dan analisis kinerja sistem PLTS. Desain penelitian disajikan tabel berikut

Tabel 1. Desain Penelitian One-Group Pretest-Posttest

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Kelas XI Teknik Energi Terbarukan	O ₁	X	O ₂

Pada desain tersebut, O₁ menyatakan tes awal sebelum perlakuan, X menyatakan pembelajaran menggunakan Portable Solar Power Experiment Box, dan O₂ menyatakan tes akhir setelah perlakuan. Analisis meliputi statistik deskriptif dan uji t berpasangan pada taraf signifikansi 0,05. Hipotesis nol menyatakan rata-rata selisih skor posttest dan pretest sama dengan nol, sedangkan hipotesis alternatif menyatakan rata-rata selisih tidak sama dengan nol. Dalam uji t berpasangan, unit analisis adalah selisih skor setiap pasangan pengukuran, karena itu, kesamaan varians pretest dan posttest bukan prasyarat sebagaimana pada uji t independen dengan varians gabungan (Jiang et al., 2006; Shaw, 2006). Normalitas yang relevan adalah normalitas distribusi selisih skor, disertai pemeriksaan pencilan dan independensi antarsiswa. Peningkatan relatif dihitung sebagai gain ternormalisasi dari rata-rata kelas, yaitu: $g = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Maksimal} - \text{Skor Pretest}}$ Kategori peningkatan adalah rendah untuk $g < 0,30$, sedang untuk $0,30 \leq g < 0,70$, dan tinggi untuk $g \geq 0,70$; kategori tersebut mendeskripsikan peningkatan relatif, bukan bukti kausal efektivitas media (Hake, 2002)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Portable Solar Power Experiment Box memberikan perubahan yang nyata terhadap hasil belajar praktik siswa. Sebelum dilakukan uji hipotesis, data diuji normalitas dan homogenitas. Ringkasan uji normalitas disajikan pada Tabel 2.

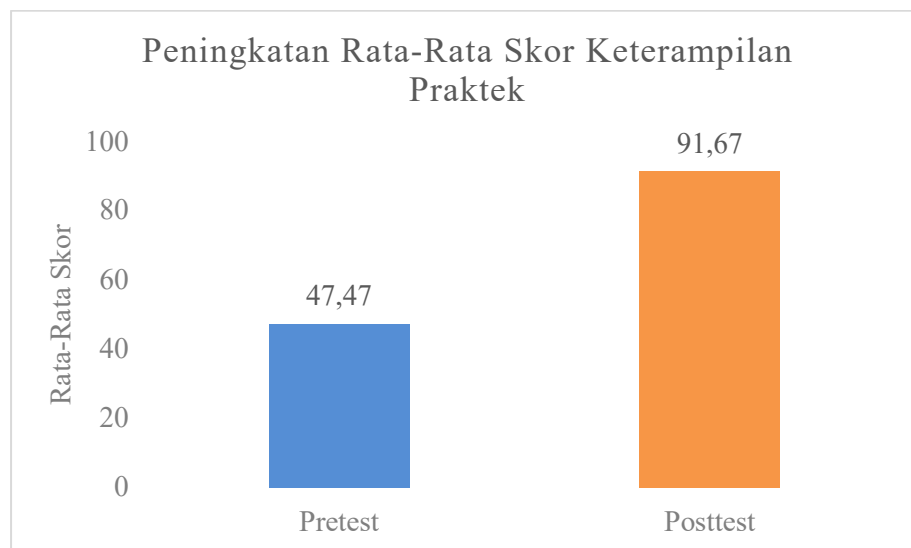
Tabel 2. Ringkasan Uji Normalitas Data Pretest-Posttest

Data	N	Statistik K-S	Sig.	Keterangan
Residual pretest-posttest	30	0.119	0.200	Normal

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0.200 lebih besar dari 0.05. Dengan demikian, data residual pretest-posttest berdistribusi normal, sehingga pengujian hipotesis dapat dilanjutkan menggunakan uji statistik parametrik.

