

Efektivitas Project-Based Learning Berbasis Teknologi Digital pada Siswa SMP Negeri 4 Majenang dalam Lingkungan Belajar Jarak Jauh

Isnaini Amirotn Hanifah¹, Fita Permata Sari², Arief Budhiman³

¹ Master of Educational Leadership, Monash University, Australia

Email correspondence: ihan0011@student.monash.edu

² SMP Negeri 4 Majenang, Indonesia

³ SD Negeri Salebu 03 Majenang, Indonesia

ABSTRACT

This study aims to analyze the effectiveness of digital technology-based Project-Based Learning (PjBL) in enhancing students' abilities during distance learning. A quasi-experimental design was employed, featuring an experimental group and a control group, each consisting of 32 students from SMP Negeri 4 Majenang. The data consisted of pretest and posttest scores regarding conceptual understanding. Analyses included descriptive statistics, score improvements, N-Gain, paired t-tests, independent t-tests on gain scores, and Cohen's d effect sizes. Data analysis revealed that the mean pretest scores for both the experimental and control groups were identical at 51.50. Following instruction, the mean posttest score for the experimental group rose to 86.19, whereas the control group reached 63.31. The experimental group achieved a mean gain of 34.69 with an N-Gain of 0.722 (classified as high), while the control group recorded a gain of 11.81 with an N-Gain of 0.247 (classified as low). Paired t-tests indicated a significant improvement in the experimental group, $t(31) = 72.22$, $p < .001$. The comparison of gains between groups was also significant, $t(62) = 32.76$, $p < .001$. A Cohen's d value of 8.19 indicates a very large difference in improvement. These findings strongly suggest that the implementation of digital technology-based PjBL has the potential to enhance learning outcomes in a distance learning environment.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas Project-Based Learning (PjBL) berbasis teknologi digital dalam meningkatkan kemampuan siswa pada pembelajaran jarak jauh. Penelitian menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, masing-masing terdiri atas 32 siswa SMP Negeri 4 Majenang. Data yang tersedia berupa skor pretest dan posttest pemahaman konseptual. Analisis meliputi statistik deskriptif, peningkatan skor, N-Gain, uji t berpasangan, uji t independen terhadap gain score, dan ukuran efek Cohen's d. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa rata-rata pretest kelompok eksperimen dan kontrol sama-sama sebesar 51,50. Setelah pembelajaran, rata-rata posttest kelompok eksperimen meningkat menjadi 86,19, sedangkan kelompok kontrol mencapai 63,31. Rata-rata gain kelompok eksperimen sebesar 34,69 dengan N-Gain 0,722 yang termasuk kategori tinggi, sedangkan kelompok kontrol memperoleh gain 11,81 dengan N-Gain 0,247 yang termasuk kategori rendah. Uji t berpasangan menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kelompok eksperimen, $t(31) = 72,22$, $p < .001$. Perbandingan gain antarkelompok juga signifikan, $t(62) = 32,76$, $p < .001$. Cohen's d sebesar 8,19 menunjukkan perbedaan peningkatan yang sangat besar. Temuan ini memberikan indikasi kuat bahwa penerapan PjBL berbasis teknologi digital berpotensi meningkatkan hasil belajar dalam lingkungan pembelajaran jarak jauh.

ARTICLE HISTORY

Received 24-05-2026

Accepted 30-06-2026

KEYWORDS

project-based learning; digital technology; remote learning; junior high school

KATA KUNCI

project-based learning; teknologi digital; pembelajaran jarak jauh; SMP

PENDAHULUAN

Transformasi pendidikan pada abad ke-21 menuntut perubahan orientasi pembelajaran dari sekadar penguasaan pengetahuan menuju pengembangan kompetensi yang memungkinkan siswa menggunakan pengetahuan tersebut dalam situasi autentik. Keterampilan seperti berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, pemecahan masalah, literasi informasi, dan literasi digital semakin dipandang sebagai kompetensi penting dalam menghadapi lingkungan sosial dan pekerjaan yang kompleks. Dalam konteks pendidikan sains, tuntutan tersebut menjadi semakin relevan karena siswa tidak hanya perlu memahami konsep, tetapi juga mampu menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, menyelesaikan masalah, dan mengomunikasikan hasil pemikirannya.

