

Pengembangan *Training Kit Solar Tracker* Berbasis Arduino untuk Meningkatkan Kreativitas dan Motivasi Belajar Peserta Didik

Achmad Yogi Pramana¹, Joko², Tri Rijanto³, Yulia Fransisca⁴

Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya^{1,2,3,4}

*Email Korespondensi: achmad.22056@mhs.unesa.ac.id

Diterima: 18-05-2026 | Disetujui: 23-05-2026 | Diterbitkan: 25-05-2026

ABSTRACT

The limited interactive learning media regarding renewable energy in vocational schools has an impact on the low creativity and learning motivation of students. This study aims to develop a feasible, practical, and effective Arduino-based Solar Tracker Training Kit. Using the ADDIE model Research and Development (R&D) method, this research was conducted at SMKN 3 Jombang with 36 subjects of grade XI Industrial Electronics Engineering through a one-group pre-test post-test design. Data were collected through observation, interviews, questionnaires, and tests using validation sheet instruments, response surveys, and evaluation questions. Data analysis applied descriptive statistics percentages, N-Gain tests, and Wilcoxon tests because the data were not normally distributed (< 0.05). The results showed that the product was "Very Feasible" according to material experts (89.28%) and media experts (91.66%), and "Very Practical" based on student responses (82.36%). This tool was proven to be effective in increasing creativity (N-Gain 0.79) and learning motivation (N-Gain 0.82) in the high category. The Wilcoxon test confirmed the findings with a significant difference between pre-test and post-test scores (Asymp. Sig. < 0.05). It was concluded that this media is feasible and effective for implementation in vocational schools. Future development is recommended to integrate an IoT-based monitoring system and develop specific teaching modules.

Keywords: *Training Kit; Solar Tracker; Arduino; Creativity; Learning Motivation.*

ABSTRAK

Keterbatasan media pembelajaran interaktif mengenai energi terbarukan di SMK berdampak pada rendahnya kreativitas dan motivasi belajar peserta didik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *Training Kit Solar Tracker* berbasis Arduino yang layak, praktis, dan efektif. Menggunakan metode *Research and Development* (R&D) model ADDIE, riset ini dilaksanakan di SMKN 3 Jombang dengan subjek 36 siswa kelas XI Teknik Elektronika Industri melalui desain *one group pre-test post-test*. Data dihimpun via observasi, wawancara, angket, dan tes menggunakan instrumen lembar validasi, survei respon, serta soal evaluasi. Analisis data menerapkan statistik deskriptif persentase, uji N-Gain, dan uji Wilcoxon karena data tidak berdistribusi normal ($< 0,05$). Hasil penelitian menunjukkan produk "Sangat Layak" menurut ahli materi (89,28%) dan ahli media (91,66%), serta "Sangat Praktis" berdasarkan respon siswa (82,36%). Alat ini terbukti efektif meningkatkan kreativitas (N-Gain 0,79) dan motivasi belajar (N-Gain 0,82) dalam kategori tinggi. Uji Wilcoxon memperkuat temuan dengan adanya perbedaan signifikan nilai *pre-test* dan *post-test* (Asymp. Sig. $< 0,05$). Disimpulkan bahwa media ini layak dan efektif diterapkan di SMK. Pengembangan ke depan disarankan mengintegrasikan sistem monitoring berbasis IoT dan menyusun modul ajar spesifik.

Katakunci: *Training Kit; Solar Tracker; Arduino; Kreativitas; Motivasi Belajar.*

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Pramana, A. Y., Joko, J., Rijanto, T., & Fransisca, Y. . (2026). Pengembangan Training Kit Solar Tracker Berbasis Arduino untuk Meningkatkan Kreativitas dan Motivasi Belajar Peserta Didik. *Educational Journal*, 1(4), 1355-1364. <https://doi.org/10.63822/h094b049>

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi dan akselerasi sektor industri di Indonesia saat ini memicu lonjakan kebutuhan energi yang masif. Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara tidak hanya mengancam ketahanan energi nasional, tetapi juga memperparah degradasi lingkungan akibat polusi global. Menanggapi isu ini, berbagai regulasi di tingkat nasional maupun internasional mulai diperketat guna membatasi konsumsi energi fosil dan menekan laju pemanasan global. Pada sektor industri, urgensi pengalihan sumber energi menjadi sangat krusial, khususnya dalam pemenuhan kebutuhan listrik dan sistem pemanas. Di antara berbagai opsi yang tersedia, energi surya menempati posisi strategis sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang paling potensial karena ketersediaannya yang melimpah dan ramah lingkungan (Brilliyan Hadid Setiawan Putra & Dzulkifli, 2021).

