

Penerapan Model PjBL Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar pada Materi Energi Terbarukan di SMA

Lili*, Stepanus Sahala Sitompul, Firdaus, Erwina Oktavianty

Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tanjungpura

Email: lili02mei2003@gmail.com

Diterima: 27 September 2024. Direvisi: 25 Maret 2025. Disetujui: 30 Maret 2025.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi energi terbarukan di SMA Negeri 1 Ledo. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *pre-experimental design*, dengan jenis *one-group pretest-posttest design* yang dirancang untuk melihat perubahan hasil belajar. Sampel penelitian terdiri dari 30 orang peserta didik kelas XA di SMA Negeri 1 Ledo yang dipilih secara *purposive sampling*. Teknik analisis data mencakup statistik deskriptif yang digunakan untuk menggambarkan hasil belajar secara umum dan statistik inferensial untuk menguji tingkat signifikansi penerapan model pembelajaran yang diterapkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa berdasarkan uji Wilcoxon, nilai Asymp. Sig (2-Tailed) adalah sebesar 0.000 ($r < 0.05$), yang menunjukkan bahwa adanya peningkatan signifikan. Dengan demikian, penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan pendekatan STEM terbukti efektif untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi energi terbarukan di SMA Negeri 1 Ledo.

Kata Kunci: Model PjBL, STEM, Energi Terbarukan, Hasil Belajar.

Abstract

This study aims to examine the implementation of the Project Based Learning (PjBL) model integrated with the STEM approach in improving students' learning outcomes on renewable energy topics at SMA Negeri 1 Ledo. The research employed a pre-experimental design, specifically a one-group pretest-posttest design, to observe changes in learning outcomes. The research sample consisted of 30 students from class XA at SMA Negeri 1 Ledo, selected using purposive sampling. Data analysis techniques included descriptive statistics to describe general learning outcomes and inferential statistics to test the significance of the implemented learning model. The analysis results showed that based on the Wilcoxon test, the Asymp. Sig (2-Tailed) value was 0.000 ($r < 0.05$), indicating a significant improvement. Therefore, the implementation of the Project Based Learning (PjBL) model integrated with the STEM approach is

proven effective in enhancing students' learning outcomes on renewable energy topics at SMA Negeri 1 Ledo.

Keywords: *PjBL Model, STEM, Renewable Energy, Learning Outcomes.*

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu sains yang mempelajari keteraturan dan pengkajian fenomena alam yang meliputi fakta, konsep, teori, serta prinsip yang diperoleh dari proses penemuan ilmiah dan pengembangan sikap ilmiah (Gunawan, 2015).

Terkadang, sikap ilmiah yang dimiliki oleh seorang peserta didik kurang tepat atau bahkan tidak sepenuhnya lengkap, sehingga dapat menghambat pemahaman yang mendalam terhadap konsep dan proses ilmiah (Mills *et al.*, 2016). Ketercapaian sikap ilmiah diperoleh melalui keterampilan abad 21, mencakup *Critical Thinking, Creative, Collaboration, and Communicative*.

McComas (2015) menjelaskan bahwa hakikat sains, yang dikenal sebagai *Nature of Science* (NOS) merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang pengertian sains,

cara kerjanya, bagaimana ilmuwan berfungsi sebagai bagian dari kelompok sosial, serta bagaimana masyarakat berperan dan berinteraksi dengan kegiatan ilmiah. Pandangan tersebut diperkuat oleh (Narut & Supardi, 2019), menyatakan bahwa, hakikat sains meliputi produk ilmiah, proses ilmiah, dan sikap ilmiah.

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari wawancara dengan guru fisika, serta hasil observasi langsung di SMA Negeri 1 Ledo, sebagian besar peserta didik kelas X mengalami kesulitan dalam mempelajari fisika. Hal ini ditunjukkan dari rendahnya hasil belajar yang dicapai. Sebagian besar peserta didik memiliki persepsi bahwa fisika dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit dan membosankan (Lestari *et al.*, 2021).

Oleh sebab itu, dibutuhkan metode pembelajaran yang inovatif di dalam kelas dirancang untuk membuat proses pembelajaran

menjadi lebih menarik dan menyenangkan. Pembelajaran inovatif merupakan pendekatan yang berfokus pada peserta didik (*student-centered*), yang dilandasi oleh prinsip-prinsip konstruktivisme, Peserta didik secara aktif membentuk pemahaman mereka dengan cara mengkonstruksi pengetahuan melalui interaksi dengan lingkungan, ide, dan pengalaman mereka (Magdalena et al., 2020).