Project-Based Learning (PjBL) merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang memiliki karakteristik sesuai dengan tuntutan tersebut. PjBL menempatkan siswa sebagai pelaku utama pembelajaran melalui kegiatan penyelidikan terhadap masalah atau pertanyaan yang bermakna dan menghasilkan produk atau artefak tertentu. Bell (2010) menempatkan PjBL sebagai pendekatan yang relevan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 karena aktivitas proyek memberikan kesempatan kepada siswa untuk bekerja secara kolaboratif, mengambil keputusan, memecahkan masalah, dan menghasilkan produk yang bermakna. Tinjauan kritis Kokotsaki et al. (2016) dan Mahaputri et al. (2025) juga menunjukkan bahwa efektivitas PjBL sangat berkaitan dengan pembelajaran yang berpusat pada siswa, kolaborasi, komunikasi, refleksi, serta adanya produk atau hasil autentik.

Secara empiris, bukti mengenai efektivitas PjBL semakin berkembang. Meta-analisis Chen dan Yang (2019) menunjukkan bahwa PjBL memiliki efek positif terhadap hasil akademik siswa K–12 dibandingkan pembelajaran konvensional, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh karakteristik desain pembelajaran. Guo et al. (2020) menegaskan bahwa kualitas desain proyek, aktivitas kolaboratif, dukungan guru, dan kesempatan bagi siswa untuk melakukan penyelidikan merupakan komponen penting dalam keberhasilan PjBL. Tinjauan sistematis Sánchez-García dan Reyes-de-Cózar (2025) juga menekankan pentingnya struktur proyek, peran guru, evaluasi, kolaborasi, dan konteks autentik dalam menentukan keberhasilan PjBL.

Integrasi teknologi digital memperluas kemungkinan implementasi PjBL. Teknologi dapat digunakan untuk mencari dan mengolah informasi, melakukan komunikasi kelompok, mendokumentasikan proses proyek, menghasilkan produk digital, serta mempresentasikan hasil. Dengan demikian, teknologi tidak semestinya hanya diposisikan sebagai media penyampaian materi, tetapi sebagai lingkungan dan perangkat untuk membangun pengetahuan. Dalam pembelajaran berbasis proyek, teknologi dapat memperkuat proses investigasi dan kolaborasi apabila digunakan secara pedagogis dan bukan hanya sebagai tambahan teknis.

Kebutuhan tersebut menjadi semakin jelas dalam lingkungan pembelajaran jarak jauh. Pembelajaran jarak jauh mengurangi interaksi tatap muka dan dapat menimbulkan persoalan berupa keterbatasan komunikasi, rendahnya keterlibatan siswa, kesulitan pengawasan proses belajar, serta ketimpangan akses teknologi. Karena itu, desain pembelajaran perlu memberikan struktur aktivitas yang memungkinkan siswa tetap aktif, berinteraksi, dan menghasilkan karya meskipun tidak berada dalam ruang kelas yang sama. Integrasi PjBL dan teknologi digital dapat menjadi salah satu alternatif karena proyek memberikan tujuan, tahapan aktivitas, produk akhir, dan kesempatan kolaborasi yang relatif jelas.

Kajian mengenai pembelajaran berbasis teknologi juga menunjukkan bahwa teknologi pendidikan dapat mendukung keterampilan berpikir tingkat tinggi ketika siswa tidak hanya mengonsumsi informasi, tetapi menggunakannya untuk menyelesaikan tugas bermakna. Hernández-Ramos et al. (2021), misalnya, menunjukkan bahwa teknologi dalam pembelajaran berbasis masalah dapat mendukung proses pencarian informasi, komunikasi, evaluasi, dan pembentukan pemahaman. Dalam konteks STEM, pembelajaran berbasis proyek juga banyak dikaitkan dengan perkembangan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah.

Pada jenjang sekolah menengah pertama, kebutuhan tersebut sangat relevan karena siswa berada pada tahap perkembangan yang memungkinkan mereka mulai melakukan analisis, evaluasi, argumentasi, dan penyelesaian masalah yang lebih kompleks. Pembelajaran sains berbasis proyek dapat memberikan konteks bagi siswa untuk menghubungkan konsep dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Penelitian tentang STEM-PjBL juga menunjukkan kecenderungan positif terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi dan kompetensi ilmiah siswa.