Pemanfaatan energi surya berskala besar umumnya diintegrasikan melalui konversi teknologi panel surya (*photovoltaic*). Secara teoritis, penyerapan radiasi matahari akan mencapai titik optimal apabila arah datangnya sinar jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya (Fitria, 2023). Kendati demikian, perkembangan terkini di lapangan menunjukkan bahwa mayoritas instalasi panel surya masih menerapkan sistem sudut elevasi tetap (*fixed elevating angles*). Penggunaan sistem statis ini menjadi hambatan utama karena panel tidak mampu beradaptasi dengan pergerakan matahari dari timur ke barat, sehingga konversi energi yang dihasilkan jauh dari kapasitas maksimum (Hakim & Sukma Muhammad, 2022). Guna meningkatkan efisiensi daya keluaran tersebut, pemetaan teknologi terbaru merekomendasikan penerapan sistem pelacak surya atau *solar tracker* yang terbukti mampu mendongkrak produksi listrik secara signifikan dibandingkan sistem statis (Nugraha & Krismanto, 2023).

Di era modern, dunia pendidikan memegang tanggung jawab besar dalam menyiapkan generasi muda menghadapi tantangan pemanfaatan energi terbarukan ini. Selaras dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang mengutamakan pembelajaran kontekstual dan bermakna, pengenalan teknologi energi surya di sekolah kejuruan akan jauh lebih efektif jika diimbangi dengan kegiatan berbasis praktik langsung (Syafriani *et al.*, 2025). Proses internalisasi konsep teknik yang kompleks memerlukan alat peraga yang memadai guna mengoptimalkan fungsi panca indra siswa, sehingga dapat memicu kemampuan berpikir logis dan menstimulasi kreativitas mereka. Di samping itu, motivasi belajar siswa juga menjadi determinan utama keberhasilan akademik pada materi teknologi semacam ini. Penggunaan media praktikum interaktif berbasis mikrokontroler terbukti mampu membangkitkan minat dan partisipasi aktif siswa dalam mengeksplorasi sistem kontrol secara riil (Khorunnisa, 2022). Namun, fakta di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan yang cukup besar; banyak sekolah belum memiliki perangkat praktikum pembangkit listrik tenaga surya yang memadai, atau alat yang tersedia memiliki dimensi yang terlalu besar dan tidak praktis untuk digunakan di ruang kelas (Susilawati *et al.*, 2023).

Kesenjangan nyata ini terkonfirmasi berdasarkan hasil observasi awal peneliti di SMK Negeri 3 Jombang. Proses pembelajaran materi energi surya masih didominasi oleh metode ceramah konvensional berbantuan *powerpoint*, sehingga siswa belum mendapatkan pengalaman belajar yang aplikatif. Akibatnya, pemahaman siswa mengenai mekanisme panel surya dinamis masih sangat rendah dan mereka cenderung pasif di kelas. Bukti empiris menunjukkan bahwa hanya 40% (12 dari 36 siswa) yang memiliki kreativitas pada kategori cukup, dan hanya 40% siswa yang menunjukkan motivasi belajar pada kategori cukup.

Minimnya ketersediaan alat peraga modern yang relevan dengan tuntutan industri 4.0 membuat konsep energi terbarukan yang sejatinya dinamis dipahami siswa hanya sebatas teori abstrak.

