

Pengembangan LKPD Berbasis Model PjBL Berbantuan PhET Untuk Meningkatkan Kreativitas Ilmiah Siswa SMA Materi Fisika

Maimon Sumo^{*}, Muslimah, Suprianto, S. Ida Kholida

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu pendidikan, Universitas Islam Madura

Email: maimonshadiyanto@gmail.com

Diterima: 20 Maret 2025. Direvisi: 25 Maret 2025. Disetujui: 31 Maret 2025.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis model Project-Based Learning (PjBL) dengan bantuan simulasi PhET untuk meningkatkan kreativitas ilmiah siswa SMA. Kreativitas ilmiah merupakan salah satu keterampilan abad ke-21 yang penting dikuasai. Untuk membangun kreativitas dan inovasi siswa dibutuhkan suatu upaya dalam proses pembelajaran diantaranya penggunaan media pembelajaran seperti LKPD yang diintegrasikan dengan teknologi seperti PhET yang menunjang pencapaian kreativitas ilmiah. Metode penelitian dalam Penelitian ini adalah Research and Development (R&D) 4D (Define, Design, Develop, Disseminate). Subjek penelitian siswa SMA kelas sebelas jurusan IPA. Sedangkan objek penelitian ini LKPD yang dikembangkan dan dinilai oleh tiga validator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan memiliki tingkat validitas sangat tinggi dengan persentase 94% dengan kategori sangat valid dan reliabel dengan capaian reliabilitas 96%. Integrasi PjBL dengan teknologi PhET memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual untuk meningkatkan kreativitas ilmiah. Penggunaan LKPD ini membantu siswa dalam berinovasi. Limitasi penelitian ini terbatas pada validitas LKPD dalam meningkatkan kreativitas ilmiah siswa secara langsung di kelas. Oleh karena itu, penelitian ini perlu adanya lanjutan penelitian dalam implementasi di lapangan dalam konteks pembelajaran fisika.

Kata Kunci: LKPD, *Project Based Learning*, Validitas, Simulasi PhET.

Abstract

This study aims to develop Student Worksheets based on the Project-Based Learning model with the help of PhET simulations to improve the scientific creativity of high school students. Scientific creativity is one of the important 21st-century skills to master. To build student creativity and innovation, an effort is needed in the learning process, including the use of learning media such as LKPD, which is integrated with technology such as PhET, which supports the achievement of scientific creativity. The research method in this study is Research and Development 4D (Define, Design, Develop, Disseminate). The research subjects were eleventh-grade high school students majoring in science. The object of this study was LKPD, which was developed and assessed by three validators. The study results showed that the LKPD developed had a very high level of validity, with a percentage of 94%, a very valid and reliable category, and a reliability achievement of 96%.

Integrating PjBL with PhET technology allows students to conduct virtual experiments to improve scientific creativity. The use of this LKPD helps students in innovating. The limitations of this study validity of LKPD in improving students' scientific creativity directly in class. This research requires further research in the implementation in the field in the context of physics learning.

Keywords: Student Worksheet, Project Based Learning, PhET Simulation

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan di era Revolusi industri 4.0 berkembang dengan sangat pesat. Perkembangan ini mendorong inovasi tanpa henti dan menuntut setiap orang untuk terus belajar serta beradaptasi agar tetap relevan di tengah perubahan yang cepat (Mahmudah, 2020).

Pendidikan merupakan salah satu bagian dari ilmu pengetahuan yang berguna untuk dikuasai oleh siswa dalam rangka mengatasi kesenjangan dinamika kehidupan, hal ini setara dengan cita-cita pendidikan Indonesia sebagaimana yang terkandung dalam Undang-Undang Dasar 1945 yang Salah satu bagian penting dari pembangunan nasional yaitu pendidikan yang berkelanjutan (Kemendikbud, 2020).

Pendidikan berkelanjutan merupakan salah satu wacana Pendidikan abad ke-21 yang

menuntut penguasaan empat keterampilan utama, yang dikenal sebagai 4C yaitu, berpikir kritis, berpikir kreatif, kemampuan berkomunikasi, dan kemampuan berkolaborasi (Maharani et al., 2022).

Pembelajaran pada era ini perlu melampaui sekadar penjelasan dari sudut pandang guru (Wibowo, 2023). Pendekatan yang digunakan harus lebih interaktif dan mampu memperdayakan peserta didik untuk berpikir mandiri, kreatif, dan mampu bekerja sama dalam berbagai konteks pembelajaran student center (Hamilton et al., 2021).

Pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik merupakan Pembelajaran yang ideal dan dirancang agar peserta didik mampu beradaptasi dengan perkembangan zaman.. Penguasaan pengetahuan dan keterampilan abad Ke-21 sangat penting karena peserta didik perlu mengembangkan soft skill dan hard

skill (Mekala & Radhakrishnan, 2019).

Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kreativitas sains siswa masih rendah (Sumo et al., 2024b). Indikator lainnya adalah hasil penelitian PISA Tahun 2015 sampai 2022 hal ini dilihat dari hasil laporan OECD yang menunjukkan bahwa kemampuan sains siswa di Indonesia hanya berada pada level pemahaman. Padahal, untuk mencapai kreativitas sains, siswa setidaknya harus berada pada level analitis (Kemendikbud et al., 2019).

Kreativitas ilmiah merupakan aspek penting yang berperan besar dalam kemajuan suatu bangsa. Individu yang memiliki kreativitas ilmiah cenderung lebih mampu menghasilkan ide-ide ilmiah yang orisinal, inovatif, dan bermanfaat (Prahani et al., 2021; Sumo et al., 2024a). Kreativitas ilmiah dalam pembelajaran fisika mencakup kemampuan siswa menganalisis fenomena ilmiah, mengembangkan pemahaman yang lebih dalam tentang konsep-konsep ilmiah (*advances science knowledge*), memecahkan

masalah yang berkaitan dengan ilmu pengetahuan (*Science Problems*), berpikir secara kreatif serta merancang solusi atau produk (*Technical Product*), serta meningkatkan kualitas teknis dari produk yang dihasilkan (Zainuddin, et al., 2020).

Suyidno (2018) menyatakan bahwa Kreativitas ilmiah peserta didik dalam berpikir berkaitan dengan potensi yang mereka tingkatkan yaitu, melibatkan proses berpikir yang ditandai dengan kelancaran (*fluency*), keluwesan (*flexibility*), keaslian (*originality*), dan kemampuan merinci atau mengelaborasi ide (*elaboration*). Salah satu aspek kreativitas ilmiah yang perlu dicermati dalam pembelajaran yaitu keterampilan inovasi (Cirkony, 2023). Karena adanya relasi yang kuat dengan hasil belajar peserta didik (Hole, 2024).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sumo et al (2024) dan Dwikoranto et al (2021) masih banyak guru beranggapan bahwa siswa memiliki kreativitas dianggap dapat pengendalian diri dan disiplin tinggi, bukan siswa yang mampu memecahkan masalah dengan cara

yang unik dan tidak biasa atau berpikir terbuka. Hal ini merupakan salah persepsi terhadap kreativitas

Seharusnya kreativitas dianggap sebagai kemampuan dalam dalam menuangkan ide yang unik dan tidak biasa sehingga menghasilkan karya yang inovatif (Rahayu et al., 2022). Salah satu kegiatan yang memicu kreativitas yaitu suatu kegiatan yang bersifat menantang untuk mendorong siswa mengasah keterampilan berpikir kreatif, seperti kelancaran, fleksibilitas, keaslian, atau kemampuan mengelaborasi ide. Hal ini juga melatih kreativitas ilmiah (Haim & Aschauer, 2022).

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan peneliti dengan Guru mata pelajaran Fisika di MA Al-Islamiyah 1, pembelajaran di kelas masih belum menerapkan model pembelajaran Project Based Learning (PjBL). Masih memakai pembelajaran konvensional yaitu lebih banyak mengaplikasikan metode ceramah, dan masih monoton pada lembar kerja siswa. Seringkali siswa hanya menghafalkan rumus, sehingga beresiko mengalami miskonsepsi. Hal ini terjadi karena siswa cenderung

memahami materi dengan cara menghafal tanpa benar-benar memperhatikan dan memahami konsep dasar. Sehingga kreativitas terutama kreativitas ilmiah masih belum terlatih dengan baik. Yang kedua, Penggunaan teknologi pembelajaran dalam mata pelajaran fisika masih tergolong jarang di terapkan, sehingga masih kesulitan dalam bereksperimen karena terbatasnya alat dan bahan.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut diupayakan proses pembelajaran yang lebih optimal diantaranya penggunaan model yang diintegrasikan dengan teknologi. Salah satu model yang direkomendasikan adalah model pembelajaran PjBL (Santyasa et al., 2020).

Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) merupakan model pembelajaran yang bersifat aktivitas untuk menstimulus cara pandang dan pola pikir kreatif siswa (Fernández-Ferrer & Espinoza-Pizarro, 2022). Tidak hanya itu, model PjBL sudah terbukti dapat meningkatkan kreativitas siswa sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Goldwater Breheny et al (2025).

Selain penggunaan model PjBL, dalam penelitian ini terdapat juga pemanfaatan teknologi pembelajaran berupa PhET yang diintegrasikan dengan lembar kerja peserta didik, iintegras PhET dalam proses pembelajaran fisika dapat membantu kreativitas siswa dalam merangsang berpikir inovatifnya, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Celestino-Salcedo et al., (2024) dan Prahani et al., (2021). Namun beberapa penelitian tersebut masih belum sepenuhnya mengintegrasikan dengan model project, penelitian tersebut hanya terletak pada penyelesaian masalah ilmiah, belum menghasilkan karya atau ide inovatif.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan suatu penelitian dimana karya atau ide siswa dapat dituangkan dalam bentuk karya nyata baik dalam bentuk virtual maupun nyata. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur validitas LKPD yang dikembangkan dan mengevaluasi efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan siswa, seperti kreativitas ilmiah, pemecahan masalah, dan penguasaan konsep. Dengan integrasi simulasi PhET berbasis ICT, LKPD

ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas pembelajaran dan mendorong siswa lebih kreatif serta mandiri.

METODE

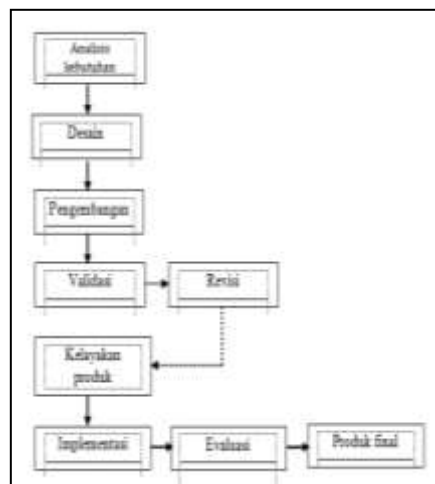
Penelitian ini termasuk dalam jenis Research and Development (R&D) dengan modifikasi dari model pengembangan 4-D, yang meliputi tahap (define, design, develop, disseminate). Adapun sekolah yang diteliti ialah di MA Al-Islamiah 1 dengan sejumlah 32 siswa.

Tahap define (pendefinisian) dilakukan dengan menganalisis tujuan berupa deskripsi yang dikembangkan, design (perancangan) pembuatan pada media pembelajaran yang akan dikembangkan dengan melakukan penyusunan dengan merancang sketsa awal lembar kerja peserta didik (LKPD) yang akan dirancang, develop (pengembangan) penelitian ini telah menghasilkan produk dengan dilakukan uji kelayakan produk tersebut, hasil uji tersebut ternyata layak digunakan dengan sedikit revisi. Keempat disseminate (penyebaran) yaitu tahap penyebarluasan produk, yang bertujuan untuk penyebaran

produk setelah selesai dikembangkan (Creswell & Creswell, 2017).

Namun, untuk menguji keefektifan produk tidak dilakukan pada tahap penyebaran (dissiminate). Pada penelitian ini produk yang dirancang ialah LKPD lembar kerja peserta didik berbasis proyek pada materi Energi terbarukan. Model

pengembangan 4D dipilih karena memiliki struktur yang terprogram dan sederhana, serta dirancang untuk menyelesaikan masalah pembelajaran dengan menimbang kebutuhan dan karakteristik peserta didik. Adapun alur pengembangannya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengembangan LKPD berbasis proyek

Berdasarkan Gambar 1, tahap awal dalam model pengembangan 4D dilakukan analisis kebutuhan yang dibutuhkan dalam proses pengembangan. Beberapa hal-hal yang diperlukan dalam tahapan pertama ialah analisis peserta didik, analisis konsep, analisis tugas dan perumusan tujuan pembelajaran termasuk dari analisis awal dan akhir. Tahap kedua memberikan panduan dalam pengembangan bahan ajar

yaitu LKPD berbasis proyek melalui langkah-langkah pemilihan media yang tepat dan penyusunan format yang sesuai. Penyusunan LKPD ini didasarkan pada struktur umum LKPD berbasis proyek yang meliputi berbagai komponen, seperti judul kegiatan, identitas peserta didik, tujuan pembelajaran, fenomena yang relevan, materi pembelajaran, petunjuk penggunaan LKPD,

