Indonesian Research Journal on Education

e-ISSN: 2775 – 8672, p-ISSN: 2775 – 9482
Volume 5 Nomor 3 Tahun 2025
Halaman: 868 – 874

Web: https://irje.org/index.php/irje

RESEARCH

Prototipe Lampu Tenaga Surya Sederhana Sebagai Media Edukasi Interaktif di SMK Swadipa 2 Natar

Fika Trisnawati[1], Sigit Doni Ramdan[2], Muhammad Anwar Sadat Faidar[3], Jaka Persada Sembiring[4]
Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia, Indonesia

fika_trisnawati@teknokrat.ac.id[1], sigit_doni_ramdan@teknokrat.ac.id[2], muhammad_anwar@teknokrat.ac.id[3], jakapersada@teknokrat.ac.id[4]

Kata Kunci:
Energi Surya, Media Edukasi, Prototipe, SMK, Modul Fotovoltaik.

Abstrak

Peningkatan konsumsi energi dan keterbatasan cadangan energi fosil di Indonesia menuntut upaya transisi menuju sumber energi terbarukan, salah satunya energi surya. Dalam konteks pendidikan vokasi, penguatan kompetensi siswa SMK di bidang energi terbarukan menjadi aspek penting yang perlu didukung dengan media pembelajaran yang aplikatif dan kontekstual. Namun, ketersediaan media yang mengintegrasikan teori dan praktik energi surya masih terbatas, terutama di SMK yang berada di wilayah terpencil. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan prototipe lampu hemat energi sederhana berbasis energi surya sebagai media edukasi interaktif di SMK Swadipa 2 Natar. Prototipe dikembangkan menggunakan pendekatan rekayasa yang berfokus pada kemudahan perakitan dan fungsionalitas edukatif, dengan komponen utama seperti panel surya mini, baterai lithium, modul pengisian, dan konverter tegangan. Evaluasi pedagogis terhadap 20 siswa dan 2 guru menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep energi surya, minat belajar, dan keterampilan perakitan. Evaluasi teknis menunjukkan bahwa prototipe mampu menyalakan lampu LED selama rata-rata 2 jam 32 menit setelah pengisian optimal selama 4–6 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa prototipe berfungsi efektif sebagai media pembelajaran praktis dan relevan dengan kurikulum kejuruan, serta dapat direplikasi pada konteks pendidikan serupa di SMK lainnya..

Key Word:
Solar Energy, Educational Media, Prototype, Vocational High School, Photovoltaic Module.

Abstract

Increased energy consumption and limited fossil fuel reserves in Indonesia necessitate a transition towards renewable energy sources, notably solar power. In the context of vocational education, strengthening the competencies of Vocational High School (SMK) students in renewable energy is a crucial aspect that requires support from applicable and contextual learning media. However, the availability of media integrating solar energy theory and practice remains limited, especially in SMKs located in remote areas. This research aims to design and implement a simple solar- powered energy-efficient lamp prototype as an interactive educational medium at SMK Swadipa 2 Natar. The prototype was developed using an engineering approach focusing on ease of assembly and educational functionality, with main components such as a mini solar panel, lithium battery, charging module, and voltage converter. Pedagogical evaluation involving 20 students and 2 teachers showed a significant improvement in solar energy conceptual understanding, learning interest, and assembly skills. Technical evaluation indicated that the prototype could illuminate an LED lamp for an average of 2 hours and 32 minutes after optimal charging for 4–6 hours. The findings demonstrate that the prototype effectively serves as a practical learning tool relevant to the vocational curriculum and can be replicated in similar educational contexts in other SMKs.

