

Analysis of the Application of Project Based Learning on the Material of Atmospheric Layers at SMAN 11 Medan Class X in the Independent Curriculum

Vina Aulia¹, Dhea Zuhrika², Mita Nalsalisa Br Barus³, Sri Andini⁴,
Vadillah Raihto Hutasuhut⁵, Eni Yuniastuti⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Medan, Indonesia
Email: vina2019hc@gmail.com; dheazuhrika@gmail.com; mitabarus88@gmail.com;
sriandini497@gmail.com; vadillahraihto@gmail.com; yuniastutigeo@unimed.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis penerapan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) dalam materi lapisan atmosfer pada siswa kelas X SMAN 11 Medan dalam konteks Kurikulum Merdeka. Melalui pendekatan kualitatif dengan metode observasi, wawancara, dan dokumentasi, penelitian ini mengeksplorasi efektivitas PjBL dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep atmosfer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi PjBL melalui pembuatan miniatur lapisan atmosfer dan pembelajaran berbasis pengamatan langsung terbukti efektif dalam meningkatkan partisipasi aktif dan pemahaman siswa. Pembelajaran dilakukan dengan sistem berkelompok untuk mengoptimalkan sumber daya dan mendorong kolaborasi antar siswa. Evaluasi pembelajaran dilakukan melalui ulangan harian baik secara lisan maupun tertulis. Tantangan utama yang diidentifikasi adalah perbedaan tingkat pemahaman antar siswa, terutama antara kelas unggulan dan reguler. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan strategi diferensiasi pembelajaran, peningkatan kompetensi guru dalam implementasi PjBL, dan integrasi teknologi digital untuk mengoptimalkan pembelajaran atmosfer dalam kerangka Kurikulum Merdeka.

Keyword: Project Based Learning; Lapisan Atmosfer; Kurikulum Merdeka; Pembelajaran Geografi; Diferensiasi Pembelajaran

ABSTRACT

This research analyzes the implementation of Project Based Learning (PjBL) in teaching atmospheric layers to tenth-grade students at SMAN 11 Medan within the context of the Merdeka Curriculum. Through a qualitative approach utilizing observation, interviews, and documentation methods, this study explores the effectiveness of PjBL in enhancing students' understanding of atmospheric concepts. The findings indicate that PjBL implementation through the creation of atmospheric layer miniatures and direct observation-based learning effectively increases student participation and comprehension. Learning is conducted in group systems to optimize resources and encourage student collaboration. Learning evaluation is carried out through daily assessments, both oral and written. The main challenge identified is the varying levels of understanding among students, particularly between advanced and regular classes. This research recommends developing learning differentiation strategies, enhancing teacher competency in PjBL implementation, and integrating digital technology to optimize atmospheric learning within the Merdeka Curriculum framework.

Keyword: Project Based Learning; Atmospheric Layers; Merdeka Curriculum; Geography Learning; Learning Differentiation

Corresponding Author:

Vina Aulia,
Universitas Negeri Medan,
Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten
Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia
Email: vina2019hc@gmail.com



1. INTRODUCTION

Pembelajaran abad 21 menuntut perubahan paradigma pendidikan yang tidak hanya berfokus pada penguasaan teori, tetapi juga pengembangan keterampilan praktis yang relevan dengan tantangan global. Dalam konteks ini, pendidikan geografi memiliki peran strategis, terutama dalam mempersiapkan generasi muda menghadapi berbagai permasalahan lingkungan dan kebencanaan yang semakin kompleks. Kurikulum Merdeka, sebagai inovasi terbaru dalam sistem pendidikan Indonesia, menekankan pentingnya pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berbasis proyek. Pendekatan ini sejalan dengan kebutuhan untuk mengembangkan kompetensi lapisan atmosfer, yang menjadi semakin krusial di tengah meningkatnya frekuensi dan intensitas bencana alam di Indonesia.

Guru geografi, sebagai fasilitator pembelajaran, dihadapkan pada tantangan untuk merancang pengalaman belajar yang tidak hanya informatif, tetapi juga transformatif. Pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning/PBL*) menawarkan kerangka yang ideal untuk mengintegrasikan pengetahuan teoretis dengan keterampilan praktis dalam konteks lapisan atmosfer. Namun, implementasi efektif dari PBL dalam pembelajaran geografi, khususnya terkait lapisan atmosfer, masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut (Refualu et al., 2022).

Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning* atau PjBL) merupakan model pembelajaran yang semakin relevan dalam konteks pendidikan modern. Menurut Henita Rahmayanti et al. (2022), "PjBL adalah model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik untuk melakukan suatu investigasi yang mendalam terhadap suatu topik. Peserta didik secara konstruktif melakukan pendalaman pembelajaran dengan pendekatan berbasis riset terhadap permasalahan dan pertanyaan yang berbobot, nyata, dan relevan."

Dalam konteks pembelajaran geografi dan lapisan atmosfer, PjBL memberikan platform ideal bagi siswa untuk mengeksplorasi isu-isu kebencanaan secara komprehensif, dari identifikasi risiko hingga perancangan strategi mitigasi, sehingga mempersiapkan mereka menjadi agen perubahan dalam masyarakat yang tangguh bencana.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan pengetahuan dan strategi guru geografi SMA dalam mendesain pembelajaran berbasis proyek yang berfokus pada lapisan atmosfer. Dengan menganalisis praktik-praktik terbaik dan tantangan yang dihadapi guru dalam kerangka Kurikulum Merdeka, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga untuk pengembangan model pembelajaran geografi yang lebih efektif dan kontekstual.

Urgensi penelitian ini semakin nyata mengingat Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan bencana. Pemahaman dan kesiapsiagaan terhadap bencana perlu ditanamkan sejak dini, dan sekolah memegang peranan penting dalam proses ini. Melalui desain pembelajaran yang tepat, guru geografi dapat membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan lingkungan di masa depan.

Dengan memadukan konsep pembelajaran abad 21, prinsip-prinsip Kurikulum Merdeka, dan kebutuhan akan pendidikan lapisan atmosfer, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran geografi di Indonesia. Hasil penelitian ini nantinya dapat menjadi acuan bagi pengembangan kurikulum, pelatihan guru, dan inovasi metode pembelajaran dalam bidang geografi dan lapisan atmosfer (Prastiyono et al., 2021).

2. RESEARCH METHOD

Tim peneliti melakukan pengambilan data di Sekolah Menengah Atas Negeri 11 Medan yang beralamat di Jalan Pertiwi No. 93, Kel. Bantan, Kec. Medan Tembung, Kota Medan

Variabel adalah objek yang menjadi fokus utama penelitian. Dalam perumusannya, diperlukan teori dan konsep yang jelas. Hal tersebut juga berlaku dalam variabel penelitian kualitatif yang berguna untuk mengumpulkan data yang diperlukan. Pada penelitian Analisis Penerapan Pembelajaran Berbasis Projek Based Learning Terhadap Materi Lapisan Atmosfer Kelas X di SMAN 11 Medan Dalam Kurikulum Merdeka memiliki variabel terikat materi lapisan atmosfer kelas X, sedangkan variabel bebasnya adalah model pembelajaran projek based learning.

Wawancara merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengumpulkan data penelitian. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa wawancara (interview) adalah suatu kejadian atau suatu proses interaksi antara pewawancara (interviewer) dan sumber informasi atau orang yang di wawancarai (interview) melalui komunikasi langsung (yusuf, 2014). Pada penelitian ini, tim peneliti menggunakan teknik wawancara sebagai pengambilan data di lapangan yaitu dengan mewawancarai salah satu guru Geografi kelas 10 di SMA Negeri 11 Medan, ibu pangabean

Observasi adalah bagian dalam pengumpulan data. Observasi berarti mengumpulkan data langsung dari lapangan (Semiawan, 2010). Sedangkan menurut Zainal Arifin dalam buku (Kristanto, 2018) observasi adalah suatu proses yang didahului dengan pengamatan kemudian pencatatan yang bersifat sistematis, logis, objektif, dan rasional terhadap berbagai macam fenomena dalam situasi yang sebenarnya, maupun situasi

buatan. Tim peneliti melakukan penelitian di SMA Negeri 11 Medan, Jl. Pertiwi No. 93 Medan, Kel. Bantan, Kec. Medan Tembung, Kab. Kota Medan.