Meskipun demikian, efektivitas PjBL tidak dapat diasumsikan hanya karena model tersebut menggunakan proyek atau teknologi. Kualitas pertanyaan pemantik, tingkat autentisitas masalah, pembagian peran, scaffolding guru, kesempatan melakukan revisi, kualitas asesmen, dan akses terhadap teknologi dapat menentukan hasil pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian kontekstual pada sekolah tertentu diperlukan untuk mengetahui apakah PjBL berbasis teknologi benar-benar menghasilkan peningkatan yang lebih besar dibandingkan pembelajaran pembandingan.

Dalam penelitian ini, konteks tersebut difokuskan pada siswa SMP Negeri 4 Majenang dalam lingkungan pembelajaran jarak jauh. Data yang tersedia memungkinkan analisis perubahan kemampuan melalui skor pretest dan posttest serta perbandingan peningkatan antara kelompok eksperimen dan kontrol. Fokus analisis terutama diarahkan pada efektivitas PjBL berbasis teknologi digital terhadap peningkatan kemampuan belajar siswa sebagai indikator empiris efektivitas intervensi.

Berdasarkan uraian tersebut, pertanyaan penelitian yang dapat digunakan adalah: (1) apakah terdapat peningkatan kemampuan siswa setelah penerapan PjBL berbasis teknologi digital; (2) apakah peningkatan siswa pada kelompok PjBL lebih tinggi daripada kelompok kontrol; dan (3) seberapa besar efek penerapan PjBL berbasis teknologi digital terhadap peningkatan kemampuan siswa?

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen. Dua kelompok siswa dibandingkan, yaitu kelompok eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan PjBL berbasis teknologi digital dan kelompok kontrol yang memperoleh pembelajaran pembandingan sesuai rancangan penelitian yang sebenarnya. Subjek penelitian terdiri atas 64 siswa SMP Negeri 4 Majenang, dengan 32 siswa pada kelompok eksperimen dan 32 siswa pada kelompok kontrol.

Instrumen

Instrumen yang tersedia dalam file penelitian berupa tes pemahaman konseptual. Kisi-kisi menunjukkan indikator yang mencakup kemampuan menganalisis karakteristik planet, menganalisis hubungan jarak planet dengan karakteristik fisik dan orbit, menganalisis konfigurasi Matahari–Bumi–Bulan, mengevaluasi pengaruh kemiringan sumbu Bumi, serta mengevaluasi kelayakan planet berdasarkan data ilmiah.

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, statistik deskriptif digunakan untuk memperoleh rata-rata, median, simpangan baku, nilai minimum, dan maksimum. Kedua, peningkatan dihitung melalui gain score dan N-Gain. N-Gain dihitung menggunakan rumus:

$$N - gain = \frac{(Posstest - Pretest)}{(Skor Maksimum - Pretest)}$$

Ketiga, peningkatan dalam masing-masing kelompok dianalisis menggunakan paired-samples t-test. Keempat, perbedaan peningkatan antarkelompok dianalisis menggunakan independent-samples t-test terhadap gain score. Ukuran efek dihitung menggunakan Cohen's d.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistik Deskriptif

Hasil pengolahan menunjukkan bahwa kondisi awal kedua kelompok relatif sama. Kedua kelompok memiliki rata-rata pretest sebesar 51,50. Kelompok eksperimen memiliki simpangan baku 5,79, sedangkan kelompok kontrol memiliki simpangan baku 5,04.

Setelah perlakuan, rata-rata kelompok eksperimen meningkat menjadi 86,19, sedangkan kelompok kontrol menjadi 63,31. Dengan demikian, peningkatan absolut pada kelompok eksperimen jauh lebih besar dibandingkan kelompok kontrol.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Pretest dan Posttest

Kelompok	N	Pretest M	Pretest SD	Posttest M	Posttest SD
Eksperimen	32	51,50	5,79	86,19	4,97
Kontrol	32	51,50	5,04	63,31	5,99

Temuan tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki titik awal yang identik secara rata-rata, tetapi mengalami perkembangan yang berbeda setelah pembelajaran. Selisih rata-rata posttest antara kelompok eksperimen dan kontrol mencapai 22,88 poin.