Salah satu model pembelajaran alternatif yang dapat diterapkan oleh pendidik adalah pembelajaran berbasis proyek atau *project based learning*. Model ini berasal dari gagasan John Dewey melalui teori pembelajaran aktif, yang menekankan konsep “*learning by doing*” (Ningsih et al., 2023). Pembelajaran dengan model *Project based Learning* (PjBL) merupakan pendekatan yang mengedepankan inovasi dalam praktik pengajaran, dengan menekankan pada pengembangan keterampilan peserta didik melalui proyek nyata yang relevan dan kontekstual.

Peran pendidik pada model pembelajaran berbasis proyek yaitu sebagai fasilitator yang menyediakan fasilitas bagi peserta didik ketika

mengajukan pertanyaan terkait teori serta memberikan motivasi agar peserta didik aktif dalam pengajaran (Trianto, 2014). *Project Based Learning* (PjBL) adalah model pembelajaran berbasis proyek yang mendorong peserta didik untuk menyelesaikan masalah secara mandiri serta mengumpulkan pengetahuan (Viana et al., 2019).

Peserta didik membangun pengetahuan mereka sendiri berdasarkan apa yang telah mereka ketahui sebelumnya, sehingga mereka menjadi pembelajar yang aktif (Santayasa et al., 2020). Pembelajaran berbasis proyek dapat diintegrasikan dengan pendekatan pembelajaran seperti STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika) untuk membantu peserta didik memahami materi dengan lebih cepat, menyelesaikan masalah, dan berpikir kreatif.

STEM merupakan bidang interdisipliner yang mencakup empat disiplin ilmu diantaranya *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* (Mustafa et al., 2016; Toto, 2019). Penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) yang

terintegrasi dengan STEM terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan literasi sains, kreativitas, serta hasil belajar peserta didik. Model ini terbukti efektif karena menghasilkan respon dan pencapaian belajar yang sangat baik dari peserta didik (Lutfi *et al.*, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Furi *et al.*, (2018), menunjukkan nilai kreativitas dan hasil belajar peserta didik relatif lebih tinggi pada saat penerapan model pembelajaran PjBL yang terintegrasi dengan STEM jika dibandingkan dengan model PjBL yang tidak melibatkan STEM.

Berdasarkan dari berbagai hasil penelitian, pembelajaran PjBL-STEM dapat digunakan pada berbagai topik pembelajaran, termasuk topik yang berhubungan dengan fisika (Megawati *et al.*, 2023). Materi energi yakni salah satu materi yang dapat memfasilitasi peserta didik dalam belajar secara terintegrasi (Sirait *et al.*, 2024). Pada materi ini, peserta didik beranggapan materi energi terbarukan kurang menarik untuk dipelajari dan tidak mampu membuat mereka mempertimbangkan pemikiran sistem yang menghadapi

permasalahan terkait energi dikehidupan sehari-hari.

Berdasarkan pemaparan yang telah disampaikan, maka penelitian dengan model PjBL terintegrasi STEM untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi energi terbarukan dirasa cukup rasional dilakukan pada peserta didik di SMA Negeri1 Ledo.

METODE

Menurut Sugiyono (2019), penelitian ini menerapkan bentuk *pre-experimental design* dengan tipe *one group pretest-posttest*. Populasi dalam penelitian ini yaitu seluruh peserta didik kelas X yang terdiri dari 5 kelas, serta sampel penelitian yaitu 30 orang peserta didik kelas XA di SMA Negeri 1 Ledo Tahun ajaran 2024/2025. Metode pengambilan sampel yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel dengan pertimbangan bahwa nilai ulangan harian di kelas XA relatif lebih rendah.

Instrumen pada penelitian ini yaitu tes hasil belajar yang terdiri dari

perangkat pembelajaran yang terdiri dari modul ajar dan LKPD, serta 5 soal berbentuk uraian. tes hasil belajar ini mengukur kemampuan kognitif meliputi kemampuan memahami konsep fisika (C2), mengaplikasikan konsep dalam kehidupan sehari-hari (C3), dan menganalisis keterbatasan sumber energi di lingkungan sekitar tempat tinggal (C4).

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini meliputi teknik pengukuran tes hasil belajar dan teknik dokumentasi Sugiyono (2019). Analisis data tes hasil belajar pada tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah model PjBL terintegrasi STEM dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik kelas XA di SMA Negeri 1 Ledo pada materi energi terbarukan.