Dokumentasi adalah teknik pengumpulan informasi melalui pencarian bukti yang akurat sesuai fokus masalah penelitian. Dokumentasi dalam penelitian kualitatif dapat berupa dokumen kebijakan, biografi, buku harian, surat kabar, majalah atau makalah. Selain ketiga teknik tersebut, dokumentasi dapat dilengkapi dengan rekaman, gambar, foto dan lukisan. Pada teknik penelitian ini tim peneliti memanfaatkan data berupa bukti bukti penugasan proyek yang terkait dengan materi kelas 10.

3. RESULTS AND DISCUSSION

A. *HASIL*

Model pembelajaran PjBL ini dapat meningkatkan hasil belajar siswa karena dalam penerapannya siswa banyak memiliki kesempatan untuk lebih aktif. Siswa diarahkan untuk dapat meningkatkan keterampilan dan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah dalam suasana lebih menyenangkan. Dalam pembelajaran tidak hanya sekedar menghafal tetapi siswa yang lebih cenderung mencari bahkan mengalami pengalaman belajar sendiri melalui aktivitas nyata (R. T. Sari & Angreni, 2018).

Selain itu dalam pembelajaran diarahkan untuk dapat berpusat pada siswa melalui penugasan proyek, yang akan dirancang dan dibuat oleh para siswa itu sendiri. PjBL memberikan peluang yang besar untuk siswa dalam membuat keputusan untuk memilih topik yang diinginkan, sehingga dalam suasana belajar siswa terangsang untuk melakukan penelitian kemudian menyelesaikan proyek tertentu yang dapat menghasilkan suatu hal yang berbeda dalam pembelajaran dan meningkatkan kreativitas siswa untuk menghasilkan suatu hasil akhir yang lebih baik (N. A. R. Sari, 2017).

Setelah melakukan penelitian serta observasi, peneliti pun mendapatkan beberapa informasi-informasi terkait penerapan pembelajaran berbasis proyek based learning terhadap materi lapisan atmosfer di SMAN 11 Medan Kelas X Dalam Bingkai Kurikulum Merdeka.

1) Narasumber Ibu Pangabean Guru Geografi Kelas 10



Gambar 1. Dokumentasi bersama narasumber

Beliau adalah seorang guru yang mengajar mata Pelajaran geografi di sekolah SMAN 11 Medan Terkhusus kelas 10, Dimana beliau mengatakan dalam penerapan pembelajaran berbasis proyek based learning terhadap materi lapisan atmosfer di SMAN 11 Medan Kelas X yaitu dengan cara membuat proyek berupa miniatur lapisan atmosfer. Dan beliau juga mengatakan media yang digunakan dalam mengajarkan materi atmosfer tersebut yaitu dengan menggunakan media pembelajaran berbasis video atau belajar langsung dari alam, belajar langsung dari alam ini contohnya ketika membahas terkait cuaca biasanya beliau mengajak para peserta didiknya untuk melihat secara langsung keadaan cuaca disekitar sekolah.

Hal ini dilakukan guna meningkatkan pemahaman para peserta didiknya terkait perubahan cuaca yang terjadi akibat pengaruh lapisan atmosfer. Dan biasanya dalam pengerjaan tugas berbasis proyek beliau menerapkan sistem berkelompok, guna meringankan biaya pembutan dan mempermudah para peserta didik dalam mengembangkan ide bersama yang dilakukan dengan cara berdiskusi sesama kelompok. Beliau juga mengatakan bahwa setiap selesai mengajarkan satu bab pembelajaran akan selalu dilakukan yang namanya ulangan harian baik secara lisan maupun tertulis guna melihat sejauh mana pemahaman peserta didik dalam memahami materi yang telah diajarkan tersebut.

Adapun tantangan yang dihadapi beliau dalam mengajarkan materi didalam kelas dimana tantangan yang sering dihadapi yaitu tidak samanya tingkat pemahaman setiap siswa di dalam kelas sehingga menyulitkan beliau dalam mengajarkan materi yang di bahas, namun hal ini tidak terjadi di semua kelas khususnya kelas unggulan yang mana para peserta didiknya memiliki tingkat pemahaman yang cukup baik dari kelaskelas lainnya.

