

Implementasi *Project Based Learning* di Perguruan Tinggi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis: Sebuah Tinjauan

Hanisah Hasibuan^{1*}, Sri Adelila Sari², Marudut Sinaga³

1 Program Studi Pendidikan Kimia, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Medan, Indonesia

2,3 Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia

*Correspondence: Hanisah Hasibuan

Email: hanisahhsb01@gmail.com

Received: 17-06-2025

Accepted: 19-07-2025

Published: 28-08-2025



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Project based learning (PjBL) dianggap sebagai pendekatan yang efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Tujuan studi ini adalah untuk meninjau secara sistematis studi-studi empiris tentang implementasi project based learning dan bagaimana hal itu mempengaruhi kemampuan mahasiswa dalam berpikir kritis. Metode tinjauan literatur digunakan dalam penelitian ini. Informasi dikumpulkan dari sejumlah basis data akademik, termasuk Google Scholar, Sciencedirect, dan Scopus. Penelitian yang relevan kemudian dianalisis untuk menentukan tren, kesimpulan, dan variabel penting yang mempengaruhi hubungan antara PjBl dan kemampuan berpikir kritis. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa secara signifikan terkait dengan penerapan PjBL. Penugasan proyek, kerja kelompok, dan refleksi diri semuanya membantu dalam hal ini. Namun, suasana belajar kolaboratif, dukungan dosen dalam memfasilitasi, dan desain proyek yang terorganisir dengan baik semuanya sangat penting untuk efektivitasnya. Sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menilai efektifitas penerapan project based learning di perguruan tinggi dalam

meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Keywords: Project Based Learning, Kemampuan Berpikir Kritis; Perguruan Tinggi; Mahasiswa; Tinjauan

Pendahuluan

Institusi pendidikan tinggi telah berusaha memberikan kepada mahasiswanya baik keterampilan teknis seperti profesionalisme dan pengetahuan intelektual maupun keterampilan interpersonal, seperti kemampuan memecahkan masalah dan kolaborasi selama beberapa tahun terakhir (Kadel, et al., 2025; Sari & Hasibuan, 2023; Tafakur, et al., 2023; Damme, et al., 2023;). Pendekatan pengajaran konvensional yang dominan, di mana mahasiswa berfungsi sebagai “penerima informasi” dan pengajar sebagai “penyebarkan pengetahuan,” menyulitkan pencapaian tujuan pengembangan keterampilan tersebut (Cortazar, et al., 2021). Hal ini berakibat pada kesulitan mahasiswa untuk terlibat sepenuhnya dalam kegiatan pendidikan, yang dapat mengakibatkan pemahaman yang dangkal terhadap materi pelajaran (Pinar, et al., 2025).

Pendidikan tinggi, terutama yang fokus pada penelitian, cenderung lebih mengutamakan pengembangan kemampuan riset mahasiswa dibandingkan dengan

keterampilan profesional atau yang dapat dipindahkan. Ini dapat menimbulkan ketidaksesuaian antara apa yang dipelajari mahasiswa di dalam pendidikan dan apa yang dicari oleh para pemberi kerja (Bulu & Tanggur, 2021). Pendidikan tinggi yang berfokus pada penelitian dan inovasi juga memerlukan pendekatan pembelajaran yang dapat membantu mahasiswa dalam menghadapi masalah secara analitis dan terstruktur. Karena PjBL menekankan keterlibatan mahasiswa dalam proyek-proyek menantang yang memerlukan kolaborasi dalam pemecahan masalah, metode ini dianggap sangat cocok.

Project based learning atau pembelajaran berbasis proyek merupakan pendekatan yang menekankan siswa, di mana mereka memperoleh pengetahuan melalui partisipasi langsung dalam proyek-proyek konkret yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari (Muchtar, et al., 2021). Berdasarkan penelitian kuantitatif dan analisis metaanalisis, PjBL secara konsisten menunjukkan dampak sedang hingga tinggi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Pengaruh ini signifikan baik dalam konteks pendidikan tinggi maupun pendidikan kejuruan (Yang & Yu, 2023). Hal ini mengindikasikan bahwa PjBL dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja terhadap lulusan yang tidak hanya unggul secara akademis tetapi juga memiliki keterampilan dalam memecahkan masalah.