Copyright © 2025 Fika Trisnawati, Sigit Doni Ramdan, Muhammad Anwar Sadat Faidar, Jaka Persada Sembiring
*This work is licensed under an **Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)***

PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi energi nasional dan keterbatasan cadangan energi fosil menjadi perhatian utama di Indonesia, terutama dalam konteks target ambisius pemerintah untuk mencapai netralitas karbon pada tahun 2060 (ESDM, 2024). Dalam menghadapi tantangan ini, pemanfaatan energi surya yang melimpah di wilayah Indonesia (BMKG, 2023) menjadi salah satu solusi strategis dalam mendukung transisi menuju sistem energi yang berkelanjutan. Di lingkungan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), pembekalan kompetensi yang berkaitan dengan energi terbarukan sangat krusial untuk mempersiapkan lulusan yang mampu beradaptasi dengan kebutuhan industri dan pasar kerja hijau di masa depan (UNESCO, 2021). Namun demikian, masih terdapat keterbatasan dalam ketersediaan media pembelajaran yang praktis dan inovatif, khususnya media yang mampu mengintegrasikan teori dan praktik mengenai energi surya, terutama di SMK yang berlokasi di wilayah terpencil seperti SMK Swadipa 2 Natar (Badan Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Vokasi,

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

2023). Hal ini berdampak pada kurang optimalnya proses transfer pengetahuan dan keterampilan energi surya kepada peserta didik.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah banyak membahas tentang pengembangan teknologi pencahayaan hemat energi dan pemanfaatan energi surya. Sebagai contoh, penelitian oleh Lestari et al. (2023) menunjukkan efektivitas penggunaan lampu LED berbasis energi surya dalam mengurangi konsumsi energi listrik. Putra dan Wijaya (2022) juga mengkaji pemanfaatan panel surya mini untuk penerangan rumah tangga. Di ranah pendidikan, Susanto dan Ramadhan (2021) telah merancang prototipe pembangkit listrik tenaga surya skala kecil sebagai modul laboratorium pembelajaran. Akan tetapi, berdasarkan telaah terhadap state of the art yang tersedia, dapat disimpulkan bahwa mayoritas penelitian masih berfokus pada pengembangan produk akhir untuk keperluan konsumsi umum atau modul pelatihan dengan tingkat kompleksitas yang tinggi. Analisis kesenjangan ini mengindikasikan masih terbatasnya penelitian yang secara khusus merancang prototipe lampu hemat energi sederhana berbasis energi surya sebagai media edukasi interaktif yang mempertimbangkan aspek kemudahan perakitan dan pemahaman oleh siswa SMK (Ahmad & Khan, 2020; Chen et al., 2019). Penelitian-penelitian terdahulu belum secara eksplisit membahas bagaimana sebuah prototipe dapat berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan literasi dan keterampilan siswa dalam merakit serta memahami sistem energi surya secara mandiri.

Dengan mempertimbangkan celah penelitian tersebut, studi ini menjadi relevan dan mendesak untuk dilakukan. Pembelajaran yang bersifat teoretis semata sering kali kurang mampu menumbuhkan minat dan keterampilan praktis siswa terhadap teknologi energi terbarukan. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang aplikatif, mudah dipahami, dan dapat langsung dioperasikan oleh siswa, guna menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik. Perancangan prototipe lampu hemat energi sederhana berbasis energi surya sebagai media pembelajaran untuk siswa SMK Swadipa 2 Natar diharapkan dapat mengatasi keterbatasan sarana belajar yang ada, sekaligus mendorong kreativitas dan inovasi peserta didik. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada fokus perancangan prototipe yang bersifat modular dan ramah pengguna (*user-friendly*) bagi siswa SMK, serta secara khusus dirancang untuk mendukung pembelajaran secara langsung (*hands-on*) terkait prinsip kerja komponen energi surya, bukan semata-mata sebagai produk fungsional. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi model pembelajaran praktis yang dapat direplikasi di SMK lainnya.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis *Research and Development* (R&D) yang difokuskan pada tahap pengembangan dan pengujian prototipe lampu hemat energi berbasis energi surya. Proses pengembangan mengadopsi pendekatan rekayasa (*engineering approach*) dengan orientasi pada kemudahan perakitan dan keberfungsian sistem sebagai media pembelajaran praktis di lingkungan SMK.