Analisis Gain dan N-Gain

Analisis gain memperlihatkan perbedaan peningkatan yang substansial. Kelompok eksperimen memperoleh rata-rata gain sebesar 34,69, sedangkan kelompok kontrol hanya 11,81.

Tabel 2. Gain dan N-Gain

Kelompok	Gain M	Gain SD	N-Gain M	Kategori
Eksperimen	34,69	2,72	0,722	Tinggi
Kontrol	11,81	2,87	0,247	Rendah

N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,722 berada pada kategori tinggi, sedangkan kelompok kontrol sebesar 0,247 berada pada kategori rendah. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pembelajaran pada kelompok eksperimen menghasilkan peningkatan proporsional yang lebih besar.

Peningkatan dalam Kelompok

Uji paired-samples t-test berdasarkan data mentah menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan yang signifikan dari pretest ke posttest, $t(31) = 72,22$, $p < .001$. Kelompok kontrol juga menunjukkan peningkatan signifikan, $t(31) = 23,30$, $p < .001$.

Tabel 3. Hasil Uji Peningkatan

Kelompok	M Pretest	M Posttest	Selisih M	t	df	p
Eksperimen	51,50	86,19	34,69	72,22	31	< .001

Kelompok	M Pretest	M Posttest	Selisih M	t	df	p
Kontrol	51,50	63,31	11,81	23,30	31	< .001

Hasil tersebut berarti kedua pembelajaran mampu meningkatkan skor siswa, tetapi besarnya peningkatan pada kelompok eksperimen jauh lebih tinggi. Oleh karena itu, kesimpulan efektivitas PjBL sebaiknya didasarkan pada perbandingan antarkelompok, bukan hanya pada signifikansi perubahan dalam kelompok eksperimen.

Perbandingan Efektivitas Antarkelompok

Uji *independent-samples t-test* terhadap gain score menghasilkan $t(62) = 32,76$, $p < .001$. Dengan demikian, terdapat perbedaan peningkatan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol.

Tabel 4. Perbandingan Gain Score Antarkelompok

Kelompok	M Gain	SD Gain	t	df	p
Eksperimen	34,69	2,72	32,76	62	< .001
Kontrol	11,81	2,87			

Perbedaan rata-rata gain sebesar 22,88 poin menunjukkan bahwa siswa yang mengikuti pembelajaran PjBL berbasis teknologi digital mengalami peningkatan lebih tinggi dibandingkan siswa pada kelompok kontrol.

Ukuran Efek

Perhitungan Cohen's d menggunakan simpangan baku gabungan gain score menghasilkan nilai sekitar 8,19. Nilai tersebut secara matematis menunjukkan ukuran efek yang sangat besar. Namun, nilai efek yang sangat tinggi perlu ditafsirkan secara hati-hati. Pemeriksaan lebih lanjut terhadap desain penelitian, kesetaraan perlakuan, karakteristik instrumen, kemungkinan *ceiling effect*, dan prosedur pengambilan sampel diperlukan sebelum menyatakan bahwa efek sebesar tersebut dapat digeneralisasikan ke populasi yang lebih luas.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan pola yang konsisten: kedua kelompok mengalami peningkatan, tetapi peningkatan kelompok eksperimen jauh lebih besar. Kondisi awal yang memiliki rata-rata pretest sama, yaitu 51,50, memberikan indikasi bahwa perbedaan skor akhir terutama berkaitan dengan perbedaan pengalaman pembelajaran selama intervensi. Namun, interpretasi kausal tetap perlu mempertimbangkan karakteristik desain kuasi-eksperimen.

Rata-rata posttest kelompok eksperimen sebesar 86,19 dibandingkan 63,31 pada kelompok kontrol menunjukkan keunggulan pembelajaran yang diberikan pada kelompok eksperimen. Temuan ini sejalan dengan meta-analisis Chen dan Yang (2019) yang menemukan efek positif PjBL terhadap hasil akademik siswa K-12. Hasil tersebut juga konsisten dengan Guo et al. (2020), yang menekankan bahwa PjBL dapat mendukung hasil belajar ketika proyek dirancang dengan tujuan yang jelas, aktivitas kolaboratif, penyelidikan, dan produk yang bermakna.