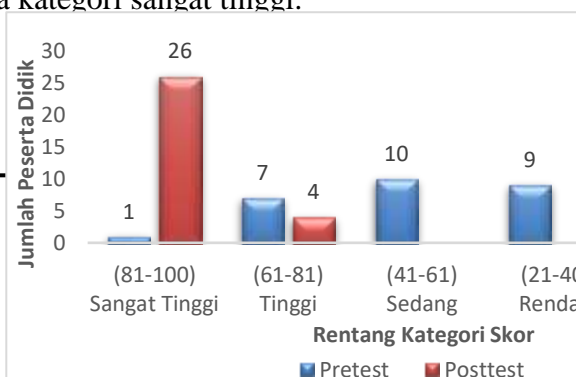
Pembelajaran dilakukan selama 6 jam pelajaran untuk 3 kali pertemuan yaitu, fase 1 Penentuan pertanyaan mendasar (*Science*), fase 2 Menyusun perencanaan proyek (*Technology and Engineering*), fase 3 Penyusunan rencana kerja (*Engineering*), fase 4 Monitoring kemajuan proyek (*Science, Technology, Engineering,*

and Mathematics), fase 5 Penilaian hasil (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), fase 6 Refleksi Pembelajaran (*Technology-and Engineering*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk dapat mengetahui hasil belajar peserta didik sebelum diberikan perlakuan, diberikan soal pretest kepada peserta didik untuk mengukur pengetahuan awal sebelum mengikuti pembelajaran dengan model PjBL terintegrasi STEM. Data menunjukkan jumlah terbanyak sebagian besar peserta didik berada pada kategori sedang, dan pada urutan kedua adalah kategori rendah.

Gambar 1 menunjukkan hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Sebelum diberi perlakuan, sebagian besar hasil belajar peserta didik pada materi energi terbarukan didominasi berada pada kategori sedang dan kategori rendah. Namun, setelah diberi perlakuan, hasil *posttest* menunjukkan sebagian 26 orang peserta didik masuk pada kategori sangat tinggi.



Gambar 1. Rentang Kategori Skor *Pretest* dan *Posttest*

Selanjutnya adalah melakukan uji statistik *inferensial* untuk melihat perbedaan yang signifikan terhadap hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil pengujian ini diperoleh dengan menggunakan data hasil *pretest* dan *posttest*. Menurut Sugiyono (2019) pelaksanaan uji

normalitas dapat menggunakan uji Shapiro-wilk karena data yang digunakan kurang dari 100 dengan kriteria yang berlaku yaitu apabila hasil signifikansi $>0,05$ yang menunjukkan bahwa hasil berdistribusi normal.

Tabel 1. Uji Normalitas Data

Tests of Normality			
Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.
<i>PreTest</i>	.925	30	.035
<i>PostTest</i>	.781	30	.000

Namun hasil uji normalitas data yang ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa hasil data tidak berdistribusi normal, sehingga pengujian selanjutnya menggunakan uji statistik *non-parametrik* yaitu uji Wilcoxon yang digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan signifikan rata-rata dua sampel yang saling berhubungan.

Berdasarkan hasil uji wilcoxon pada Tabel 2, hasil uji wilcoxon diperoleh asymp sigifikansi $< 0,05$ yaitu ($0,000 < 0,05$) sehingga dapat disimpulkan bahwa H_a diterima, dan H_0 ditolak. Dengan demikian terdapat perbedaan hasil belajar, sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran PjBL terintegrasi

STEM pada materi energi terbarukan di SMA Negeri 1 Ledo.

Tabel 2. Tes Statistik, Uji Wilcoxon

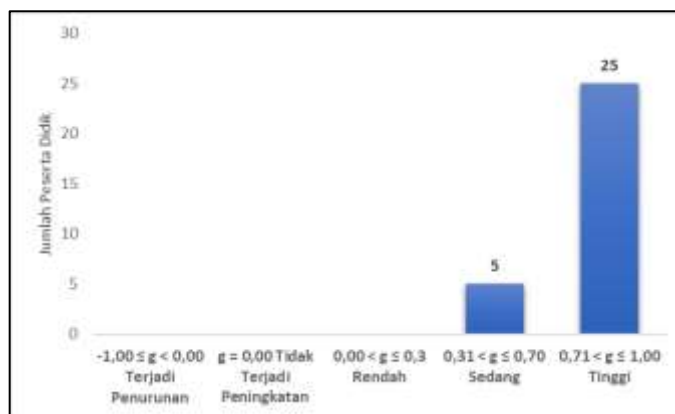
Test Statistics ^a	
Z	Skor-test -4.718 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

Kemudian dilakukan analisis peningkatan hasil belajar dengan melihat dari nilai gain ternormalisasi. Gain ternormalisasi dihitung dengan rumus:

$$N - Gain = \frac{(Posttest - Pretest)}{Skor\ ideal - Skor\ pretest}$$

Setelah melakukan perhitungan dengan rumus di atas, maka hasil dari

perhitungan tersebut dikategorikan sesuai dengan interval untuk dikategorikan menjadi terjadi penurunan, atau tidak terjadi peningkatan, rendah, sedang, atau tinggi.