Rancangan proyek, gambaran desain proyek oleh siswa, jadwal pelaksanaan proyek, menguji hasil, evaluasi, serta penambahan elemen visual yang menarik, seperti penggunaan warna pada setiap halaman untuk meningkatkan semangat belajar peserta didik. Tahap ketiga dalam model 4D yaitu tahap pengembangan (Develop), menitikberatkan pada proses evaluasi untuk menilai kelayakan LKPD berbasis proyek.

Evaluasi dilakukan dengan menyerahkan lembar validasi kepada para validator, seperti ahli desain untuk memperoleh penilaian dan arahan. Setelah diketahui kelayakan perangkat pembelajaran yang telah dirancang maka lembar validasi tersebut berfungsi sebagai instrumen dalam mengukur keefektifan suatu instrumen (Pariona & López, 2023). Selain itu, lembar validasi juga berperan sebagai alat untuk mengumpulkan masukan dan arahan yang dapat dimanfaatkan dalam menyempurnakan perangkat pembelajaran tersebut.

Dalam penelitian ini, proses validasi menggunakan lembar validasi

yang diisi oleh tiga validator, yaitu ahli desain, ahli bahasa, ahli pembelajaran fisika. Para validator menilai kelayakan LKPD berbasis proyek dengan mengisi lembar validasi yang telah disediakan.

Pengumpulan data menggunakan lembar angket, dimana angket ini dirancang khusus untuk mengumpulkan penilaian dari validator. Data yang dikumpulkan meliputi dua jenis yaitu, data kuantitatif, data ini berupa skor penilaian yang diberikan oleh validator terhadap berbagai aspek dalam LKPD. Seperti halnya kesesuaian desain, isi, dan kelayakan penggunaan.

Data kualitatif berupa pendapat, masukan, dan saran dari validator yang memberikan perspektif lebih mendalam mengenai perbaikan atau penyempurnaan LKPD. Kedua jenis data tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi dan menyempurnakan LKPD berbasis proyek agar lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik peserta didik.

Penilaian validasi dilakukan menggunakan skala likert dengan

rentang 1-4. Skor validasi dihitung rata-ratanya setelah dinilai oleh validator. Setelah itu, presentase skor validasi LKPD dihitung menggunakan rumus yang di adaptasi dari Riduwan, (2015) seperti pada persamaan 1.

$$V = \frac{\sum P}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan V adalah persentase rata-rata kelayakan, $\sum P$ merupakan jumlah rata-rata persentase skor tiap aspek, dan n adalah jumlah aspek yang dinilai. Hasil perhitungan ini selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan kriteria validitas untuk menilai kelayakan produk bisa dilihat pada Tabel 1 yang diadaptasi dari Sarbini et al (2022).

Tabel 1. Intrepretasi Skor Penilaian Hasil Validasi

Persentase (%)	Kriteria
0 – 20	Tidak Valid
21 – 40	Kurang Valid
41 – 60	Cukup Valid
61 – 80	Valid
81 - 100	Sangat Valid

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa (LKPD) Lembar Kerja Peserta Didik berbasis proyek pada Materi Energi terbarukan yang valid dan reliabel. Desain LKPD dimulai dari *cover* (Halaman

Sampul), *cover* merupakan bagian utama yang di desain semenarik mungkin dengan tidak menghilangkan esensi isi dan substansi pembelajaran.



Gambar 2. Cover LKPD berbasis Proyek

Fenomena Sains pada Gambar 3, menggambarkan fenomena kincir air merupakan penerapan nyata dari hukum kekekalan energi, dimana Energi potensial yang berupa gravitasi air berubah menjadi energi kinetik pada bilah-bilah kincir, yang kemudian dapat diubah menjadi

energi mekanik atau listrik. Proyek berbasis pembelajaran seperti ini dapat memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika, seperti energi, momentum, dan efisiensi konversi energi, melalui observasi dan praktik langsung. Sesuai dengan penelitian (Zainuddin, et al., 2020).