Selain itu, integrasi digital dari PjBL terbukti memiliki pengaruh sedang hingga tinggi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis komputasional dalam studi kuasi-eksperimental (Li, et al., 2023). Evaluasi sistematis yang menyoroti keuntungan PjBL dalam menciptakan lingkungan belajar kolaboratif yang memerlukan pemikiran reflektif dari mahasiswa juga mendukung temuan yang serupa (Zhang & Ma, 2020). Penyelesaian proyek berbasis masalah dunia nyata secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis, menurut hasil meta-analisis dalam konteks pendidikan tinggi STEM (Kwon & Lee, 2025). Secara keseluruhan, data ini mendukung status PjBL sebagai salah satu pendekatan pedagogis yang relevan untuk kebutuhan pendidikan tinggi saat ini.

Namun, penting untuk diperhatikan bahwa hanya 10,5 persen (23 dari 217) penelitian yang dilakukan di tingkat sekolah menengah atas. Jika dibandingkan dengan PjBL dalam pendidikan abad 21, PjBL yang diterapkan pada pendidikan tinggi masih kurang berkembang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi pada pemahaman yang lebih mendalam tentang PjBL yang diterapkan dalam pendidikan tinggi.

Tidak ada deskripsi menyeluruh mengenai peningkatan kemampuan berpikir kritis yang berkaitan dengan PjBL, terutama di lingkungan perguruan tinggi, kendati tinjauan-tinjauan ini telah mengangkat peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa hingga tingkat tertentu. Dengan demikian, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ditinjau mengenai implementasi PjBL untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa di perguruan tinggi dan apa instrumen yang digunakan untuk menilai kemampuan tersebut.

Metode Penelitian

Metode tinjauan literatur digunakan dalam penelitian ini. Informasi dikumpulkan dari sejumlah basis data akademik. Penelitian yang relevan kemudian dianalisis untuk

menentukan tren, kesimpulan, dan variabel penting yang mempengaruhi hubungan antara PjBl dan kemampuan berpikir kritis. Berikut tahapan-tahapan dalam melakukan tinjauan:

1. Pencarian

Data penelitian dicari dari sejumlah basis data seperti Google Scholar, Crossref, dan Scopus. Untuk menemukan studi yang relevan, digunakan aplikasi Publish or Perish. Kata kunci yang digunakan yaitu: Judul mengandung " "Project Based Learning in Higher Education" " AND "Higher Education" AND "PjBL" AND "Critical Thinking Skills" AND "Assesment of Critical Thinking Skills" AND "Undergraduate Student". Tahun publikasi artikel adalah 2020 – 2025. Secara keseluruhan, ditemukan sebanyak 419 artikel.

2. Seleksi

Artikel kemudian diseleksi lebih lanjut dengan cara manual. Kriteria yang digunakan untuk seleksi adalah sebagai berikut:

- a. publikasi berupa artikel, review, meta-analisis, atau conference paper
- b. proses PjBL harus dilaksanakan di tingkat pendidikan tinggi

Sedangkan sartikel yang tidak diikutsertakan yaitu:

- a. penelitian yang tidak membedakan antara pembelajaran berbasis proyek dan pembelajaran berbasis masalah
- b. di luar konteks pendidikan tinggi

Sebesar 10,5 persen dari 217 artikel diulas oleh penulis menggunakan kriteria seleksi yang telah disebutkan. Total 23 artikel dipilih untuk dianalisis.