Analisis

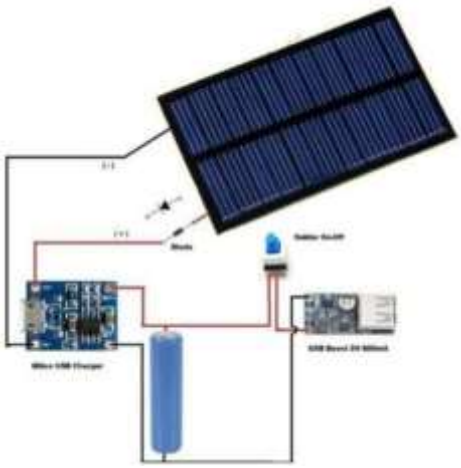
Tahap ini berfokus pada identifikasi kebutuhan spesifik siswa SMK Swadipa 2 Natar terhadap media pembelajaran energi surya. Analisis dilakukan melalui observasi langsung di lingkungan sekolah untuk memahami fasilitas yang tersedia dan tingkat pengetahuan awal siswa terkait teknologi surya. Wawancara mendalam dilakukan dengan guru mata pelajaran produktif yang relevan untuk menggali harapan dan tantangan dalam penyampaian materi energi terbarukan. Informasi ini menjadi landasan untuk merumuskan spesifikasi fungsional dan non-fungsional prototipe lampu.

Perancangan Prototipe

Pada tahap perancangan, arsitektur sistem lampu hemat energi berbasis surya dirancang secara detail berdasarkan ketersediaan komponen dan tujuan edukasi. Pemilihan komponen meliputi panel surya fotovoltaik monokristalin 5V 0.8W sebagai sumber energi utama, Dioda Schottky 1A untuk mencegah arus balik, baterai lithium 3.7 V sebagai penyimpan energi, modul mikro USB *charger* TP4056 untuk manajemen pengisian baterai, modul USB *booster* 5V 600mA untuk menaikkan tegangan baterai ke level yang dibutuhkan LED, mini saklar sebagai kontrol daya, dan Mini USB LED sebagai output pencahayaan.

Desain elektrikal, seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dirancang untuk memastikan konektivitas yang tepat dan fungsionalitas optimal antar komponen. Pertimbangan utama dalam perancangan ini adalah aspek ergonomi, kemudahan perakitan oleh siswa sebagai bagian dari proses pembelajaran, serta perlindungan komponen dari faktor eksternal. Rancangan ini bertujuan agar siswa dapat memahami aliran energi dan peran setiap komponen secara langsung melalui perakitan dan pengoperasian.

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482



Gambar 1. Desain elektrikal lampu tenaga surya

Prototipe sistem lampu hemat energi berbasis surya ini bekerja melalui serangkaian komponen yang saling terintegrasi. Panel surya berfungsi sebagai sumber utama energi dengan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah (DC). Energi listrik yang dihasilkan kemudian dialirkan melalui sebuah dioda, yang berfungsi untuk mencegah arus balik dari baterai ke panel saat kondisi gelap atau panel tidak aktif. Selanjutnya, arus listrik masuk ke dalam modul pengisian TP4056 *(Micro USB Charger Module*), yang dirancang untuk mengatur proses pengisian ke baterai Li-Ion 3.7V secara aman dan efisien, yang dilengkapi dengan fitur proteksi *overcharge*. Energi yang tersimpan dalam baterai kemudian dapat disalurkan ke beban melalui sebuah sakelar on/off yang memungkinkan pengguna mengontrol aliran daya. Sebelum mencapai beban, tegangan dari baterai ditingkatkan oleh modul USB *boost converter* menjadi 5V agar sesuai dengan kebutuhan tegangan pada lampu LED 5V.

Implementasi Edukasi Kepada Siswa

Prototipe lampu yang telah berfungsi akan diimplementasikan sebagai media edukasi di SMK Swadipa 2 Natar. Implementasi dilakukan melalui sesi *workshop* yang melibatkan 30 siswa dari kelas XI jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik yang berlangsung selama 3 jam. Siswa dipandu untuk merakit prototipe lampu tenaga surya tersebut dari komponen yang telah disiapkan, mengoperasikannya, dan mengamati prinsip kerjanya. Selama proses implementasi, data observasi partisipatif dan kuesioner akan dikumpulkan untuk menangkap respons, interaksi, serta tingkat pemahaman siswa terhadap prototipe dan konsep energi surya yang dijelaskan.

Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menilai kelayakan dan efektivitas prototipe sebagai media edukasi. Evaluasi terbagi menjadi dua aspek: evaluasi teknis dan evaluasi pedagogis. Evaluasi teknis mencakup pengujian kinerja prototipe dalam jangka waktu tertentu, seperti durasi nyala lampu penuh setelah pengisian optimal, serta daya tahan komponen. Evaluasi pedagogis dilakukan melalui perbandingan hasil pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman konseptual dan keterampilan perakitan siswa. Kuesioner diberikan kepada siswa dan guru untuk mendapatkan masukan kualitatif mengenai kemudahan penggunaan, daya tarik, dan relevansi prototipe sebagai alat pembelajaran. Data hasil evaluasi akan dianalisis untuk mengidentifikasi area perbaikan dan pengembangan lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBHASAN

Hasil Perancangan dan Fungsionalitas Prototipe Lampu Surya

Prototipe lampu hemat energi berbasis surya yang dikembangkan dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan perakitan dan pemahaman siswa. Prototipe ini terdiri dari panel surya fotovoltaik monokristalin 5V 0.8W, dioda *Schottky* 1A, baterai *lithium* 3.7V, modul Mikro *USB charger* TP4056, modul *USB Booster* 5V 600mA, mini saklar *On-Off*, dan *Mini USB LED*. Komponen-komponen ini dirangkai seperti yang dijelaskan pada bagian metode sehingga menghasilkan sistem yang ringkas dan fungsional.

Fungsionalitas utama Prototipe Lampu Tenaga Surya adalah mengkonversi energi surya menjadi energi listrik untuk mengisi baterai, kemudian menggunakan energi tersimpan tersebut untuk menyalakan lampu LED. Pengujian awal menunjukkan bahwa panel surya mampu menghasilkan tegangan yang cukup untuk mengaktifkan modul pengisian di bawah sinar matahari langsung, dan modul *charger* berhasil mengisi baterai. Lampu LED dapat menyala terang saat dihubungkan ke baterai melalui saklar dan modul *booster*. Desain modular ini memungkinkan siswa untuk melihat dan memahami setiap bagian sistem secara terpisah sebelum merakitnya menjadi satu kesatuan.

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482



Gambar 2. Siswa Melakukan Perakitan Lampu Tenaga Surya



Gambar 3. Siswa Berhasil Merangkai Lampu Tenaga Surya

Analisis Efektivitas sebagai Media Edukasi

Efektivitas prototipe sebagai media edukasi diukur melalui evaluasi pedagogis yang melibatkan 20 siswa dan 2 guru. Hasil evaluasi dari siswa, seperti yang terangkum pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Evaluasi dari Siswa (N=20)

No.	Indikator Evaluasi	Rata-rata Skor (Skala 1-5)	Interpretasi	Kesimpulan/Ringkasan Kualitatif
1.	Kemudahan Pemahaman Konsep	4.3	Sangat Baik	"Membantu banget ngerti cara kerja panel surya." "Jadi lebih jelas konsep energi terbarukan."
2.	Peningkatan Min at Belajar	4.5	Sangat Baik	"Seru karena bisa praktik langsung, jadi enggak bosan." "Pengen belajar lebih banyak tentang surya."
3.	Keterampilan Perakitan & Instalasi	4.2	Baik	"Lumayan mudah dirakit, instruksinya jelas." "Butuh sedikit bantuan di awal, tapi lama-lama lancar."
4.	Relevansi deng an Materi Pelajaran	4.4	Sangat Baik	"Sangat nyambung sama pelajaran elektronika dan kelistrikan." "Bisa buat persiapan lomba."
5.	Desain & Tampilan Prototipe	4.1	Baik	"Desainnya sederhana dan bersih." "Ukuran pas buat dipegang."
6.	Kemudahan Penggunaan	4.6	Sangat Baik	"Gampang banget dioperasikan, tinggal sambung." "Enggak ribet."
7.	Daya Tahan & Keamanan Prototipe	3.8	Cukup Baik	"Terlihat cukup kuat." "Beberapa kabel perlu dirapikan sedikit agar lebih aman."
8.	Keinginan untuk Mengembangkan	4.7	Sangat Baik	"Pengen banget bikin proyek serupa di rumah." "Bisa dikembangin jadi lampu otomatis."