Gambar 3. Fenomena Sains

Langkah selanjutnya yaitu mendesain tugas proyek berdasarkan fenomena ilmiah yang telah dipelajari, contoh hasil desain tugas project yang di integrasikan dengan PhET ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4, siswa diminta untuk menggambarkan desain proyek dengan bantuan teknologi phET. Aktivitas ini dapat memicu siswa untuk berpikir kreatif sehingga muncul karakter kreativitas ilmiah pada siswa tersebut. Kemampuan berpikir dan menuangkan ide dimuai

dengan aktivitas yang memicu seseorang untuk terus berpikir yang unik (Wahyuni & Rahayu, 2021). Salah satu tugas yang dapat mengubah arah berpikirnya adalah aktivitas yang mendukung cara berpikir mereka (Altiparmak & Eryilmaz-Muştu, 2021). Hal ini juga sesuai dengan teori belajar yang dikemukakan oleh Slavin yang menyatakan aktivitas seseorang akan memicu ide-ide bagus untuk selalu berkembang (Inchausti et al., 2020; Slavin, 2015).



Gambar 4. Gambar Desain Proyek Siswa

Setelah dilakukan rancangan tugas proyek, selanjutnya dilakukan evaluasi untuk memperoleh gambaran sebagai bagian dari proses pembelajaran. Ketercapaian validitas isi maupun validitas konstruk dapat dilihat dari hasil evaluasi. Evaluasi yang baik akan menandakan proses pembelajaran yang dimulai dari

persiapan dan rancangan adalah baik (Fernández-Ferrer & Espinoza-Pizarro, 2022). Evaluasi dalam penelitian ini dibatasi pada hasil validasi lembar kerja peserta didik yang sudah dinilai oleh validator. Adapun hasil evaluasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi

No	Pernyataan	Skor Validasi			Rata-rata	Persentase kesepahaman (%)			Rata-rata
		1	2	3		V1	V2	V2	
Validasi Isi									
1	Kesesuaian anantara materi dan tujuan	5	5	5	5	100	100	100	100
2	Kebenaran isi materi	4	5	5	4,7	89	100	100	96
3	Isi LKPD Mudah dipahami	5	4	5	4,7	100	89	100	96
4	Kesesuaian materi dan tugas-tugas yang ada	5	5	5	5	100	100	100	100
5	Disajiakn fenomena sains yang berkaitan dengan materi	4	4,5	5	4,5	89	90	100	93
6	Fenomena sains yang disajikan mampu merangsang siswa untuk berpikir	5	5	4	4,7	100	100	89	96
Validasi konstruk									
1	Bahasa	4	4	5	4,3	89	89	100	93
2	Komponen	5	5	4	4,7	100	100	89	96
3	Sajian	4	4	5	4.3	89	89	100	93

Berdasarkan Tabel 2, hasil penelitian pada lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis proyek mata pelajaran fisika materi energi terbarukan menunjukkan total skor yang dicapai 4,7 dari skor maksimum 5. Nilai ini diubah menjadi persentase reliabilitas mencapai 94%. Hasil ini menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan termasuk dalam kategori “Sangat Valid”.

Berdasarkan hasil tersebut, LKPD yang dikembangkan sudah cocok digunakan sebagai media pembelajaran alternatif dalam mendukung proses pembelajaran di kelas (Ismail et al., 2020). Hal ini didukung oleh (Fatonah et al., 2023) yang mengemukakan bahwa pembelajaran aktif mencakup berbagai teknik praktis untuk menumbuhkan kapasitas pembelajaran

aktif siswa dan mengeksplorasi potensi siswa dan guru untuk membangun dan bertukar informasi, keterampilan, dan pengalaman (Shana & Abulibdeh, 2020). Meskipun demikian, selama proses pengembangan validator memberikan masukan dan saran untuk memperbaiki beberapa aspek pada LKPD, masukan ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan dapat digunakan secara lebih efektif dan optimal. LKPD yang dinilai oleh validator memiliki beberapa perbaikan untuk menghasilkan produk yang lebih baik (Nordahl et al., 2022) Supaya bisa menjadi pedoman untuk langkah-langkah penyempurnaan lebih lanjut saran-saran tersebut dirangkum secara detail dalam Tabel 3.

Tabel 3. Saran dan perbaikan LKPD

Saran dari Validator	Perbaikan
Pada bagian isi, perlu ada lembar pengambilan data apabila berkaitan dengan PJBL serta langkah-langkah yang jelas	Menambahkan lembar pengambilan data sesuai dengan sintaks PJBL dan sudah dilengkapi dengan langkah-langkah yang jelas.