Tabel 3. Ringkasan Statistik Nilai Pretest dan Posttest

Pengukuran	Rata-rata	N	Standar Deviasi	Standar Error Mean
Pretest	47.47	30	18.156	3.315
Posttest	91.67	30	5.921	1.081



Gambar 2. Peningkatan Rata-rata Nilai Pretest dan Posttest

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 2, rata-rata nilai siswa meningkat dari 47.47 pada pretest menjadi 91.67 pada posttest. Peningkatan sebesar 44.20, ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan media pembelajaran Portable Solar Power Experiment Box mampu membantu siswa memahami prosedur praktik dan menguasai keterampilan yang dibutuhkan dalam sistem PLTS.

Tabel 4. Hasil Uji Paired Samples t-Test

Selisih Rata-rata	Standar Deviasi	Standar Error	t	df	Sig.
44.20	17.143	3.130	14.12	29	0.001

Hasil uji paired samples t-test pada Tabel 4 menunjukkan nilai signifikansi $0.001 < 0.05$. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya, terdapat perbedaan signifikan antara hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan Portable Solar Power Experiment Box.

Tabel 5. Nilai N-Gain

Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	N-Gain	Persentase	Kategori
47.47	91.67	0.838	83.80%	Tinggi

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai N-Gain sebesar 0,838 atau 83,80% berada pada kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar tidak hanya terjadi karena nilai awal siswa yang rendah, tetapi juga karena media pembelajaran mampu membantu siswa membangun pemahaman dan keterampilan secara bertahap melalui pengalaman praktik langsung. $N\text{-Gain} > 0.70$ sebagai peningkatan kategori tinggi.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar praktik siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan Portable Solar Power Experiment Box. Rata-rata nilai pretest sebesar 47.47 meningkat menjadi 91.67 pada posttest, dengan selisih sebesar 44.20 poin. Peningkatan tersebut memperlihatkan bahwa setelah pelaksanaan pembelajaran, siswa memperoleh capaian yang lebih baik pada kompetensi praktik yang diukur. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan media eksperimen tenaga surya dapat mendukung pembelajaran Teknik Energi Terbarukan melalui kegiatan yang menghubungkan pengetahuan konseptual dengan penerapannya dalam praktik. Secara pedagogis, media eksperimen memberikan kesempatan kepada siswa untuk mempelajari sistem pembangkit listrik tenaga surya melalui objek dan aktivitas yang konkret. Konsep konversi energi, hubungan antarkomponen, serta prosedur pengoperasian sistem dapat dipelajari melalui pengamatan dan pengujian secara langsung. Pengalaman tersebut memungkinkan siswa menghubungkan penjelasan teoretis dengan respons sistem yang diamati selama praktik. Meskipun proses pembentukan pemahaman tersebut tidak diukur secara terpisah dalam penelitian ini, pembelajaran melalui pengalaman langsung merupakan penjelasan pedagogis yang relevan terhadap peningkatan capaian siswa. Tinjauan dalam pendidikan teknik juga menempatkan kegiatan berbasis pengalaman sebagai sarana untuk menghubungkan pengetahuan dengan keterampilan yang diperlukan dalam situasi nyata, terutama ketika kegiatan praktik disusun melalui tugas proyek yang terarah (Lavado-Anguera et al., 2024).

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian mengenai penggunaan Solar Cell Teaching Kit pada pembelajaran konsep energi. Penelitian tersebut melaporkan bahwa kelompok yang menggunakan kit sel surya memperoleh rata-rata hasil belajar lebih tinggi daripada kelompok kontrol. Kesamaan kedua penelitian terletak pada penggunaan perangkat fisik tenaga surya sebagai media untuk membantu siswa mempelajari konsep dan penerapan energi. Namun, penelitian tersebut menggunakan kelompok kontrol, sedangkan hasil penelitian ini disajikan melalui perbandingan pretest dan posttest pada siswa yang sama. Oleh karena itu, keselarasan temuan dapat digunakan sebagai dukungan empiris terhadap manfaat media eksperimen, dengan tetap memperhatikan perbedaan kekuatan desain penelitian dalam menjelaskan pengaruh media (Sumarah & Wulandari, 2025).