Gambar 2. Diagram Kategori Skor N-Gain

Berasarkan diagram kategori skor N-Gain pada Gambar 2, menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar peserta didik berada pada kategori tinggi.

Uji statistik menunjukkan bahwa pembelajaran dengan menerapkan model *Project Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi STEM secara signifikan mempengaruhi hasil belajar kognitif peserta didik pada materi

energi terbarukan di SMA Negeri 1 Ledo.

Hal ini disebabkan karena model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) terintegrasi STEM menghadirkan masalah yang relevan dengan dunia nyata, sehingga peserta didik merasa lebih termotivasi karena pembelajaran memiliki makna nyata dalam kehidupan mereka. Pendekatan ini juga mendorong peserta didik untuk berkolaborasi, berpikir kritis, serta mengembangkan keterampilan pemecahan masalah.

Dalam konteks STEM, peserta didik secara aktif dilibatkan dalam pengaplikasian ilmu pengetahuan untuk menciptakan solusi inovatif. Selain itu, pendekatan STEM mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, memungkinkan peserta didik memahami konsep secara menyeluruh, bukan secara parsial.

PjBL terintegrasi STEM tidak hanya meningkatkan aspek kognitif, namun juga dapat melatih keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi, yang dikenal sebagai keterampilan 4C. Pemaparan tersebut sejalan dengan Wijayanto *et al.*, ,

(2020) yang menyatakan bahwa, peningkatan hasil belajar setelah diterapkannya model PjBL terintegrasi STEM terjadi karena, dalam pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan model *project based learning* dengan pendekatan STEM peserta didik diarahkan untuk lebih aktif dan mampu memahami materi yang disampaikan.

PjBL dirancang untuk membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir, pemecahan masalah, dan keterampilan intelektual (Arends, 2015). Namun, pada saat melakukan proses pembelajaran di SMA Negeri 1 Ledo, menunjukkan bahwa proses pembelajaran menggunakan model PjBL terintegrasi STEM dirasa masih tidak familiar, karena peserta didik belum terbiasa dengan langkah-langkah yang diterapkan dalam model PjBL terintegrasi STEM. Selama ini, proses pembelajaran lebih banyak dipimpin oleh guru, yang menyebabkan beberapa peserta didik cenderung pasif saat proses pembelajaran berlangsung.

Meskipun demikian, PjBL terintegrasi STEM memberikan

dampak yang signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik. Hal ini disebabkan oleh tuntutan bagi peserta didik agar lebih aktif dan terlibat langsung pada saat proses pembelajaran berlangsung. Adapun kegiatan pembelajaran dengan model PjBL terintegrasi STEM terdiri dari enam fase dengan enam jam pelajaran untuk tiga kali pertemuan.

Pada pertemuan pertama dilaksanakan tiga fase yaitu *fase 1* Penentuan Pertanyaan Mendasar (*Science*), *fase 2* Menyusun Perencanaan Proyek (*Technology and Engineering*), dan *fase 3* Penyusunan Rencana Kerja (*Engineering*). Pada *fase 1*, peserta didik membentuk lima kelompok secara heterogen dengan lima hingga enam orang tiap kelompok, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pembentukan Kelompok

Kemudian peserta didik diminta untuk menonton video youtube mengenai “bagaimana jika listrik mati selama satu tahun”, kemudian mengidentifikasi masalah yang ada pada video tersebut dan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang terlampir dalam lembar kerja peserta didik yang

dibagikan masing-masing tiap kelompok.

Pada *fase 2*, peserta didik diberikan sejumlah tautan referensi terkait pembuatan alat sederhana pembangkit listrik berbasis energi terbarukan, yang tercantum dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).



Gambar 4. Menyusun Perencanaan Proyek

Kemudian pada Gambar 4, peserta didik menyusun perencanaan proyek seperti menentukan alat dan bahan yang diperlukan serta langkah pembuatan proyek.