Untuk menutup kesenjangan antara teori di buku teks dan realitas praktik di sekolah, penelitian ini menawarkan kontribusi ilmiah melalui pengembangan *Training Kit Solar Tracker* berbasis Arduino. Pemilihan platform Arduino didasarkan pada karakteristiknya yang ramah pengguna (*user-friendly*), sehingga sangat ideal untuk mengintegrasikan logika pemrograman, elektronika, dan mekanika secara simultan (Laksono, 2023). Melalui keterlibatan langsung dalam merakit dan memprogram sistem pelacak otomatis ini, siswa tidak sekadar menjadi konsumen informasi, melainkan ditantang untuk memecahkan problem teknis penyerapan energi. Kontribusi utama dari penelitian ini difokuskan untuk membuktikan secara empiris bahwa implementasi *training kit* energi terbarukan yang ekonomis dan aplikatif dapat menjadi solusi konkret untuk mendongkrak motivasi belajar sekaligus menstimulasi kreativitas siswa di SMK. Berdasarkan uraian di atas, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan, menguji tingkat kelayakan, mengukur kepraktisan, serta membuktikan efektivitas penggunaan *Training Kit Solar Tracker* berbasis Arduino sebagai media pembelajaran interaktif bagi siswa kelas XI Teknik Elektronika Industri di SMK Negeri 3 Jombang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Research and Development* dengan menggunakan model ADDIE, dikarenakan pada penelitian ini menghasilkan produk berupa *solar tracker* sebagai alat peraga. Penelitian ini merupakan metode untuk mengembangkan produk baru, model, prosedur, teknik dan alat-alat yang didasarkan pada metode dan analisis dari permasalahan yang spesifik (Sugiyono, 2023). ADDIE merupakan singkatan dari *Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate*. ADDIE adalah model R&D yang optimal untuk pengembangan media pembelajaran, karena runtutannya memungkinkan validasi ahli dan uji coba lapangan, sehingga meningkatkan kreativitas siswa melalui proses desain prototipe. Penelitian ini berlangsung di SMK Negeri 3 Jombang pada tahun ajaran 2025/2026. Populasi dari penelitian ini adalah siswa kelas XI SMK Negeri 3 Jombang Kompetensi Keahlian Teknik Elektronika Industri sebanyak 1 kelas dan sampel penelitian ini adalah siswa kelas XI TEI sebanyak 36 siswa. Berikut penjelasan tentang prosedur pengembangan model ADDIE.

1. *Analyze*

a. *Determine the present condition*

Peneliti melakukan observasi dan wawancara. Observasi dan wawancara dilakukan untuk mengetahui kondisi kegiatan pembelajaran dan media pembelajaran yang sedang digunakan.

b. *Devine the job*

Peneliti menganalisis capaian pembelajaran yang dipilih. Capaian pembelajaran (CP) yang dipilih adalah sistem elektronika pada pembangkit listrik tenaga surya. Capaian ini dipilih pada elemen penerapan rangkaian elektronika.

c. *Rank the goals in order of impoetance*

Peneliti menentukan tujuan-tujuan dalam pengembangan media pembelajaran. Media pembelajaran yang dikembangkan diharapkan dapat menarik minat peserta didik sehingga mampu meningkatkan kreativitas dan motivasi belajar peserta didik.

d. *Determine positive area*

Peneliti menganalisis kelebihan yang dimiliki sekolah, kelas atau pendukung lainnya yang bisa dijadikan peluang untuk pengembangan media pembelajaran.

e. *Set priorities for action*

Peneliti menentukan tindakan yang dilakukan untuk mewujudkan tujuan, yakni mengembangkan media pembelajaran pada elemen penerapan rangkaian elektronika CP sistem elektronika pada pembangkit listrik tenaga surya.

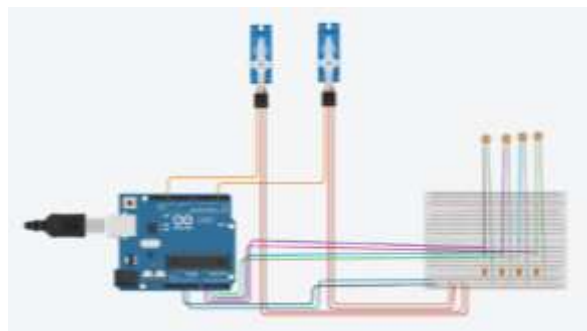
2. *Design*

Peneliti membuat rancangan *training kit solar tracker* yang berperan sebagai alat atau media belajar. Pada tahap ini peneliti membuat desain *training kit* dan desain skematik prototype mikrokontrolernya.