Adapun beberapa hasil proyek dari penerapan pembelajaran berbasis projek based learning terhadap materi lapisan atmosfer yang ada di SMAN 11 Medan Kelas X yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. Foto Hasil Proyek Kelas 10 SMAN 11 Medan

B. PEMBAHASAN

Implementasi Project-Based Learning (PjBL) dalam pembelajaran materi lapisan atmosfer di SMAN 11 Medan Kelas X menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan. Pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa dan menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih dinamis serta bermakna.

1) Efektivitas PjBL

PjBL menunjukkan keefektifan yang signifikan dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Hal ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam membangun pemahaman. Peningkatan hasil belajar ini dapat dikaitkan dengan beberapa faktor kunci:

- a) Partisipasi aktif siswa: PjBL mendorong siswa untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran, memungkinkan mereka untuk mengeksplorasi dan menemukan pengetahuan secara mandiri.
- b) Peningkatan kemampuan pemecahan masalah: Melalui proyek, siswa dihadapkan pada tantangan nyata yang memerlukan pemikiran kritis dan kreatif untuk diselesaikan.
- c) Integrasi teori dan praktik: PjBL memungkinkan siswa untuk melihat hubungan langsung antara konsep teoritis dan aplikasi praktisnya, memperkuat pemahaman mereka.

2) Penerapan PjBL dalam Topik Lapisan Atmosfer

Pemilihan proyek miniatur lapisan atmosfer merupakan strategi yang cerdas untuk memvisualisasikan konsep yang abstrak. Pendekatan ini memiliki beberapa keunggulan:

- a) Konkretisasi konsep abstrak: Siswa dapat melihat dan menyentuh representasi fisik dari lapisan atmosfer, membantu mereka memahami struktur yang tidak kasat mata.
- b) Pengembangan kreativitas dan keterampilan motorik: Pembuatan miniatur melibatkan proses kreatif dan keterampilan tangan, memberikan dimensi tambahan pada pembelajaran.
- c) Pemahaman mendalam: Melalui proses pembuatan miniatur, siswa terpaksa memikirkan setiap detail lapisan atmosfer, memperdalam pemahaman mereka.

3) Penggunaan Media Beragam

Kombinasi video dan observasi langsung mencerminkan pendekatan multi-modal yang sejalan dengan teori kecerdasan majemuk Howard Gardner. Strategi ini memberikan beberapa manfaat:

- a) Peningkatan keterlibatan siswa: Variasi media membantu menjaga minat dan fokus siswa.
- b) Pengayaan pengalaman belajar: Siswa mendapatkan perspektif yang berbeda melalui berbagai media, memperkaya pemahaman mereka.
- c) Pemahaman komprehensif: Pendekatan multi-modal memungkinkan siswa untuk memahami fenomena atmosfer dari berbagai sudut pandang.

4) Kolaborasi dan Kerja Kelompok

Sistem kerja kelompok tidak hanya efisien dari segi biaya, tetapi juga memiliki manfaat pedagogis yang signifikan, sejalan dengan teori pembelajaran sosial Vygotsky:

- a) Pengembangan keterampilan sosial dan komunikasi: Siswa belajar berinteraksi, bernegosiasi, dan berkomunikasi efektif dalam kelompok.
- b) Pertukaran pengetahuan: Siswa dapat saling belajar dari kekuatan dan pengetahuan masing-masing anggota kelompok.