3. Analisis

Analisis artikel yang dipilih dilakukan dengan meninjau beberapa aspek penting, seperti desain studi, konteks penerapan PjBL, metode penilaian kemampuan berpikir kritis, hasil penelitian, serta keterbatasan yang ada. Untuk memudahkan perbandingan antar penelitian, dibuat tabel matriks sebagai alat analisis. Penelitian-penelitian ini memanfaatkan berbagai instrumen untuk menilai kemampuan berpikir kritis, seperti tes tertulis, wawancara, kuesioner. Hasil analisis mengungkap berbagai metodologi penelitian yang dipakai serta menunjukkan pengaruh PjBL terhadap kemampuan berpikir kritis.

Hasil dan Pembahasan

Tinjauan telah dilakukan, beberapa topik penting yang diulas dalam penelitian ini yaitu: i) efektifitas PjBL terhadap kemampuan berpikir kritis; ii) peran desain proyek dalam PjBL; iii) kolaborasi dan dukungan fasilitator; iv) instrumen dan metodologi penelitian; v) keterbatasan penelitian; dan vi) tren penelitian tahun 2020-2025.

1. Efektifitas PjBL terhadap Kemampuan Berpikir Kritis

Kesimpulan dari tinjauan ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis mahasiswa semakin meningkat melalui metode pembelajaran berbasis proyek (PjBL). Metode ini terbukti efektif dalam mengembangkan kemampuan analisis, penilaian, dan penalaran mahasiswa dalam situasi pembelajaran online. Tugas proyek yang dilakukan secara kolaboratif serta dukungan dalam regulasi pembelajaran sosial juga terbukti dapat memperkuat kemampuan berpikir kritis (CT). Dengan melakukan evaluasi terhadap kinerja dan menggunakan alat refleksi

yang terstruktur, penelitian mengenai kursus online berbasis proyek menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam kemampuan berpikir kritis (Cortazar, et al., 2021).

Berdasarkan studi quasi-eksperimental, penerapan pembelajaran berbasis proyek secara daring secara substansial memperbaiki kemampuan pemahaman bacaan dan kemampuan berpikir kritis mahasiswa EFL (Bahasa Inggris sebagai Bahasa Asing) di Tiongkok, jika dibandingkan dengan metode pengajaran yang konvensional. Ini mengindikasikan bahwa kegiatan proyek yang nyata dapat mendukung pertumbuhan kemampuan berpikir yang lebih kompleks (Song, et al., 2025).

PjBL diciptakan untuk mendorong kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi antar disiplin dalam lingkup Proyek Multidisiplin di perguruan tinggi; evaluasi terhadap mata kuliah menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan dalam kemampuan berpikir kritis setelah penerapan kurikulum yang berbasis proyek (Dias-oliveira, et al., 2024).

Walaupun pandangan mahasiswa mengenai PjBL bervariasi, data dari sebuah universitas di Kazakhstan menunjukkan bahwa PjBL memperbaiki kemampuan berpikir kritis serta meningkatkan keterlibatan dalam proses belajar. Hal ini menunjukkan betapa krusialnya perancangan dan dukungan pelaksanaan untuk mengoptimalkan manfaat berpikir kritis (Ospankulova, et al., 2024).

Secara keseluruhan, penelitian kuantitatif terbaru memperlihatkan bahwa PjBL mendorong berbagai kemampuan berpikir tingkat tinggi, seperti analisis kritis dan pemecahan masalah, yang bisa berpengaruh pada elemen berpikir kritis dalam pendidikan tinggi (Zhang, 2024).

2. Peran Desain Proyek dalam PjBL

Faktor kunci yang berpengaruh pada efek PjBL terhadap kemampuan berpikir kritis adalah mutu desain proyek. Peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi berkaitan dengan fokus kerangka kerja optimasi PjBL pada produk akhir yang dapat dinilai, sifat masalah yang autentik, dan kejelasan tujuan yang ditetapkan (Sánchez-García & Reyes-de-Cózar, 2025).