Desain *training kit* bisa dilihat pada gambar 1 dan desain skematik prototype mikrokontroler bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. *Training Kit Solar Tracker*



Gambar 2. Skematik Mikrokontroler *Solar Tracker*

3. *Development*

Pembuatan alat peraga berupa *solar tracker* berbasis arduino, merupakan bentuk dari pengembangan media penelitian ini sudah sesuai dengan capaian pembelajaran pada kurikulum merdeka yaitu, sistem elektronika pada pembangkit listrik tenaga surya. Perancangan *solar tracker* ini dibuat 3D, sehingga *solar tracker* dapat diaplikasikan langsung dalam pembelajaran. Setelah pembuatan *solar tracker* selesai, tahapan selanjutnya akan dilakukan penilaian *solar tracker* oleh dosen sebagai validator. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi apakah *solar tracker* yang telah dibuat layak atau tidak layak digunakan, dengan kriteria yang telah ditentukan. Setelah mendapatkan hasil, peneliti merevisi produk dengan saran yang telah diberikan. Setelah melalui revisi tahap pertama, produk akan diajukan kembali kepada validator untuk melakukan validasi tahap selanjutnya. Setelah produk dinyatakan layak, maka produk akan diujikan kepada siswa. Langkah selanjutnya adalah uji coba *solar tracker* kepada siswa kelas XI TEI SMK Negeri 3 Jombang.

4. *Implementation*

Tahap implementasi dilakukan dengan menguji coba *training kit* kepada peserta didik. Desain penelitian yang diterapkan pada penelitian ini eksperimen *One Group Pre-test Post-test*.



Gambar 1. Desain Eksperimen *One Group Pre-test Post-test*

Keterangan:

- X = Perlakuan (treatment) yang diberikan pada kelas berupa *training kit*
- O₁ = Nilai *Pre-test* (kreativitas dan motivasi belajar siswa sebelum diberikan perlakuan berupa *training kit*)
- O₂ = Nilai *Post-test* (kreativitas dan motivasi belajar siswa sesudah diberikan perlakuan berupa *training kit*)

5. Evaluation

Tujuan pelaksanaan *pre-test* dan *post-test* pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui adanya peningkatan kreativitas dan motivasi belajar siswa setelah menggunakan *training kit*. Tahapan terakhir di penelitian ini adalah evaluasi, karena data yang sudah didapatkan dari tahapan-tahapan sebelumnya akan ditinjau ulang untuk mendapatkan kesimpulan. Kesimpulan ini akan diproses untuk mendapatkan hasil terkait dengan kelayakan produk yang dibuat.

Data penelitian terdiri atas data validitas, kepraktisan, dan keefektifan *training kit*. Penilaian penelitian ini yaitu lembar validasi ahli materi & media, angket respon peserta didik, soal uji kompetensi sebelum dan sesudah menggunakan *training kit* untuk domain kognitif. Metode analisis data menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Data validasi dan angket kepraktisan dianalisis dengan menggunakan persentase berdasarkan skala likert untuk menentukan tingkat kevalidan dan kepraktisan dari *training kit solar tracker*. Data hasil belajar kognitif dianalisis menggunakan uji normalitas, uji non parametrik, serta perhitungan normalized gain untuk mengevaluasi peningkatan hasil studi peserta didik.

HASIL PENELITIAN

Produk yang dikembangkan pada penelitian ini yaitu *training kit solar tracker* berbasis arduino, dengan menggunakan 4 buah sensor LDR sesuai konsep *solar tracker dual axis*. Pada perancangan *solar tracker* ini juga menggunakan 2 buah motor servo SG90, 2 baterai 3,7V, 1 unit mini panel 5V, 1 buah mikrokontroler ATMEGA 328p serta kabel jumper yang berfungsi untuk menghubungkan semua komponen.