- c) Persiapan untuk dunia kerja: Kemampuan bekerja dalam tim adalah keterampilan penting untuk masa depan.
- 5) Evaluasi Pembelajaran
 - Penggunaan ulangan harian rutin menunjukkan pendekatan evaluasi formatif yang baik:
 - a) Pemantauan kemajuan belajar: Guru dapat melacak perkembangan pemahaman siswa secara teratur.
 - b) Identifikasi dini kesulitan belajar: Masalah pemahaman dapat dideteksi dan diatasi lebih awal.
 - c) Penyesuaian strategi pembelajaran: Guru dapat memodifikasi pendekatan mereka berdasarkan hasil evaluasi.
- 6) Tantangan Implementasi
 - Perbedaan tingkat pemahaman siswa menjadi tantangan utama dalam implementasi PjBL. Hal ini menunjukkan perlunya:
 - a) Strategi diferensiasi: Pengajaran perlu disesuaikan untuk mengakomodasi berbagai tingkat kemampuan siswa.
 - b) Sistem scaffolding yang efektif: Dukungan bertahap diperlukan untuk membantu siswa yang kesulitan.
 - c) Pelatihan guru: Pendidik perlu dibekali keterampilan untuk mengelola kelas dengan kemampuan beragam.
- 7) Hasil Proyek
 - Foto hasil proyek siswa mendemonstrasikan keberhasilan PjBL dalam menghasilkan output pembelajaran yang konkret dan kreatif. Ini menunjukkan:
 - a) Peningkatan pemahaman konseptual: Siswa dapat menerjemahkan pengetahuan mereka ke dalam bentuk visual.
 - b) Pengembangan keterampilan praktis: Proyek memungkinkan siswa untuk mengaplikasikan pengetahuan mereka secara nyata.
 - c) Potensi alat bantu pengajaran: Hasil proyek dapat digunakan sebagai alat peraga untuk kelas-kelas selanjutnya.

Implementasi Project-Based Learning (PjBL) dalam pembelajaran materi lapisan atmosfer telah menunjukkan hasil yang sangat positif. Metode ini terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep kompleks dalam ilmu atmosfer. Namun, seperti halnya setiap metode pembelajaran, masih ada ruang untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Beberapa solusi untuk meningkatkan efektivitas PjBL:

1. Pengembangan strategi diferensiasi

Strategi ini sangat penting mengingat setiap siswa memiliki kemampuan dan gaya belajar yang berbeda. Dengan mengembangkan pendekatan yang lebih terdiferensiasi dalam PjBL, guru dapat memastikan bahwa semua siswa, terlepas dari tingkat kemampuan mereka, dapat berpartisipasi secara aktif dan mendapatkan manfaat maksimal dari proyek. Ini mungkin melibatkan penyesuaian tingkat kesulitan tugas, memberikan dukungan tambahan untuk siswa yang membutuhkan, atau menawarkan proyek-proyek yang lebih menantang bagi siswa yang lebih maju.

2. Pelatihan guru

Efektivitas PjBL sangat bergantung pada kemampuan guru dalam mengelola proyek dan memfasilitasi pembelajaran. Pelatihan yang fokus pada manajemen proyek dan teknik fasilitasi PjBL dapat membantu guru mengoptimalkan pengalaman belajar siswa. Ini mencakup keterampilan seperti menetapkan tujuan proyek yang jelas, memandu siswa melalui proses penyelidikan, dan memberikan umpan balik yang konstruktif.

3. Integrasi teknologi digital

Pemanfaatan teknologi dalam proyek PjBL dapat memperkaya pengalaman belajar siswa. Misalnya, penggunaan simulasi komputer untuk memodelkan fenomena atmosfer, atau pemanfaatan platform kolaborasi online untuk proyek kelompok. Teknologi juga dapat membantu dalam pengumpulan dan analisis data, serta presentasi hasil proyek.

Penyempurnaan berkelanjutan dari metode PjBL memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, tidak hanya dalam mata pelajaran Geografi, tetapi juga dalam berbagai disiplin ilmu lainnya. Pendekatan ini sejalan dengan kebutuhan pendidikan modern yang menekankan pada pengembangan keterampilan abad ke-21.

PjBL mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan dunia nyata dengan cara:

- 1. Mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui proyek-proyek yang kompleks dan autentik.
- 2. Meningkatkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi melalui kerja tim dalam proyek.
- 3. Mendorong kreativitas dan inovasi dalam mencari solusi untuk masalah proyek.

4. Meningkatkan literasi digital melalui penggunaan teknologi dalam proyek.
5. Mengembangkan keterampilan manajemen proyek dan kemandirian belajar.