N-Gain sebesar 0,722 pada kelompok eksperimen memperkuat temuan tersebut. Siswa tidak hanya mengalami peningkatan skor absolut, tetapi peningkatan proporsional terhadap ruang peningkatan yang tersedia juga lebih tinggi daripada kelompok kontrol. Hal ini dapat dijelaskan melalui karakteristik PjBL yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengintegrasikan informasi, melakukan penyelidikan, berdiskusi, dan menghasilkan solusi atau produk.

Dalam pembelajaran jarak jauh, teknologi digital kemungkinan memainkan peran sebagai penghubung aktivitas proyek. Teknologi memungkinkan siswa mengakses sumber belajar, mengomunikasikan gagasan,

berbagi hasil kerja, mendokumentasikan proses, dan menerima umpan balik. Dengan demikian, nilai pedagogis teknologi bukan semata-mata terletak pada penggunaan aplikasi, tetapi pada bagaimana teknologi digunakan untuk mendukung proses belajar aktif.

Temuan tersebut relevan dengan kajian Hernández-Ramos et al. (2021), yang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dalam pembelajaran berbasis masalah dapat mendukung proses pencarian informasi, komunikasi, evaluasi, dan pembentukan pemahaman. Literatur PjBL yang lebih baru juga menekankan bahwa integrasi teknologi perlu disertai struktur pembelajaran dan scaffolding agar teknologi benar-benar berfungsi sebagai alat konstruksi pengetahuan.

Dari perspektif keterampilan abad ke-21, PjBL menyediakan lingkungan yang secara teoretis mendukung empat kompetensi utama atau 4C, yaitu critical thinking, creativity, communication, dan collaboration. Ketika siswa menyelesaikan proyek, mereka perlu memahami masalah, mempertimbangkan alternatif solusi, membagi pekerjaan, berkomunikasi dengan anggota kelompok, dan mengevaluasi hasil.

KESIMPULAN

Berdasarkan data 64 siswa, PjBL berbasis teknologi digital menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran kelompok kontrol dalam meningkatkan skor kemampuan siswa. Rata-rata skor kelompok eksperimen meningkat dari 51,50 menjadi 86,19 dengan N-Gain 0,722, sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 51,50 menjadi 63,31 dengan N-Gain 0,247.

Uji paired-samples t-test menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen maupun kontrol, sedangkan independent-samples t-test terhadap gain menunjukkan perbedaan peningkatan yang signifikan antara kedua kelompok, $t(62) = 32,76$, $p < .001$. Cohen's d sebesar 8,19 menunjukkan ukuran efek yang sangat besar berdasarkan gain score. Dengan demikian, data memberikan bukti empiris yang kuat bahwa intervensi pada kelompok eksperimen berkaitan dengan peningkatan hasil belajar yang jauh lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Sekolah, guru, dan siswa SMP Negeri 4 Majenang yang telah memberikan izin dan berpartisipasi aktif selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Chen, C.-H., & Yang, Y.-C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*, 26, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.02.001>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). A critical review of research on project-based learning. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research*, 102, 101586. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>
- Hernández-Ramos, J. P., Perna, J., Cáceres-Jensen, L., & Rodríguez-Becerra, J. (2021). The effects of using socio-scientific issues and technology in problem-based learning: A systematic review. *Education Sciences*, 11(10), 640. <https://doi.org/10.3390/educsci11100640>
- Wieselmann, J. R., Sager, M. T., & Price, B. C. (2022). STEM project-based instruction: An analysis of teacher-developed integrated STEM PBI curriculum units. *Education Sciences*, 12(9), 626. <https://doi.org/10.3390/educsci12090626>