Data Hasil Kevalidan

Uji validasi ini dilakukan untuk mengetahui apakah media pembelajaran yang dibuat tersebut layak diterapkan pada pembelajaran. Uji validasi materi dan media ini dilakukan oleh 3 validator yaitu 2 dosen dari Universitas Negeri Surabaya dan 1 guru dari SMK Negeri 3 Jombang. Kemudian dilakukan perhitungan serta analisis hasil validasi yang dikembangkan. Hasil validasi materi dapat dilihat pada tabel 1 dan hasil validasi media dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1 Hasil Validasi Materi

No	Aspek	Rata-rata	Kategori
1.	Kualitas Materi	83,33%	Sangat Valid
2.	Kelayakan	90%	Sangat Valid
3.	Bahasa	89,58%	Sangat Valid
Rata-rata hasil seluruh aspek		89,28%	Sangat Valid

Tabel 2 Hasil Validasi Media

No	Aspek	Rata-rata	Kategori
1.	Fungsi	95,83%	Sangat Valid
2.	Tampilan	86,11%	Sangat Valid
Rata-rata hasil seluruh aspek		91,66%	Sangat Valid

Dari hasil validasi materi dan media yang ditunjukkan pada tabel 1 dan 2, memperoleh rata-rata sebesar 89,28% untuk validasi materi dengan kriteria sangat valid dan memperoleh rata-rata sebesar 91,66% untuk validasi media dengan kriteria sangat valid. Maka berdasarkan hasil validasi dapat disimpulkan bahwa *training kit solar tracker* berbasis arduino yang dikembangkan sangat valid untuk digunakan peserta didik kelas XI TEI pada elemen Penerapan Rangkaian Elektronika.

Data Hasil Kepraktisan

Untuk mengetahui tingkat kepraktisan media pembelajaran yang dikembangkan, maka dilakukan dengan mengetahui respon peserta didik yang didapatkan dari angket yang telah diisi oleh peserta didik. Hasil kepraktisan dari angket respon peserta didik dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Kepraktisan

No	Aspek	Rata-rata	Kategori
1.	Petunjuk	80,90%	Sangat Praktis
2.	Isi	83,33%	Sangat Praktis
3.	Bahasa	83,33%	Sangat Praktis
Rata-rata hasil seluruh aspek		82,36%	Sangat Praktis

Berdasarkan hasil kepraktisan yang ditunjukkan pada tabel 3 yang diisi oleh peserta didik menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan dari rata-rata hasil kepraktisan media pembelajaran sebesar 82,36% dengan kriteria sangat praktis.

Data Hasil Keefektifan

Keefektifan *training kit solar tracker* berbasis arduino diukur melalui pendekatan kuantitatif, yaitu membandingkan sebelum dan sesudah diberikan perlakuan (menggunakan produk). Peningkatan tersebut kemudian dianalisis menggunakan uji *Normalized Gain* (N-Gain) untuk mengetahui tingkat efektivitas media. Sebelum melakukan uji komparatif, perlu dilakukan uji statistik prasyarat pada data *pre-test* dan *post-test* untuk memastikan validitas hasil inferensial.

1. Uji Normalitas

Tabel 4 Hasil Uji Normalitas

<i>Tests of Normality</i>			
Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.
<i>Pretest</i> Kreativitas	.771	36	<,001
<i>Posttest</i> Kreativitas	.909	36	.006
<i>Pretest</i> Motivasi	.830	36	<,001
<i>Posttest</i> Motivasi	.933	36	.031

Dari hasil uji normalitas pada tabel 4 menunjukkan bahwa nilai pretest dan posttest pada variabel kreativitas dan motivasi berdistribusi tidak normal, karena nilai sig < 0,05. Maka dari itu diperlukannya uji Wilcoxon (non-parametrik) untuk mengetahui adanya perbedaan nyata secara statistik atau hanya kebetulan antara sebelum dan sesudah penggunaan produk.