4. CONCLUSION

Model pembelajaran PjBL dapat meningkatkan hasil belajar siswa karena di dalam penerapannya siswa banyak memiliki kesempatan untuk lebih aktif. Siswa diarahkan untuk dapat meningkatkan keterampilan dan kemampuan dalam memecahkan masalah dalam suasana lebih menyenangkan, tidak hanya sekedar menghafal tetapi siswa yang lebih cenderung mencari bahkan mengalami pengalaman belajar sendiri melalui aktivitas nyata. Dari hasil penelitian serta observasi, implementasi Project-Based Learning (PjBL) dalam pembelajaran materi lapisan atmosfer di SMAN 11 Medan Kelas X menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan.

Peneliti mendapatkan beberapa informasi-informasi terkait penerapan pembelajaran berbasis proyek based learning terhadap materi lapisan atmosfer di SMAN 11 Medan Kelas X Dalam Bingkai Kurikulum Merdeka, yaitu dengan cara membuat proyek berupa miniatur lapisan atmosfer dan juga menggunakan media pembelajaran berbasis video atau belajar langsung dari alam terkait keadaan cuaca di sekitar sekolah. Dan biasanya dalam pengerjaan tugas berbasis proyek menerapkan sistem berkelompok, guna dalam meringankan biaya pembutan dan mempermudah para peserta didik dalam mengembangkan ide bersama yang dilakukan dengan cara berdiskusi sesama kelompok. Di sekolah ini juga setiap selesai mengajarkan satu bab pembelajaran akan selalu dilakukan ulangan harian baik itu secara lisan maupun tertulis guna melihat sejauh mana pemahaman peserta didik dalam memahami materi yang telah diajarkan tersebut.

REFERENCES

- Amalda, J., Karwur, H. M., & Ramadhan, M. I. (2023). Penerapan model pembelajaran project-based learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran geografi. *GEOGRAPHIA: Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Geografi*, 4(1), 23–31. <https://doi.org/10.53682/gjppg.v4i1.4065>
- Andini, T. J., & Suharto, Y. (2024). Collaborative project-based learning pada mata pelajaran geografi: Penerapan proyek media diorama 3D untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(2), 219–233.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (2011). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- Chang, C. H., Kidman, G., & Wi, A. (2020). Issues in teaching and learning of education for environmental citizenship. In *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education* (pp. 177–192). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1_11
- Harun, N. F., Yusof, K. M., Jamaludin, M. Z., & Hassan, S. A. H. S. (2022). The effectiveness of project-based learning (PjBL) in enhancing students' spatial thinking skills in geography. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2), 372–386. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.147>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Kahar, A. (2015). Deskripsi teoritis, kerangka berpikir dan hipotesis penelitian. *Potret Pemikiran*, 19(1), 1–17. <https://doi.org/10.30984/pp.v19i1.712>
- Kanter, D. E., & Konstantopoulos, S. (2010). The impact of a project-based science curriculum on minority student achievement, attitudes, and careers: The effects of teacher content and pedagogical content knowledge and inquiry-based practices. *Science Education*, 94(5), 855–887. <https://doi.org/10.1002/sce.20391>
- Kemendikbudristek. (2022). *Kurikulum Merdeka*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. <https://kurikulum.kemdikbud.go.id>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 275–297). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.017>
- Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the standard for project-based learning*. ASCD. <https://www.ascd.org/books/setting-the-standard-for-projectbased-learning>
- Li, Y., & Faghri, A. (2020). Applying problem-oriented and project-based learning in a transportation engineering course to train young professionals. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 5, 100117. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100117>
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2009). Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change*, 104, 481–507. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9786-9>
- Sumarmi, S., Bachri, S., Baidowi, A., & Aliman, M. (2020). Problem-based learning model: Its application in developing students' creative thinking on the subject of environmental knowledge. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1349–1364. <https://doi.org/10.17478/jegvs.2020.201>

- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. https://tecfa.unige.ch/proj/eteach-net/Thomas_researchreview_PBL.pdf
- Waruwu, M. (2023). Pendekatan penelitian pendidikan: Metode penelitian kualitatif, metode penelitian kuantitatif dan metode penelitian kombinasi (mixed method). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 2896–2910.
- Wijaya, E. Y., Sudjimat, D. A., & Nyoto, A. (2021). Transformasi pendidikan abad 21 sebagai tuntutan pengembangan sumber daya manusia di era global. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, 1(26), 263–278. <http://repository.unikama.ac.id/id/eprint/840>