Dukungan yang lebih dekat dengan karakteristik pendidikan vokasi ditemukan pada penelitian media pembelajaran berbasis IoT untuk program keahlian Teknik Energi Terbarukan di SMK. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan media berbasis IoT memperoleh rata-rata posttest sebesar 85.42, sedangkan pembelajaran tanpa media berbasis IoT memperoleh rata-rata sebesar 75.96. Temuan tersebut memperlihatkan relevansi penggunaan media teknis yang memungkinkan siswa mempelajari sistem energi terbarukan secara lebih konkret. Walaupun teknologi dan konfigurasi perangkatnya berbeda, kedua penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran yang menghubungkan materi dengan aktivitas teknis berpotensi mendukung pencapaian kompetensi siswa pada bidang energi terbarukan (Kayohana et al., 2023).

Hasil uji paired samples t-test menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest, dengan nilai t sebesar 14.12 dan derajat kebebasan 29. Hasil tersebut mendukung penolakan hipotesis nol mengenai tidak adanya perbedaan rata-rata hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran. Secara substantif, perbedaan ini menunjukkan bahwa pelaksanaan pembelajaran menggunakan Portable Solar Power Experiment Box diikuti oleh perubahan capaian praktik yang terukur. Temuan tersebut memiliki kesesuaian dengan penelitian pengembangan trainer instalasi PLTS pada siswa SMK yang menggunakan pengukuran pretest-posttest dan melaporkan rata-rata hasil belajar akhir sebesar 89.38. Penggunaan trainer tenaga surya beserta jobsheet pada konteks SMK lainnya juga dilaporkan menghasilkan rata-rata hasil belajar sebesar 85.2 (Abdulloh et al., 2025; Falaqi et al., 2025).

Nilai N-gain yang dilaporkan sebesar 0.838 termasuk dalam kategori tinggi berdasarkan kriteria klasifikasi yang digunakan dalam penelitian. Nilai tersebut menunjukkan besarnya peningkatan relatif terhadap peluang peningkatan skor yang tersedia dari kondisi awal siswa. Temuan ini mendukung hasil analisis deskriptif dan uji perbedaan yang menunjukkan peningkatan capaian setelah pembelajaran. Namun, N-gain tidak dapat ditafsirkan sebagai persentase kontribusi media terhadap hasil belajar ataupun sebagai bukti bahwa peningkatan sepenuhnya disebabkan oleh media. Penelitian alat peraga miniatur PLTS juga melaporkan peningkatan hasil belajar, dengan N-gain kelompok eksperimen sebesar 0.52 dan kelompok kontrol sebesar 0.32. Perbedaan besaran N-gain antarpelelitian perlu ditafsirkan secara hati-hati karena dipengaruhi oleh karakteristik peserta didik, instrumen, materi, dan pelaksanaan pembelajaran (Amnah, 2025).

Karakteristik portabel merupakan aspek penting dalam penggunaan media eksperimen tenaga surya. Perangkat yang mudah dipindahkan berpotensi mendukung pengaturan kegiatan praktik sesuai kebutuhan ruang dan kondisi pembelajaran. Penelitian perancangan PLTS portabel menekankan kemudahan pemasangan dan perakitan untuk

penggunaan di dalam maupun luar kelas. Sementara itu, evaluasi kit eksperimen tenaga surya menunjukkan bahwa kemudahan perakitan, penyimpanan, ketahanan, keamanan, dan portabilitas merupakan aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan perangkat. Dengan demikian, kebermanfaatan Portable Solar Power Experiment Box perlu dipahami melalui kesesuaian antara fungsi teknis perangkat dan kebutuhan pembelajaran. Karena penelitian ini berfokus pada hasil belajar, pengaruh khusus karakteristik portabilitas belum dapat dipisahkan dari keseluruhan perlakuan pembelajaran (Masta et al., 2025; Nurdin et al., 2025).

Penggunaan media juga perlu disertai kegiatan praktik yang terstruktur agar siswa memiliki tujuan, prosedur, dan indikator keberhasilan yang jelas. Jobsheet dapat mengarahkan siswa dalam melakukan pengamatan, mencatat hasil pengukuran, dan menjelaskan hubungan antara hasil eksperimen dengan konsep yang dipelajari. Pengembangan trainer PLTS multikonfigurasi dengan jobsheet berbasis pemecahan masalah memberikan contoh integrasi perangkat dan aktivitas pembelajaran dalam pendidikan vokasi. Penelitian kit eksperimen PLTS berbasis IoT juga melaporkan peningkatan kemampuan pemecahan masalah kreatif. Kedua referensi tersebut memperkuat argumentasi bahwa perangkat eksperimen sebaiknya digunakan sebagai bagian dari rancangan pembelajaran yang terarah, meskipun kemampuan pemecahan masalah belum diukur secara khusus dalam penelitian ini (Putra et al., 2026; Ullum et al., 2026).