2. Uji Wilcoxon

Tabel 5 Hasil Uji Wilcoxon

<i>Wilcoxon Signed Ranks Test</i>		
	<i>Posttest Kreativitas-Pretest Kreativitas</i>	<i>Posttest Motivasi-Pretest Motivasi</i>
Z	-5.243	-5.256
Asymp. Sig. (2-tailed)	<,001	<,001

Dari hasil uji Wilcoxon pada tabel 5 menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* kreativitas dan motivasi, karena melihat nilai Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05.

3. Uji N-Gain

Metode N-Gain dipilih karena mampu memberikan gambaran efektivitas yang murni dari hasil pengembangan media. Untuk hasil perhitungan bisa dilihat di bawah ini.

$$NGain = \frac{(Skor\ Post - test) - (Skor\ Pre - test)}{(Skor\ Maksimum) - (Skor\ Pre - test)}$$

$$NGain\ Kreativitas = \frac{89 - 46}{100 - 46} = 0,79$$

$$NGain\ Motivasi = \frac{89 - 38}{100 - 38} = 0,82$$

Berdasarkan pada hasil analisis perhitungan di atas menunjukkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan pada hasil belajar peserta didik setelah menggunakan *training kit solar tracker* berbasis arduino. Hasil perhitungan indeks N-Gain secara klasikal menghasilkan nilai sebesar 0,79 untuk kreativitas dan nilai 0,82 untuk motivasi belajar. Jika hasil tersebut dikonsultasikan dengan kriteria pembagian skor menurut Hake (1999), maka nilai 0,79 dan nilai 0,82 tersebut berada pada rentang $g > 0,7$, yang berarti tingkat keefektifan media pembelajaran masuk dalam Kategori Tinggi (Hake, 1999).

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan media yang dikembangkan mampu memberikan kontribusi yang sangat baik terhadap penguasaan penerapan rangkaian elektronika.

Peningkatan kreativitas dan motivasi belajar yang masuk dalam kategori tinggi ini disebabkan oleh efektivitas interaksi fisik dan eksperimen langsung yang difasilitasi oleh *training kit solar tracker*. Peserta didik yang sebelumnya kesulitan memvisualisasikan konsep pergerakan matahari dan konversi energi surya secara abstrak, kini dapat mengamati langsung respons sensor LDR terhadap cahaya serta pergerakan motor servo secara konkret. Keterlibatan aktif dalam merakit, memprogram, dan memecahkan masalah (*troubleshooting*) pada perangkat arduino ini mendorong terbentuknya kemandirian berpikir dan antusiasme belajar yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *training kit solar tracker* berbasis arduino ini telah teruji secara empiris efektif untuk meningkatkan aspek kognitif dan afektif peserta didik dalam pembelajaran di sekolah.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa *Training Kit Solar Tracker* berbasis Arduino terbukti sangat layak, praktis, dan efektif sebagai media pembelajaran bagi siswa kelas XI Teknik Elektronika Industri di SMK Negeri 3 Jombang. Kelayakan produk ini didukung oleh penilaian para ahli, dengan persentase validitas materi sebesar 89,28% dan validitas media mencapai 91,66%, yang keduanya masuk dalam kriteria sangat valid. Dari aspek kepraktisan, media ini mendapatkan respon positif dari 36 siswa dengan perolehan skor kepraktisan sebesar 82,36% (sangat praktis). Terakhir, efektivitas produk ditunjukkan oleh peningkatan kreativitas dan motivasi belajar peserta didik secara signifikan antara sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) perlakuan. Hal ini diperkuat oleh perolehan nilai *Normalized Gain* (N-Gain) sebesar 0,79 untuk dimensi kreativitas dan 0,82 untuk dimensi motivasi belajar, yang keduanya bertengger pada kategori efektivitas yang tinggi. Melalui perangkat pembelajaran interaktif ini, siswa mampu memahami penerapan konsep rangkaian elektronika pada sistem pelacak surya secara lebih kontekstual.