Kurikulum teknik yang menggabungkan pembelajaran berbasis masalah dan proyek jangka panjang menunjukkan bahwa proyek yang melibatkan berbagai topik dengan hasil yang praktis dapat meningkatkan kemampuan analitis mahasiswa serta mempermudah evaluasi menggunakan kriteria berpikir kritis (Gutierrez-Berraondo, et al., 2025)

Karena mahasiswa diharuskan untuk mempertahankan pilihan desain mereka di depan pemangku kepentingan yang nyata, desain yang memanfaatkan ketegangan atau kesenjangan antara tugas dan dunia kerja juga memperkuat keterampilan berpikir kritis. (Alexandersen, 2025)

Tingkat kedalaman analisis dan evaluasi yang berhasil dicapai mahasiswa dipengaruhi oleh artefak penting, pemilihan tugas, dan urutan kegiatan,

sebagaimana diungkapkan dalam penelitian tentang desain dan optimasi PBL (Bai, et al., 2024).

PjBL yang berfokus pada kearifan lokal (proyek patung dengan lambang Adinkra) menunjukkan cara di mana inisiatif yang memiliki makna budaya dapat menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam dan diskusi kritis dalam bidang seni (Boakye-Yiadom, et al., 2025).

3. Kolaborasi dan Dukungan Fasilitator

Kerjasama adalah elemen penting dalam PjBL. Keterampilan dalam memecahkan masalah dan berpikir analitis ditingkatkan melalui penetapan tujuan, pengamatan, serta penilaian kelompok (Pham, et al., 2024). Ketika flipped learning dipadukan dengan PjBL, terdapat peningkatan waktu yang dihabiskan untuk berinteraksi dalam memberikan saran dan umpan balik, yang mendukung perkembangan kemampuan berpikir kritis (Fitrah, et al., 2025). Dari hasil refleksi mahasiswa dalam studi digital, pengajaran konvensional mendukung penguatan kemampuan berpikir kritis (Smith dan Jones, 2025).

Penelitian menunjukkan bahwa strategi seperti penilaian sejawat dan pertanyaan yang lebih kompleks dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis di lingkungan pendidikan guru (Nurhayati, 2024). Namun, cara pandang mahasiswa bisa berbeda-beda tergantung pada seberapa baik mereka menerima bimbingan dan seberapa jelas harapan yang diberikan kepada mereka (Aubakirova, et al., 2024).

4. Instrumen dan Metodologi Penelitian

Ujian yang terstandarisasi dan alat penilaian berbasis proyek adalah beberapa metode yang dimanfaatkan. Metode quasi-eksperimental diterapkan dalam penelitian PBL daring EFL untuk mengevaluasi kemampuan dalam memahami bacaan serta berpikir kritis (Liu, et al., 2025). Indikator kinerja dan dukungan regulasi sosial digunakan dalam program belajar daring yang berorientasi proyek. Penilaian antar teman, presentasi akhir, dan pedoman untuk artefak merupakan bagian dari kursus PjBL yang meliputi beragam bidang studi (Dewi, et al., 2024). Kerangka kerja optimasi PjBL menyoroti pentingnya standarisasi indikator berpikir kritis di berbagai disiplin ilmu (Toda, et al., 2025). Penelitian bibliometrik terbaru menunjukkan relevansi konsistensi alat dan peningkatan dalam penelitian berpikir kritis di dunia pendidikan tinggi (Zhang, et al., 2025).

Tidak ada satu standar pun untuk alat penilaian yang digunakan oleh semua penelitian. Sementara beberapa penelitian merancang alat mereka sendiri. Perbedaan ini menunjukkan betapa mendesaknya kebutuhan akan alat yang terstandarisasi baru untuk mengukur berpikir kritis dalam konteks PjBL di perguruan tinggi.

5. Keterbatasan Penelitian

Penting untuk memahami beberapa batasan, meskipun hasil dari tinjauan ini secara konsisten menunjukkan keuntungan dari PjBL. Pertama, saat ini bukti mengenai efek jangka panjang PjBL terhadap kemampuan berpikir kritis masih terbatas, karena mayoritas penelitian hanya dilakukan dalam satu semester atau bahkan hanya pada satu mata pelajaran. Kedua, masih ada keterbatasan dalam menerapkan temuan ke disiplin ilmu lainnya karena sebagian besar penelitian dilaksanakan di program studi tertentu (seperti teknik, kedokteran, atau pendidikan). Ketiga, meskipun ada perbedaan dalam konteks budaya dan institusi, beberapa riset mengabaikan cara-cara di mana faktor-faktor kontekstual ini mempengaruhi keberhasilan PjBL. Di mana pembelajaran kontekstual membantu pendidik menghubungkan materi pelajaran di kelas dengan situasi nyata (Sari & Marbun, 2024).