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Berdasarkan Tabel Hasil Evaluasi Pedagogis dari Siswa, menunjukkan respon yang sangat positif. Rata-rata skor untuk indikator "Peningkatan Minat Belajar" mencapai 4.5, mengindikasikan bahwa pembelajaran *hands-on* dengan prototipe ini sangat efektif dalam menarik perhatian dan antusiasme siswa. Siswa merasa lebih mudah memahami konsep energi surya (rata-rata skor 4.3) dan meningkatkan keterampilan perakitan (rata-rata skor 4.2), yang sebelumnya mungkin sulit dipahami hanya dari teori. Sehingga sejalan dengan prinsip konstruktivisme dalam pendidikan vokasi, di mana pembelajaran yang melibatkan aktivitas fisik dan pengalaman langsung akan lebih bermakna dan bertahan lama (Sugiyono, 2019).

Tabel 2. Hasil Evaluasi dari Guru (N=2)

No.	Indikator Evaluasi	Guru 1 (1-5)	Guru 2 (1-5)	Rata-Rata	Interpretasi	Kesimpulan/Ringkasan Kualitatif
1.	Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa	5	4	4.5	Sangat Baik	"Siswa jadi lebih cepat nangkap materi energi surya." "Lebih visual dan konkret."
2.	Mendorong Keterlibatan Siswa	5	5	5.0	Sangat Baik	"Siswa sangat antusias dan aktif selama praktik." "Tidak ada yang pasif."
3.	Keselarasan dengan Kurikulum	5	4	4.5	Sangat Baik	"Sangat sesuai dengan KD [Kompetensi Dasar] instalasi listrik tenaga surya." "Bisa jadi bagian integral praktikum."
4.	Kemudahan Implementasi di Kelas/Lab	4	4	4.0	Baik	"Alatnya *portable* dan mudah dibawa." "Jumlah unit perlu ditambah untuk kelompok besar."
5.	Potensi Pengembangan Lebih Lanjut	5	5	5.0	Sangat Baik	"Bisa jadi dasar project based learning." "Ada potensi dikembangkan jadi modul yang lebih kompleks."
6.	Aspek Keselamatan Penggunaan	4	4	4.0	Baik	"Secara umum aman, perlu penekanan pada kerapian kabel." "Siswa perlu dibiasakan prosedur keselamatan."

Dari sisi guru, hasil evaluasi pada Tabel 2 juga menunjukkan dukungan kuat terhadap prototipe ini sebagai alat bantu mengajar. Guru memberikan rata-rata skor 4.5 untuk "Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa" dan 5.0 untuk "Mendorong Keterlibatan Siswa". Para guru menilai bahwa prototipe ini sangat selaras dengan kurikulum (rata-rata skor 4.5) dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi materi *project based learning* yang lebih kompleks. Komentar guru menegaskan bahwa media pembelajaran yang konkret seperti ini mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, yang seringkali menjadi tantangan dalam pengajaran teknologi (Pratama & Dewi, 2022). Prototipe ini memungkinkan siswa untuk "belajar sambil berbuat" (*learning by doing*), sebuah pendekatan yang terbukti efektif dalam pendidikan kejuruan (UNESCO, 2021).

Analisi Evaluasi Teknis Prototipe

Evaluasi teknis dilakukan selama lima hari berturut-turut sebelum melaksanakan *workshop* kepada siswa dengan tujuan untuk mengukur kinerja prototipe, khususnya durasi nyala lampu LED setelah melalui proses pengisian daya secara optimal menggunakan panel surya. Fokus pengujian adalah untuk menilai seberapa lama lampu dapat menyala setelah baterai menerima suplai energi dari paparan sinar matahari dalam berbagai kondisi cuaca. Hasil pengujian dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Durasi Nyala Lampu