Berdasarkan Tabel 3, perbaikan dilakukan sesuai saran dari validator, yaitu menambahkan lembar

pengambilan data sesuai dengan sintaks PJBL dan sudah dilengkapi dengan langkah-langkah yang jelas

dan mudah dipahami. Secara umum, penilaian produk setelah divalidasi pada setiap aspek berada pada interpretasi sangat valid. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto et al., (2020) bahwa LKPD pembelajaran yang baik serta layak diterapkan dalam proses pembelajaran jika telah memenuhi standar kevalidan pada aspek yang sudah ditentukan yang kemudian dinilai oleh validator (Aldi et al., 2021)

Hasil validasi terhadap LKPD dianalisis lebih lanjut dengan menghitung koefisien reliabilitas untuk mengetahui konsisten penilaian, serta menghitung tingkat kevalidan menggunakan bantuan aplikasi Microsoft Excel. Perhitungan ini dilakukan untuk memastikan data yang diperoleh akurat dan dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

Komponen yang dinilai seperti tampilan, penggunaan huruf dan spasi, aspek kegrafisan, isi, dan kebahasaan, telah memenuhi standar pengembangan dengan rata-rata skor melebihi batas minimal. Hal ini sesuai dengan pendapat Tegeh et al., (2021)

mengemukakan bahwa menyusun LKPD perlu dilakukan analisis kurikulum agar LKPD yang dibuat dapat selaras dengan kompetensi, indikator, tujuan pembelajaran, materi serta tahapan dalam proses pembelajaran (Siagian et al., 2023). Hasil ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek yang dikembangkan sudah layak digunakan sebagai alat bantu pembelajaran.

Selain itu, LKPD ini valid dalam mendukung siswa belajar secara mandiri dan terstruktur untuk meningkatkan pemahaman siswa. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Puspitasari (2020) yang menyatakan bahwa LKPD berbasis proyek dengan interpretasi persentase sebesar 94,4% dengan kategori sangat tepat untuk digunakan sebagai media pembelajaran.

Limitasi dari penelitian ini hanya berpusat pada penilaian kelayakan media pembelajaran. Namun, penelitian ini tidak mencakup uji kepraktisan terkait dampak penggunaan media terhadap kreativitas siswa. Menurut Ajib Shofwanthoni et al., (2019) Perangkat

pembelajaran dapat dianggap valid dan reliabel jika guru mampu menggunakannya untuk melaksanakan pembelajaran secara logis dan berkesinambungan tanpa menghadapi banyak kendala. Oleh karena itu, LKPD ini memiliki potensi untuk dijadikan referensi atau contoh bagi sekolah lain yang membutuhkannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan LKPD berbasis model Project Based Learning (PjBL) dengan bantuan simulasi PhET pada materi Energi Terbarukan pada Penelitian ini menghasilkan draf yang valid dan reliabel, sehingga dapat digunakan untuk mengukur kreativitas ilmiah siswa di tingkat SMA. berhasil mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Hasil validasi menunjukkan LKPD yang dikembangkan memiliki tingkat validitas sangat tinggi dengan persentase 94%. LKPD ini dirancang secara khusus untuk meningkatkan kreativitas ilmiah siswa melalui pembelajaran berbasis proyek, yang melibatkan pemanfaatan teknologi simulasi interaktif. Elemen-elemen

LKPD, seperti rancangan proyek, fenomena sains, serta evaluasi yang terstruktur, dirancang untuk mendukung pembelajaran aktif dan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika. Dengan integrasi simulasi PhET berbasis ICT, LKPD ini mampu memberikan pengalaman belajar yang interaktif, menarik, dan bermakna bagi peserta didik. Meskipun penelitian ini hanya mencakup tahap validasi, hasilnya menunjukkan potensi besar dalam mendukung proses pembelajaran yang inovatif dan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa seperti berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran berbasis proyek dapat menjadi solusi efektif dalam menghadapi tantangan pembelajaran abad ke-21.