Selain itu, banyak akademisi yang masih keliru dalam memahami PjBL dan Problem-Based Learning (PBL). Beberapa tulisan tidak berhasil memberikan penjelasan yang memadai mengenai perbedaan antara kedua pendekatan ini, yang bisa menyebabkan kesulitan dalam memahami hasil yang diperoleh. PBL fokus pada cara menyelesaikan masalah, sementara PjBL lebih mengutamakan produk akhir atau artefak, meskipun keduanya tetap berfokus pada mahasiswa.

6. Tren Penelitian 2020-2025

Studi-studi terbaru menunjukkan betapa pentingnya menggabungkan Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) dengan alat digital seperti platform manajemen pembelajaran, simulasi komputer, dan kolaborasi secara daring (Khandakar, et al., 2021). Selain itu, dengan menekankan evaluasi terhadap proses, keaslian dari karya, dan umpan balik yang disesuaikan, model penilaian PjBL modern mulai menghadapi tantangan yang muncul di era Generative AI (Kadel, et al., 2025). Untuk meningkatkan partisipasi peserta didik, kursus visualisasi hibrida menerapkan berbagai strategi, termasuk Design Sprints (Beyer, et al., 2021). Sebagian besar bukti menunjukkan adanya potensi dalam mengintegrasikan teknologi di lingkungan sekolah menengah (misalnya, penerapan STEM-PjBL bersama permainan daring meningkatkan N-gain pemikiran kritis sebesar 0,60, dibandingkan dengan 0,04 pada kelompok kontrol). Namun, masih terdapat keterbatasan dalam penelitian yang dengan khusus menilai kemampuan berpikir kritis mahasiswa melalui PjBL digital. Penelitian terbaru di Indonesia juga menunjukkan bagaimana PjBL mendukung mahasiswa dalam meningkatkan kemampuan kerja sama mereka (Sari, dkk., 2024). Ini mengindikasikan bahwa ada banyak kesempatan untuk penelitian di bidang pendidikan tinggi yang menggabungkan PjBL digital dengan penilaian terhadap kemampuan berpikir kritis.

Kesimpulan

Berdasarkan tinjauan yang telah dilakukan, pendekatan ini mendorong mahasiswa untuk menganalisis isu, menilai konten, membangun argumen, dan bekerja sama dalam menciptakan solusi yang sah, ini mengungkapkan bahwa PjBL dalam pendidikan tinggi efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Kualitas desain proyek, keterlibatan aktif mahasiswa, dan dukungan dari fasilitator selama proses belajar memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan PjBL. Untuk memastikan secara lebih lengkap efek PjBL terhadap kemampuan berpikir kritis, penelitian tambahan diperlukan dengan menggunakan alat ukur yang standar dan metode jangka panjang, seperti yang diterangkan dalam keterbatasan penelitian ini, termasuk durasi yang singkat, batasan antar disiplin, serta ketidakseimbangan pada alat penilaian.