Hari ke-	Kondisi Cuaca	Durasi Pengisian	Tegangan Baterai (V)	Nyala Lampu (jam:menit)	Keterangan
1	Cerah	4 jam	4.1	2:45	Pengisian optimal.
2	Berawan Tipis	5 jam	4.0	2:30	Cahaya cukup stabil.
3	Mendung	6 jam	3.8	2:00	Pengisian kurang maksimal.
4	Sangat Cerah	4 jam	4.1	2:50	Kondisi optimal penuh.
5	Cerah Berawan	5 jam	4.0	2:35	Cuaca sedikit bervariasi.
Rata-rata		4.8 jam	4.0 Volt	2 jam 32 menit	

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

Berdasarkan data yang diperoleh, rata-rata durasi nyala lampu setelah pengisian berada pada kisaran 2 jam 30 menit, dengan waktu pengisian rata-rata selama 4 hingga 6 jam. Durasi tersebut menunjukkan performa yang cukup stabil, meskipun terdapat variasi ringan yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari harian. Dapat diamati bahwa semakin optimal kondisi pencahayaan saat proses pengisian (misalnya pada hari dengan cuaca cerah atau sangat cerah), maka energi yang disimpan dalam baterai juga lebih maksimal, yang kemudian berdampak pada durasi nyala lampu yang lebih panjang.

Fluktuasi durasi nyala lampu sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 berkorelasi langsung dengan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya saat proses pengisian. Hal ini menegaskan pentingnya faktor lingkungan, khususnya kondisi cuaca, terhadap efektivitas sistem penyimpanan dan pemanfaatan energi pada prototipe sistem surya skala kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian ini berhasil dlam merancang dan mengimplementasikan prototipe lampu hemat energi sederhana berbasis energi surya yang didedikasikan sebagai media edukasi interaktif bagi siswa SMK Swadipa 2 Natar. Prototipe yang dikembangkan, terdiri dari panel surya, baterai lithium, dan modul kontrol terkait, menunjukkan fungsionalitas yang baik dan kesederhanaan perakitan. Dari evaluasi pedagogis yang melibatkan 20 siswa dan 2 guru, ditemukan peningkatan signifikan pada minat belajar siswa, kemudahan pemahaman konsep dasar energi surya, serta pengembangan keterampilan perakitan komponen elektronika. Evaluasi teknis juga menunjukkan bahwa prototipe mampu beroperasi secara konsisten, dengan durasi nyala lampu rata-rata selama 2 jam 32 menit setelah pengisian selama 4–6 jam, bergantung pada intensitas cahaya matahari. Tingkat penerimaan media ini oleh siswa dan guru sangat tinggi, menegaskan relevansinya sebagai alat bantu ajar yang efektif dan selaras dengan kurikulum kejuruan. Dengan demikian, prototipe lampu tenaga surya ini secara efektif menjawab permasalahan penelitian terkait kebutuhan media pembelajaran aplikatif untuk meningkatkan kompetensi siswa di bidang energi terbarukan. Aplikasi prototipe ini sangat potensial untuk diintegrasikan dalam kurikulum mata pelajaran produktif di SMK, tidak hanya di Natar tetapi juga di sekolah kejuruan lainnya, untuk menumbuhkan literasi energi dan mempersiapkan siswa dengan keterampilan praktis yang dibutuhkan industri hijau. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan prototipe dengan fitur monitoring data energi atau menambahkan elemen IoT untuk meningkatkan kompleksitas dan tantangan belajar siswa, serta melakukan pengujian jangka panjang pada daya tahan komponen.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Yayasan Pendidikan Teknokrat atas dukungan dana penelitian ini melalui skema Pengabdian Kepada Masyarakat. Apresiasi juga disampaikan kepada pihak SMK Swadipa 2 Natar atas fasilitas dan kesempatan yang diberikan untuk pelaksanaan edukasi dan perakitan prototipe di lingkungan sekolah.

DAFTAR REFERENSI

Ahmad, S., & Khan, M. A. (2020). Designing and developing an interactive solar energy learning module for vocational education and training. *Journal of Renewable Energy Education*, *15*(3), 210-225.