Pada *fase 3*, peserta didik menyusun jadwal perencanaan dan pengerjaan proyek, membuat kesepakatan jadwal konsultasi bersama pendidik mata pelajaran fisika hingga kesepakatan *deadline* pengumpulan proyek. Proyek yang akan dibuat yaitu membuat alat sederhana pembangkit listrik energi terbarukan seperti, panel surya, *windturbine*, dan *mikrohidro*. Pertemuan pertama berjalan dengan lancar, namun, merencanakan proyek dengan inovasi terbaru memerlukan waktu yang cukup lama.

Pertemuan kedua dilaksanakan *fase 4* yaitu monitoring kemajuan

proyek, pada tahap ini terjadi proses pembuatan proyek sederhana pembangkit listrik energi terbarukan. Kemudian pendidik memonitoring kemajuan proyek yang dibuat oleh peserta didik serta pendidik menanyakan apa saja hambatan atau kendala selama proses pengerjaan proyek. Salah satu kelompok yang memilih alat sederhana penghasil energi terbarukan yaitu panel surya memaparkan kendala terkait kesulitan dalam memperoleh alat untuk membuat proyek sederhana, yaitu panel surya yang dapat dilihat pada Gambar 5. Sebagai respon terhadap kendala tersebut, pendidik berupaya mencari solusi dengan menggabungkan kedua kelompok, mengingat ketersediaan hanya satu unit panel surya.



Gambar 5. Monitoring Kemajuan Proyek.

Pertemuan ketiga dilaksanakan *fase 5* penilaian hasil dan *fase 6* refleksi pembelajaran, pada *fase 5* peserta didik mempresentasikan hasil proyek sederhananya tiap masing-masing kelompok, kemudian pendidik menilai dari aspek perencanaan bagian rancangan, penjelasan prinsip kerja, pemilihan bentuk dan desain,

pemilihan alat dan bahan, penjelasan cara membuat alat, proses pelaksanaan proyek, persiapan perlengkapan perakitan alat, pengujian alat, kerjasama kelompok, penggunaan bahasa dalam persentasi, hasil uji coba, evaluasi alat, dan kekompakan tim yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Mempresentasikan hasil proyek.

Fase 6, setelah melakukan presentasi, kemudian peserta didik lainnya menanggapi atau memberikan masukan pada alat atau *prototipe* yang telah dibuat oleh kelompok yang melakukan presentasi. Pada tahapan

ini terjadi proses analisis dan evaluasi.

Pelaksanaan pembelajaran menggunakan model PjBL yang terintegrasi dengan STEM berjalan dengan baik, meskipun hanya

beberapa kelompok peserta didik yang berhasil menciptakan produk inovatif. Hal ini disebabkan oleh kurangnya keberanian peserta didik untuk mencoba hal baru atau ketakutan akan kegagalan sebelum mencoba.

Meskipun demikian, penggunaan model PjBL terintegrasi STEM dapat meningkatkan aktivitas dan hasil belajar peserta didik, karena selama proses pembelajaran, peserta didik memiliki kesempatan untuk mengaitkan pengetahuan yang mereka miliki dengan proyek yang sedang mereka rancang.

Oktavianty & Arsyid, (2024) menyatakan bahwa integrasi kerangka kerja Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika (STEM) dapat meningkatkan proses pembelajaran secara signifikan dengan mendukung keterampilan peserta didik". Oleh karena itu, pelaksanaan model PjBL dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik.

Terjadinya peningkatan hasil belajar tersebut sejalan dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan model PjBL

terintegrasi STEM yaitu penelitian Venalia, et al., (2020) penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) yang diintegrasikan dengan STEM pada pembelajaran kelistrikan dinamis memiliki pengaruh kategori tinggi terhadap peningkatan hasil belajar siswa kelas XII MIPA SMAK Abdi Wacana. Kemudian penelitian meita, et al., (2018) yang menunjukkan bahwa model PjBL-STEM dapat meningkatkan hasil belajar kognitif dan kreatif siswa.