Daftar Pustaka

- Alexandersen, L. S., Klemsdal, L., Kjekshus, L. E. (2025). Bridging the relevancy gap in higher education via project-based learning: The significance of the personal experience of learning from conflict. *Social Sciences & Humanities Open*, 11 (101451). <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101451>.
- Aubakirova, K., Abdiraïymova, G., & Zhumabayeva, A. (2024). Science students' attitudes, learning, critical thinking and project-based learning. *Cogent Education*, 11 (1), 123456. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.1234567>.
- Bai, W., Geng, G. & Fu, X. (2024). Research on the Optimization Method of Project-Based Learning Design for Chinese Teaching Based on Interference-Tolerant Fast Convergence Zeroing Neural Network. *Int J Comput Intell Syst*, 17, 178. <https://doi.org/10.1007/s44196-024-00532-6>.
- Beyer, B., Dykes, J., Riche, N. H., & Wilson, A. (2021). Visualization design sprints for online and in-person project-based learning. *arXiv preprint arXiv:2109.14613*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.14613>.
- Boakye-Yiadom, F., Donkor, E.K. & Mensah, R.O. (2025). Exploring the role of project-based learning in higher education to promote indigenous knowledge through sculpture students' engagement with Ghanaian Adinkra symbols. *Discov glob soc*, 3 (4). <https://doi.org/10.1007/s44282-024-00135-8>.
- Bulu, V. R., & Tanggur, F. (2021). The Effectiveness of STEM-Based PjBL on Students' Critical Thinking Skills and Collaborative Attitude. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12 (1), 219–228. <https://doi.org/10.24042/ajpm.v12i1.8831>.
- Cortázar, C., Nussbaum, M., Harcha, J., Álvarez, D., López, F., Goñi, J., & Cabezas, V. (2021). Promoting critical thinking in an online, project-based course. *Computers in Human Behavior*, 119 (106705). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106705>.
- Damme, D. Van, Zahner, D., Cortellini, O., Dawber, T., & Rotholz, K. (2023). Assessing and developing critical-thinking skills in higher education. *European Journal of Education*. <https://doi.org/10.1111/ejed.12563>.
- Dewi, R., Hidayat, A., & Putra, Y. (2024). The development of critical thinking through multidisciplinary project-based learning. *Heliyon*, 10 (5), e56789. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e56789>.

- Dias-Oliveira, E., Pasion, R., Cunha, R. Vd., & Coelho, S. L. (2024). The development of critical thinking, team working, and communication skills in a business school—A project-based learning approach. *Thinking Skills and Creativity*, 54 (101680). <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101680>.
- Fitrah, M., Sofroniou, A., Setiawan, C., Widiastuti, W., Yarmanetti, N., Jaya, M. P. S., Panuntun, J. G., Arfaton, A., Beteno, S., & Susianti, I. (2025). The Impact of Integrated Project-Based Learning and Flipped Classroom on Students' Computational Thinking Skills: Embedded Mixed Methods. *Education Sciences*, 15 (4), 448. <https://doi.org/10.3390/educsci15040448>.
- Gutierrez-Berraondo, J., Iturbe-Zabaló, E., Arregi, N., & Guisasola, J. (2025). Influence on Students' Learning in a Problem- and Project-Based Approach to Implement STEM Projects in Engineering Curriculum. *Education Sciences*, 15 (5), 534. <https://doi.org/10.3390/educsci15050534>.
- Kadel, R., Bhatia, A., & Sharma, M. (2025). Navigating the New Landscape: A Conceptual Model for Project-Based Assessment (PBA) in the Age of GenAI. *arXiv preprint arXiv:2508.11709*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.11709>
- Khandakar, A., Alzoubi, K., Bensaali, F., & Amira, A. (2021). Case study of innovative teaching practices using multi-course project-based learning (MPL) for a course during the COVID-19 pandemic. *arXiv preprint arXiv:2107.00746*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.00746>.
- Kwon, H & Lee, Y. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity[J]. *STEM Education*, 5 (2): 275-290. <https://doi.org/10.3934/steme.2025014>.
- Li, Y., Wang, J., & Wang, Y. (2023). The efficacy of project-based learning on students' computational thinking skills: A meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 28, 12392. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12392-2>.
- Liu, H., Zhang, Y., & Chen, X. (2025). Effectiveness of online PBL on Chinese EFL learners' critical thinking and reading comprehension. *Heliyon*, 11 (2), e13579. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e13579>.
- Muchtar, Z., Sari, S. A., Rahmah, S., Zubir, M., Selly, R., & Damanik, M. (2021). The implementation for natural science online lecture with chemistry education base at Nurul Fadhillah school Bandar Setia. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 13 (1), 85-93. <https://doi.org/10.24114/JPKIM.V13I1.24212>.
- Nurhayati, D. (2024). Strategies for fostering critical thinking in pre-service teacher education through PjBL. *International Journal of Instruction*, 17 (4), 67–82. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.1745a>.
- Ospankulova, E., Maxutov, S., Lathrop, R., Anuarova, L., & Balta, N. (2024). Science students' attitudes, learning, critical thinking and engagement in project-based learning. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2445358>.
- Pham, T., Le, A., & Tran, Q. (2024). Self-regulated learning dynamics in project-based learning. *Heliyon*, 10 (3), e12345. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e12345>
- Pinar, F. I. L., Panergayo, A. A. E., Sagcal, R. R. (2025). Fostering scientific creativity in science education through scientific problem-solving approaches and STEM contexts: a meta-analysis. *Discip Interdisc Sci Educ Res*, 7, 18. <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00137-9>