Bertumpu pada hasil yang dicapai, peneliti merumuskan beberapa rekomendasi strategis. Bagi tenaga pendidik, media praktikum ini dapat dijadikan instrumen alternatif dalam menyampaikan materi energi terbarukan atau pemrograman dasar. Guru disarankan memberikan keleluasaan bagi siswa untuk mengeksplorasi serta memodifikasi kode program secara mandiri guna memicu daya kreativitas mereka. Bagi pihak sekolah, dukungan terhadap penyediaan fasilitas penunjang seperti laboratorium elektronika atau area khusus berbasis *Internet of Things* (IoT) sangat diperlukan untuk memaksimalkan fungsi alat peraga interaktif ini demi menjaga konsistensi motivasi belajar siswa. Sementara itu, bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengembangan lebih lanjut guna mengatasi keterbatasan riset ini, khususnya dalam menyusun modul ajar yang lebih komprehensif, menambah fitur fungsional pada alat, serta memperluas variabel pengujian guna mengukur dampak media terhadap kompetensi kognitif dan keterampilan psikomotorik siswa secara lebih mendalam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat-Nya sehingga penelitian ini bisa terselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada orang

*Pengembangan Training Kit Solar Tracker Berbasis Arduino untuk Meningkatkan Kreativitas dan Motivasi Belajar
Peserta Didik
(Pramana, et al.)*

tua, dosen pembimbing, para validator ahli, guru SMK Negeri 3 Jombang, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan, saran, dan bantuan selama masa penelitian. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Universitas Negeri Surabaya dan SMK Negeri 3 Jombang yang telah memberikan izin serta memfasilitasi selama penelitian berlangsung. Harapan penulis semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi kemajuan dalam pengajaran di bidang pendidikan vokasi, khususnya pada pelajaran penerapan rangkaian elektronika.

DAFTAR PUSTAKA

- Brilliyan Hadid Setiawan Putra & Dzulkifli. (2021). Perancangan maximum power point solar tracker dual axis berbasis mikrokontroler. *Inovasi Fisika Indonesia*, 10(2), 25–32. <https://doi.org/10.26740/ifi.v10n2.p25-32>
- Fitria, F. (2023). *Implementasi sun tracker berbasis mikrokontroler atmega 328 di lingkungan UIN Ar-Raniry*.
- Hake, R. R. (1999). *ANALYZING CHANGE/GAIN SCORES**. *Division D*, 1–4. <https://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>
- Hakim, T. D., & Sukma Muhammad. (2022). Rancang bangun dual-axis solar tracker menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560. *JurnalElektro*, 10(2), 106–118.
- Khorunnisa, S. R. (2022). *Pengembangan alat peraga motor listrik berbasis arduino uno terhadap pemahaman konsep fisika siswa SMP kelas 8 materi energi kinetik*. 55–100.
- Laksono, R. E. (2023). Rancang bangun solar tracker berbasis arduino uno dengan menggunakan metode real time clock. In *JASATEC : Journal of Students of Automotive, Electronic and Computer* (Vol. 2, Issue 1). <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/63831>
- Nugraha, K. A., & Krismanto, A. A. (2023). Rancang bangun solar tracker dual axis menggunakan fuzzy based untuk optimasi PLTS skala kecil. *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, 7(2), 170-178., 7(2), 170–178. <https://ejournal.itn.ac.id/magnetika/article/view/8605>
- Sugiyono. (2023). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan r&d* (M. Dr. Ir. Sutopo. S.Pd (ed.)). ALFABETA.
- Susilawati, S., Nasbey, H., & Permana, A. H. (2023). Alat peraga pembangkit listrik tenaga surya dilengkapi LKPD berbasis STEAM. *Prosiding Seminar Nasional Keguruan Dan Pendidikan*, 1, 2023. <https://www.ejournal.ummuba.ac.id/index.php/SNKP/article/view/2158/1135>
- Syafriani, D., Sahputri, A. A., Alyanti, D., Ramadani, D. S., & Pardosi, K. T. (2025). Pembelajaran kurikulum merdeka di Indonesia. *Jurnal Akuntansi Hukum Dan Edukasi*, 2(1), 22–31. <https://doi.org/10.57235/jahe.v2i1.5753>