Saran

Model atau media yang dikembangkan dapat digunakan oleh guru sebagai alternatif dalam pembelajaran, tetapi perlu disesuaikan dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah. Selain itu, sekolah diharapkan mendukung penggunaan

model atau media ini agar proses belajar lebih menarik dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajib Shofwanthoni, M., Ridlo, S., & Elmubarak, Z. (2019). The Development of Authentic Assessment Instrument of Hajj Manasik Practices of IX Grade of SMP PGRI 10 Candi in Sidoarjo Regency. *Journal of Educational Research and Evaluation*, 8(1), 14–21. <https://doi.org/10.15294/jere.v8i1.28361>
- Aldi Setia Utama, Undang Rosidin, A. S. (2021). Instrument Of Creative Thinking Skills In Project. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 58–68. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v4i1.8572>
- Altıparmak, T., & Eryılmaz-Muştu, Ö. (2021). The Effects of SCAMPER Technique Activities in the 8th Grade Simple Machines Unit on Students' Academic Achievement, Motivation and Attitude towards Science Lessons. *International Journal of Educational Methodology*, 7(1), 155–170. <https://doi.org/10.12973/ijem.7.1.155>
- Celestino-Salcedo, R. K. M., Malayao, S. O., Salic-Hairulla, M. A., Castro, E. J., & Mordeno, I. C. V. (2024). Vodcast embedded with physics education technology simulation in learning projectile motion. *Journal of Education and Learning*, 18(3), 1047–1055. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21434>
- Cirkony, C. (2023). Flexible, creative, constructive, and collaborative: the makings of an authentic science inquiry task. *International Journal of Science Education*, 45(17), 1440–1462. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2213384>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Dwikoranto, Jatmiko, B., Hariyono, E., Lestari, N. A., Prahani, B. K., & Suyidno. (2021). MobLen Model for Enhancing Scientific Creativity of Physics Students: An Alternative in the Covid-19 Pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1805(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1805/1/012006>
- Fatonah, S., Prasetyo, Z. K., Utami, A. D., Chasanah, U., Lusiana, L., & Siregar, V. V. (2023). Scientific Attitude And Its Effect On Students' Productivity. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 12(4), 658–671. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i4.47727>
- Fernández-Ferrer, M., & Espinoza-Pizarro, D. (2022). Flipped Classroom Experience in the Context of a Pandemic: Cooperative Learning As a Strategy for Meaningful Student Learning. *Journal of Technology and Science Education*, 12(3), 644–658.

- <https://doi.org/10.3926/jotse.1701>
- Goldwater Breheny, C., O'Connell, E., Edwards, L. J., & Ryan, N. (2025). Using student-staff partnership to teach early years medical students about quality improvement: an evaluation. *BMC Medical Education*, 25(1), 263.
<https://doi.org/10.1186/s12909-025-06779-7>
- Haim, K., & Aschauer, W. (2022). Fostering Scientific Creativity in the Classroom: The Concept of Flex-Based Learning. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(3), 196–230.
<https://doi.org/10.26803/ijlter.21.3.11>
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32.
<https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- Hole, K. J. (2024). Tool-Augmented Human Creativity. *Minds and Machines*, 34(2), 1–14.
<https://doi.org/10.1007/s11023-024-09677-x>
- Inchausti, F., Moreno-Campos, L., Prado-Abril, J., Sánchez-Reales, S., Fonseca-Pedrero, E., MacBeth, A., ... & Dimaggio, G. (2020). Metacognitive Interpersonal Therapy in group for personality disorders: Preliminary results from a pilot study in a public mental health setting. *Journal of Contemporary Psychotherapy*, 50, 197-203.
- Ismail, R. N., Arnawa, I. M., & Yerizon, Y. (2020). Student worksheet usage effectiveness based on realistics mathematics educations toward mathematical communication ability of junior high school student. *Journal of Physics: Conference Series*, 1554(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1554/1/012044>
- Kemendikbud. (2020). Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi.
- Maharani Putri Kumalasani, & Kusumaningtyas, D. I. (2022). 21 St Century Skill In Learning Models With A Steam Approach. *Jurnal Riset Pendidikan Dasar*, 74–81.
- Mahmudah, R. (2020). Advancing Learning Math Industry Era 4.0. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1539, Issue 1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1539/1/012075>
- Mekala, S., & Radhakrishnan, G. (2019). Promoting Self-Regulated Learning Through Metacognitive Strategies. *IUP Journal of Soft Skills*, 13(2).
- Nordahl, H., Anyan, F., Hjemdal, O., & Wells, A. (2022). Metacognition, cognition and social anxiety: A test of temporal and reciprocal relationships. *Journal of Anxiety Disorders*, 86, 102516.