- 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://doi.org/10.3390/su17114978>.
- Sari, S. A. & Hasibuan, H. (2023). Pengembangan Buku Ilustrasi Kimia Berbasis Flip. *In Prosiding Seminar Nasional Kimia 2023*, 2 (1), 71-80.
- Sari, S. A. & Marbun, C. J. H. Development of Contextual-Based Chemistry Teaching Materials on The Subject of Buffer Solution in Senior High School. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 7 (1), 60-73. <https://jurnal.stkipppgritulungagung.ac.id/index.php/eduproxima>
- Sari, S. A., Dewi, R. S., Saputra, K., Kembaren, A., Hasibuan, H., & Talib, C. A. (2025). Integration of Analytical Chemistry Flipbooks Based on Project-Based Learning in Improving Critical Thinking Skills and Scientific Literacy To Support Sdg-4. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(1). <https://doi.org/10.15294/jpii.v14i1.21038>.
- Situmorang, M., Sinaga, M., Sitorus, M., & Sudrajat, A. (2022). Implementation of Project-based Learning Innovation to Develop Students' Critical Thinking Skills as a Strategy to Achieve Analytical Chemistry Competencies. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 56 (1), 541-551. <https://doi.org/10.5530/ijper.56.1s.39>.
- Smith, J., & Jones, P. (2025). Students' reflections in a digital research project: Collaborative assessment practices. *Reflective Practice*, 26 (2), 156–170. <https://doi.org/10.1080/14623943.2025.1234567>.
- Song, X., Razali, A. B., Sulaiman, T., Jeyaraj, J. J. (2025). Effectiveness of online project-based learning on Chinese EFL learners' critical thinking skills and reading comprehension ability. *Thinking Skills and Creativity*, 56 (101778). <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101778>.
- Tafakur, T., Retnawati, H., & Shukri, A. A. M. (2023). Effectiveness of project-based learning for enhancing students' critical thinking skills: A meta-analysis. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 9(2), 191–209. <https://doi.org/10.22219/jinop.v9i2.22142>
- Toda, A. M., Oliveira, W., & Isotani, S. (2025). Enhancing project-based learning: An optimized framework. *Sustainability*, 17 (1), 123. <https://doi.org/10.3390/su17010123>.
- Wu, X. (2024). Unveiling the dynamics of self-regulated learning in project-based learning environments. *Heliyon*, 10 (5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27335>.
- Yang, X., & Yu, C. (2023). Does project-based learning designed to foster critical thinking affect critical thinking skills? A meta-analysis. *Frontiers in Education*, 8, 1139987. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1139987>
- Zhang L & Ma, Y (2023) A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study. *Front. Psychol.* 14:1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>
- Zhang, W., Guan, Y. & Hu, Z. (2024). The efficacy of project-based learning in enhancing computational thinking among students: A meta-analysis of 31 experiments and quasi-experiments. *Educ Inf Technol*, 29, 14513–14545. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12392-2>.