Dengan demikian, penerapan model PjBL terintegrasi STEM terdapat pengaruh yang sangat signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik pada materi energi terbarukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pembelajaran dengan model PjBL terintegrasi STEM dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik kelas X pada materi energi terbarukan di SMA Negeri 1 Ledo secara signifikan. Hasil ini dapat dilihat dari peningkatan skor *pretest* dengan 10 peserta didik berada pada kategori sedang, dan peserta didik lainnya berada pada kategori rendah

dan sangat rendah, menjadi 26 peserta didik berada pada kategori sangat tinggi dan 4 peserta didik lainnya berada pada kategori tinggi pada hasil *posttest*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, R. I. (2015). *Learning to Teach*. New York: McGraw-Hill Education.
- Furi, I. M. L., S. Handayani, S. Maharani. (2018). Eksperimen Model Pembelajaran Project Based Learning dan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Kreativitas Peserta didik Pada Kompetensi Dasar Teknologi Pengolahan Susu. *Jurnal Penelitian Pendidikan*. Vol 35, No 1.
- Gunawan. 2015. *Model Pembelajaran Sains Berbasis ICT*. Mataram: FKIP UNRAM.
- Lestari, Syafril, S., Latifah, S., Engkizar, E., Damri, D., Asril, Z., & Yaumas, N. E. (2021). Hybrid learning on problem-solving abilities in physics learning: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796(1), 012021.
- Lutfi, I., Ismail, I., & Azis, A. A. (2018). Pengaruh project based learning terintegrasi STEM terhadap literasi sains, kreativitas, dan hasil belajar peserta didik. *Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajarannya* (pp. 189-194). Universitas Negeri Makassar.
- Magdalena, I., Sundari, T., Nurkamilah, S., Nasrullah, N., & Amalia, D. A. (2020). Analisis bahan ajar. Nusantara, 2(2), 311-326. Sutopo, S.Pd (ed); ke2 ed). Terhadap Literasi Sains, Kreativitas dan Hasil Belajar Peserta Didik. *Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajarannya*.
- McComas, W. F. (2015). The Nature of Science & the Next Generation of Biology Education. *The American Biology Teacher*, 77(7), 485–491.
- Megawati, A. Y. I., Lukito, A., & Rachmasari, D. H. (2023). Integrasi Project Based Learning Dengan STEM Pada Pembelajaran Fisika Sebagai Pendekatan Efektif Untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 2. 2(5).
- Meita, L., Furi, I., Handayani, S., & Maharani, S. (2018). Eksperimen model pembelajaran projectbased learning dan project based learning terintegrasi stem untuk meningkatkan hasil belajar dan kreativitas siswa pada kompetensi dasar teknologi pengolahan susu *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35 (1), 49-60-60.
- Mills, R., Tomas, L., & Lewthwaite, B. (2016). Learning in earth and space science: A review of conceptual change instructional approaches. International

- Journal of Science Education*, 38 (5), 767–790.
- Mustafa, N., Izmail, Z., Tasir, Z. & Said, M.N.H. (2016). A Meta-Analysis on Effective Strategies for Integrated STEM Education. *American Scientific Publisher*. 12: 4225-4229.
- Narut, Yosef Firman, & Supardi, Kanisius. (2019). Literasi sains peserta didik dalam pembelajaran ipa di indonesia. *JIPD (Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar) Vol 3, No 1*.
- Ningsih, S. K., Oktavianty, E., Sitompul, S. S., Silitonga, H. T. M., & Hidayatullah, M. M. S. (2023). Penerapan model *Project Based Learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik materi pemuaian. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(1), 108–120.
- Oktavianty, E., & Arsyid, S. B. (2024). Analysis of the attitudes and perceptions of prospective science teacher students towards STEM learning. *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, 13(1), 65-74.
- Santyasa, I. W., Rapi, N. K., & Sara, I. W. W. (2020). Project based learning and academic procrastination of students in learning physics. *International Journal of Instruction*, 13 (1), 489–508.
- Sirait, R. A., Nasbey, H., & Budi, E. (2024). Rancangan Modul Elektronik Dilemma- STEM Pada Materi Energi Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 12, 229–234.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Toto. (2019). STEM-based Science Learning Design in the 2013 Curriculum. IOP Conf. *Journal of Physics. Conf. Series 1233*. 012094.
- Trianto. (2014). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif, Progresif dan Kontekstual*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Venalia, A., Djudin, T., & Oktavianty, E. (2022). Application of project-based learning (PjBL) models with STEM approaches in dynamic electricity material learning. *Physical Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, Tanjungpura University, Indonesia*.
- Viana, R. V., Jumadi, Wilujeng, I., & Kuswanto, H. (2019). The influence of project based learning based on process skills approach to student's creative thinking skill. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233 (1), 012033.
- Wijayanto, T., Supriadi, B., & Nuraini, L. (2020). Pengaruh model pembelajaran project based learning dengan pendekatan STEM terhadap hasil belajar SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 9(3), 113–120.