- Pariona, D., & López, R. (2023). Formative research and the achievement of skills based on undergraduate theses in university higher education. *Journal of Technology and Science Education*, 13(2), 498–513.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3926/jotse.1744>
- Prahani, B. K., Suprpto, N., Rachmadiarti, F., Sholahuddin, A., Mahtari, S., Suyidno, & Siswanto, J. (2021). Online Scientific Creativity Learning (OSCL) in Science Education to Improve Students' Scientific Creativity in Covid-19 Pandemic. *Journal of Turkish Science Education*, 18(Special Issue), 77–90.
<https://doi.org/10.36681/tused.2021.73>
- Pusat Penilaian Pendidikan Balitbang Kemendikbud. (2019). Pendidikan di Indonesia Belajar dari Hasil PISA 2018. Pusat Penilaian Pendidikan Balitbang Kemendikbud, 021, 1–206.
- Puspitasari, J. R. (2020). Validation of TTMC instrument of pre-service chemistry teacher's TPACK using Rasch model application. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1511, Issue 1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1511/1/012034>
- Rahayu, S., Setyosari, P., Hidayat, A., & Kuswandi, D. (2022). the Effectiveness of Creative Problem Solving-Flipped Classroom for Enhancing Students' Creative Thinking Skills in Online Physics Educational Learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(4), 649–656.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v11i4.39709>
- Sabrini, A. T., Yulianti, D., Maulina, D., & Widodo, S. (2022). Development of LKPD Based on PQ4R Strategy to Improve Students' Creative Thinking. *The International Journal of Social Sciences World*, 4(2), 353–357.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7504928>
- Santyasa, Wayan, I., Rapi, Ketut, Ni., Sara, Windu, Wayan, I. (2020). Learning Physics. *International Journal of Instruction*, 13(1), 489–508.
- Shana, Z., & Abulibdeh, E. S. (2020). Science practical work and its impact on students' science achievement. *Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 199–215.
<https://doi.org/10.3926/JOTSE.888>
- Siagian, A. F., Ibrahim, M., & Supardi, Z. A. I. (2023). Creative-scientific decision-making skills learning model for training creative thinking skills and student decision making skills. *Nurture*, 17(1), 10–17.
<https://doi.org/10.55951/nurture.v17i1.141>
- Slavin, R. E. (2015). Instruction Based on Cooperative Learning. *Handbook of Research on Learning and Instruction*, 388–404.
<https://doi.org/10.4324/9780203839089.ch17>
- Sumo, M., Jatmiko, B., Arifin, Z., & Supardi, I. (2024a). Profile of

- Scientific Creativity Based on Project Based Learning of Physics Education Undergraduate Students : Preliminary research. 9(3), 377–386.
<https://doi.org/10.26737/jipf.v9i3.5802>
- Sumo, M., Jatmiko, B., Supardi, Z. A. I., & Sueharto, S. (2024). Validity And Practicality of The Scientific Creativity Project-Based Learning (SCPjBL) Model to Increase The Scientific Creativity of Physics Education Undergraduate Students. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 5(6), 1353-1366.
- Suyidno, Nur, M., Yuanita, L., & Prahani, binar kurnia. (2018). Effectiveness of Creative Responsibility Based Teaching (CRBT) Model on Basic Physics Learning to Increase Student's Scientific Creativity And Responsibility. *Journal of Baltic Science Education*, 17(1), 136–151.
- Tegeh, I. M., Astawan, I. G., Sudiana, I. K., & Kristiantari, M. G. R. (2021). Murder Learning Model Assisted By Metacognitive Scaffolding To Improve Students' Scientific Literacy and Numeracy Skills Through Science Studies in Elementary Schools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(4), 618–626.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v10i4.32926>
- Wahyuni, L., & Rahayu, Y. S. (2021). Pengembangan E-Book Berbasis Project Based Learning (PjBL) untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kreatif pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan Kelas XII SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(2), 314–325.
<https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n2.p314-325>
- Wibowo, F. C. (2023). Journal of Technology and Science Education. 13(1), 178–192.
- Wijayanto, T., Supriadi, B., & Nuraini, L. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Dengan Pendekatan Stem Terhadap Hasil Belajar Siswa SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 9(3), 113.
<https://doi.org/10.19184/jpf.v9i3.18561>
- Zainuddin, Suyidno, Dewi Dewantara, Saiyidah Mahtari, Mohamd Nur, Leny Yuanita, T. S. (2020). The Correlation of Scientific Knowledge-Science Process Skills and Scientific Creativity in Creative Responsibility Based Learning. *International Journal of Instruction*, 13(3), 307–316.