Astuti, Y. W., & Santoso, H. B. (2022). Evaluasi efektivitas media pembelajaran prototipe pembangkit listrik tenaga surya terhadap pemahaman siswa SMK. *Jurnal Inovasi Pendidikan Vokasi*, *7*(1), 45-56.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Vokasi. (2023). *Laporan analisis kebutuhan media pembelajaran vokasi di daerah penyangga*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

BMKG. (2023). *Data potensi energi surya di Indonesia tahun 2022*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.

Chen, W., Li, J., & Wang, L. (2019). Development of an educational kit for photovoltaic system in vocational high schools. *International Journal of Electrical Engineering Education*, *56*(4), 389-402.

ESDM. (2024). *Outlook energi nasional 2024*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Diakses dari https://www.esdm.go.id/

Hadi, A. F., & Firmansyah, A. (2023). Perancangan dan pengujian prototipe sistem penerangan jalan umum tenaga surya skala kecil. *Jurnal Teknologi Elektro*, *14*(2), 112-120.

Kurniawan, B., & Santoso, R. (2024). Pengembangan modul praktikum energi surya sederhana untuk meningkatkan kompetensi siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi Teknik Elektronika*, *12*(1), 1-10.

Lestari, D., Handayani, R., & Permana, A. (2023). Analisis efisiensi lampu LED berbasis panel surya sebagai alternatif pencahayaan hemat energi. *Jurnal Rekayasa Energi Terbarukan*, *4*(1), 30-40.

Pratama, I. A., & Dewi, P. R. (2022). Analisis kebutuhan pengembangan media pembelajaran interaktif untuk

e-ISSN: 2775 – 8672
p-ISSN: 2775 – 9482

mata pelajaran energi terbarukan di SMK. *Jurnal Riset Pendidikan Teknologi Informasi*, *6*(2), 123-132.

Puspita, D., & Hidayat, R. (2024). Pengaruh penggunaan media pembelajaran prototipe panel surya mini terhadap minat belajar siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, *14*(1), 78-89.

Putra, Y. E., & Wijaya, K. (2022). Studi komparatif kinerja panel surya ukuran kecil untuk aplikasi penerangan rumah tangga di daerah pedesaan. *Jurnal Energi Terbarukan*, *3*(2), 85-95.

Putri, S. A., & Nugroho, A. (2021). Evaluasi media pembelajaran interaktif berbasis web untuk materi energi terbarukan di sekolah menengah kejuruan. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, *18*(1), 60-70.

Rahmawati, I., & Sari, D. P. (2023). Kebutuhan pengembangan media pembelajaran augmented reality pada mata pelajaran energi terbarukan di SMK. *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran*, *8*(1), 1-12.

Saputro, D. A., & Nugroho, T. A. (2021). Desain dan implementasi sistem pencahayaan tenaga surya untuk ruang kelas. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, *10*(1), 34-42.

SolarPower Europe. (2022). *Global market outlook for solar power 2022-2026*. SolarPower Europe. Diakses dari https://www.solarpowereurope.org/

Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Suryani, N., & Setiawan, D. (2023). Pengujian unjuk kerja prototipe lampu penerangan tenaga surya untuk aplikasi indoor. *Jurnal Rekayasa Energi*, *5*(1), 10-18.

Susanto, A., & Ramadhan, M. I. (2021). Pengembangan prototipe pembangkit listrik tenaga surya skala kecil sebagai media praktikum di laboratorium teknik listrik. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, *7*(1), 35-42.

Timmerman, R. W. (2020). *Renewable energy systems: A practical guide for engineers*. CRC Press.

UNESCO. (2021). *Education for sustainable development: A roadmap*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Diakses dari https://unesdoc.unesco.org/

Wahyudi, S., & Putra, R. (2024). Studi kasus implementasi modul praktikum energi surya di SMK XYZ. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, *15*(1), 22-30.

Widodo, A., & Kurniawan, E. (2020). Perancangan sistem kontrol otomatis pada lampu taman tenaga surya. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, *11*(2), 100-108.

World Energy Council. (2020). *World energy trilemma index 2020*. World Energy Council. Diakses dari https://www.worldenergy.org/