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan media pembelajaran Portable Solar Power Experiment Box memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa kelas XI Teknik Energi Terbarukan di SMK Negeri 2 Soe. Hal ini dibuktikan melalui peningkatan rata-rata nilai dari 47.47 pada pretest menjadi 91.67 pada posttest dengan selisih 44.20 poin. Hasil paired samples t-test memperoleh nilai signifikansi $0.001 < 0.05$, sehingga terdapat perbedaan signifikan antara hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan. Tingkat efektivitas pembelajaran juga berada pada kategori tinggi dengan nilai N-Gain sebesar 0.838 atau 83.80%. Dengan demikian, Portable Solar Power Experiment Box bisa digunakan sebagai media pembelajaran praktik karena mampu meningkatkan pemahaman, keterampilan merakit dan mengoperasikan sistem PLTS.

Saran dari penelitian ini adalah guru dapat memanfaatkan Portable Solar Power Experiment Box sebagai media praktik utama maupun media pendukung pada materi sistem tenaga surya. Sekolah juga perlu mengembangkan perangkat pembelajaran pendamping, seperti jobsheet, rubrik penilaian, dan panduan keselamatan kerja agar penggunaan media lebih terarah. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan sampel yang lebih luas agar efektivitas media dapat dibandingkan secara lebih komprehensif pada berbagai konteks pembelajaran energi terbarukan.

Daftar Pustaka

- Abdulloh, M. R., Achmad, F., Kholis, N., & Zuhrie, M. S. (2025). Pengembangan Trainer Penerangan Jalan Umum (PJU) Solar Cell Sebagai Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Pada Mata Pelajaran Instalasi Penerangan Listrik Kelas XI TITL di SMK Ma'arif Driyorejo. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 14(1–5). <https://doi.org/jpte.v14n01.p1-5>

- Amnah, N. (2025). Pengaruh Penggunaan Alat Peraga Miniatur Pembangkit Energi Terbarukan listrik tenaga surya terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Siswa SMA. *Gravity Edu : Jurnal Pembelajaran Dan Pengajaran Fisika Pengaruh*, 8(2), 29–33. <https://doi.org/10.33627/ge.v8i2.3876>
- Arsyad, A. (2011). *Media Pembelajaran*. PT Raja Grafindo Persada.
- Chairat, A. S. N., Ridwan, M., Prayudi, Sany, N., Dody, Kusumastuti, D. P., Vaza, H., & Asnul, N. S. (2026). Pengenalan Energi Baru Terbarukan melalui Media Pembelajaran Interaktif pada Tingkat Pendidikan Dasar. *ABDIRA: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 276–284. <https://doi.org/10.31004/abdira.v6i1.1216>
- Falaqi, M. A., Sumbawati, M. S., Sulistiyo, E., & Kholis, N. (2025). 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*, 14(2), 87–95. <https://doi.org/10.26740/jpte.v14n02.p87-95>
- Hake, R. (2002). Relationship of Individual Student Normalized Learning Gains in Mechanics with Gender, High-School Physics, and Pretest Scores on Mathematics and Spatial Visualization. *Physics Education Research Conference*, 8(August 2002), 1–14. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=10EI2q8AAA-AJ&citation_for_view=10EI2q8AAAAJ:IjCSPb-OGc4C
- Jiang, W., Murphy, T. E., & Tsui, K.-L. (2006). Statistical Methods for Quality and Productivity Improvement. In H. Pham (Ed.), *Springer Handbook of Engineering Statistics*. British Library Cataloguing in Publication Data.
- Kayohana, K. W., Asnawi, R., & Amaria, M. A. (2023). The effectiveness of iot-based learning media for supporting renewable energy engineering expertise program in SMK. *Jurnal Pendidikan Tekonologi Kejuruan*, 29(Oktober), 170–188. <https://doi.org/10.21831/jptk.v29i2.52766>
- Kosim, A., Nurwidhia, R., Saputra, A. A. F., Anwari, C., Aini, F., Fitriana, R., & Ad-Afah, D. A. (2024). Media Pembelajaran Sebagai Alat Bantu Dalam Keberhasilan Proses Belajar Mengajar. *Jurnal Hasil Kegiatan Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 48–54. <https://doi.org/10.61132/inber.v2i1.130>
- Lavado-Anguera, S., Velasco-Quintana, P. J., & Terrón-López, M. J. (2024). Project-Based Learning (PBL) as an Experiential Pedagogical Methodology in Engineering Education: A Review of the Literature. *Education Sciences*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/educsci14060617>
- Masta, N., Manai, K., & Sianturi, M. (2025). Evaluating Effectiveness, Relevance, and Endurance in a Solar-Powered DC Hands-On Activity Using Rasch Modeling Hands-on experimental kits are essential for enhancing student engagement and conceptual understanding in physics education. *EDUMATSAINS: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 10(2), 91–106. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v10i2.7300>
- Nuridin, S., Irawan, N. D., Chabibi, N., & Dinnullah, R. N. I. (2025). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Portable Sebagai Media Pembelajaran Energi Terbarukan. *RAINSTEK: Jurnal Terapan Sains Dan Teknologi*, 7(1), 86–93. <https://doi.org/10.21067/jtst.v7i1.11500>
- Putra, G. M. E., Sriyanti, I., & Marlina, L. (2026). Development of an IoT-Based Solar Power Plant (PLTS) Experimental Kit as a CPS–STEM Learning Media in Junior High School. *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 12(2), 265–276. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v12i2.34701>