- Sánchez-García, R., & Reyes-de-Cózar, S. (2025). Enhancing project-based learning: A framework for optimizing structural design and implementation—A systematic review with a sustainable focus. *Sustainability*, 17(11), 4978. <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/11/4978>
- Widiyaningsih, T., Prayitno, B. A., & Indrowati, M. (2026). Mapping research trends on PjBL-STEM in biology education and students' 21st-century skills: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/jpbi/article/download/43011/18277>
- Farshad, S., & Fortin, C. (2026). An umbrella review of meta-analyses on project-based learning: Effects on academic achievement, higher-order thinking, and 21st-century skills. *Educational Research Review*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X26000485>
- Zhou, D., Li, H., Sima, Y. W., Han, Y., & Shi, F. (2026). Improving middle school students' collaborative problem-solving competence in project-based learning through instant feedback in science curriculum. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2496427>
- Rehman, N., Huang, X., & Mahmood, A. (2026). Enhancing mathematical problem-solving and 21st-century skills through PjBL: A structural equation modelling approach. *Educational Studies*. <https://doi.org/10.1080/03055698.2025.2514691>
- Bakan, G., & Bircan, M. A. (2026). Enhancing 21st century skills of primary school students in rural areas through STEM activities. *The Journal of Educational Research*. <https://doi.org/10.1080/00220671.2025.2517265>
- Megawati, R. (2024). Integration of project-based learning in science, technology, engineering, and mathematics to improve students' biology practical skills in higher education: A systematic review. *Open Education Studies*. <https://doi.org/10.1515/edu-2024-0049>
- Molina-Torres, M. P. (2022). Project-based learning for teacher training in primary education. *Education Sciences*, 12(10), 647. <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/10/647>
- Masykuri, M. (2025). STEM-integrated project-based learning with flipbook media to enhance science process skills and learning outcomes. *Jurnal PAJAR (Pendidikan dan Pengajaran)*. <https://pajar.ejournal.unri.ac.id/index.php/PJR/article/view/322>
- Amelia, R. (2021). 21st century skills in project based learning integrated STEM on science subject: A systematic literature review. *Proceedings of the International Conference on Science, Education and Technology*. <https://www.academia.edu/download/102469366/125955772.pdf>
- Sari, R. P. (2022). Application of integrated project-based and STEM-based e-learning tools to improve students' creative thinking and self-regulation skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. <https://www.academia.edu/download/119145834/931.pdf>
- Nurhayati, H., Winarno, N., & Rochintaniawati, D. (2026). Systematic review of STEM-project-based learning in science education: Trends, project types, future research. *Science Education International*. <https://icaseonline.net/journal/index.php/sei/article/view/1431>
- Mahaputri, S., Budhiman, A., & Sari, F. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Genially Berbantuan Canva untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Peserta Didik pada Materi Sumber Daya Alam di Sekolah Dasar. *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series*, 8(3), 1727-1734. doi:<http://dx.doi.org/10.20961/shes.v8i3.107436>
- Martini, M., Erman, E., & Sanjaya, I. G. M. (2026). The effect of scaffolded project based learning on students' critical thinking skills to support SDG 4. *Journal of Current Studies in Social Sciences*. <https://journal.iros.org/index.php/JOCSIS/article/view/282>
- Mardiyah, A., Wahyuni, S., & Barid, S. S. A. Q. (2026). Integration of problem-based learning in science learning with digital learning to improve critical thinking and collaboration skills: A review. *Jurnal Pijar MIPA*. <https://jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/JPM/article/view/10915>

- Setyobudi, A., Sofyan, H., & Komariah, K. (2026). Implementation of the STEM-based project-based learning (PjBL) model to enhance students' critical thinking and creativity. *International Journal of Educational Research and Technology*. <https://ejournal.upi.edu/index.php/IJERT/article/view/89679>
- Asyhari, A., & Islamia, I. (2026). The role of critical thinking and social cure approach in collaborative physics learning based on project-based learning to enhance student well-being. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies*. <https://www.ledonline.it/index.php/ECPS-Journal/article/view/6379>
- Fikria, A., Setiawan, S., & Munir, A. (2025). A systematic review of technology-enhanced project-based language learning: Theoretical frameworks, project types, and implications for future research and practice. *F1000Research*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12811719/>
- Al-Thani, N. J., & Ahmad, Z. (2025). Driving project-based learning and problem-based learning through research in middle schools. In *Teaching and Learning with Research Cognitive....* Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-87544-1_3