- Shaw, M. C. (2006). Engineering Statistics Handbook. In *Springer Handbook of Engineering Statistics* (pp. 375–407). British Library Cataloguing in Publication Data. <https://doi.org/10.1016/b978-081551447-3.50015-7>
- Siswanto, H., Tuwoso, & Suhartadi, S. (2024). Pengembangan Trainer Kendaraan Listrik Sederhana Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Dasar Otomotif di Jurusan Teknik Otomotif. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 9(3), 716–728. <https://doi.org/10.28926/briliant.v9i3.1763>
- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2019). *Instructional Technology and Media for Learning* (12th ed.). Pearson Education.
- Sumarah, J., & Wulandari, A. T. (2025). The Influence of Solar Cell Teaching Kit on Student Learning Outcomes on Energy Concepts. *Global Education Journal*, 3(2), 129–134. <https://doi.org/10.59525/gej.v3i2.646>
- Syaefudin, E. A., Kholil, A., Wulandari, D. A., Avianti, R. A., & Walujo, D. (2022). Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Media Pembelajaran di SMPN 3 Terisi Indramayu. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat 2022 (SNPPM-2022)*, 2022, 246–253.
- Tamal, C. P., Boesday, L. F., & Radja, A. K. (2025). Development of Interactive Multimedia-Based Learning Media Using Adobe Animate to Improve Student Learning Achievement at State Vocational High School 6 Kupang. *Information Technology Education Journal*, 4(2), 229–240. <https://doi.org/10.59562/intec.v4i2.8106>
- Ullum, M. B., Rahmawati, Y., & Amin, F. (2026). Development Of A Problem-Based Learning-Based Multi-Configuration Solar Power Generation Trainer With Integrated Jobsheet. *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 9(2), 179–191. <https://doi.org/10.17977/um038v9i22026p179-191>
- Wardani, I. B., & Ismayati, E. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Miniatur Trainer PJU Berbasis Solar Cell di SMK Negeri 1 Pungging Mojokerto. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 8(3), 465–469. <https://doi.org/10.26740/jpte.v8n3.p%25p>
- Yasmin, S. Y., Syah, F. F., Azka, A. A., & Aribowo, D. (2024). Energi Surya Sebagai Solusi Dalam Peningkatan Efisiensi Energi Perspektif SDGs 7 (Sustainable Development Goals 7) 2030 (Studi Kasus Penerapan Panel Surya Mewujudkan Smart And Green Campus di UNTIRTA). *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 108–117. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.252>