

The STEM-based project-based learning impact on students' critical thinking skills

Aulia Novitasari*, Ludia Anggun Isnaini, Supriyadi Supriyadi

Program Studi Pendidikan Biologi, UIN Raden Intan Lampung, Indonesia

*Corresponding author, email: aulianovitasari@radenintan.ac.id

Submitted:
26-06-2024

Accepted:
22-08-2024

Published:
04-09-2024

Abstract: Education in the current era must be able to adapt to the development of society and technology. One important aspect that needs to be developed is students' critical thinking skills. However, this ability is often not well trained, as seen from the results of pre-research on students at MAN 1 Tanggamus which showed a low category. The study aims to test the effect of the STEM-based Project-Based Learning (PjBL) learning model on improving students' critical thinking skills. This study used a quasi-experimental pretest-posttest control group type. The study population included all students of class X MIA at MAN 1 Tanggamus, consisting of three classes. The sample was taken using the cluster random sampling method, where X MIA 2 was the experimental class and X MIA 1 was the control. Data were collected through interviews, documentation, and essay tests consisting of 15 questions. Data were calculated using the independent sample t-test. The research findings showed sig. = 0.00, which indicates that the STEM-based PjBL model has an impact on improving students' critical thinking skills.

Keywords: Critical thinking skills, project based learning, STEM

Abstrak: Pendidikan di era saat ini harus mampu menyesuaikan dengan perkembangan masyarakat dan teknologi. Salah satu aspek penting yang perlu dikembangkan adalah kemampuan berpikir kritis siswa. Namun, kemampuan ini sering kali belum terlatih dengan baik, seperti yang terlihat dari hasil pra-penelitian pada siswa di MAN 1 Tanggamus yang menunjukkan kategori rendah. Penelitian bertujuan untuk menguji pengaruh model pembelajaran *Project Based Learning (PjBL)* berbasis *STEM* terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian ini menggunakan quasi-eksperimen tipe pretest-posttest control group. Populasi penelitian meliputi seluruh siswa kelas X MIA di MAN 1 Tanggamus, yang terdiri dari tiga kelas. Sampel diambil menggunakan metode cluster random sampling, dimana X MIA 2 sebagai kelas eksperimen dan X MIA 1 sebagai kontrol. Data dikumpulkan melalui wawancara, dokumentasi, dan tes esai yang terdiri dari 15 soal. Data dikalkulasi menggunakan uji t sampel bebas. Temuan riset menunjukkan sig. = 0,00, yang mengindikasikan bahwa model *PjBL* berbasis *STEM* memberikan dampak terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Kata kunci: Keterampilan berpikir kritis, project based learning, STEM

PENDAHULUAN

Pendidikan dalam era saat ini perlu mengikuti perkembangan masyarakat dan teknologi, dimana pengembangan kemampuan berpikir kritis menjadi salah satu elemen yang sangat krusial (Alimuddin et al., 2023; Dariyono & Rusman, 2023; Yomai et al., 2023), karena memungkinkan individu untuk menghadapi tantangan yang kompleks, membuat keputusan yang tepat, berpartisipasi aktif dalam masyarakat, menganalisis atau menyelidiki bukti, asumsi, dan logika yang menjadi dasar dari pemikiran orang lain. Kemampuan berpikir kritis juga

mencakup kemampuan untuk memahami argumentasi, menyadari inferensi, menginterpretasi informasi, mengenali kesalahan, memiliki kesadaran dan kendali terhadap egosentris, serta responsif terhadap pandangan yang berbeda (Hikmah, 2020; Roudlo, 2020; Wahyuni et al., 2020).

Kemampuan berpikir kritis perlu dilatih agar siswa bisa menghadapi tantangan konsep sains yang mereka hadapi, ini melibatkan pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang metakognitif, cerdas, dan terstruktur dalam menghubungkan konsep-konsep, membantu mengidentifikasi serta menyelesaikan masalah dengan efektif dan lebih efisien. Pelatihan kemampuan berpikir kritis juga dapat meningkatkan prestasi siswa dalam mengikuti tes dengan lebih baik (Ariadila et al., 2023; Ramdani et al., 2020; Usman et al., 2021). Kemampuan ini memungkinkan siswa untuk mengatasi masalah, menarik kesimpulan, melakukan refleksi, dan mengevaluasi keputusan yang telah diambil. Siswa dengan keterampilan berpikir kritis yang dimilikinya cenderung lebih berani mengambil risiko dan menghormati hak-hak orang lain (Hamdani et al., 2019; Sandi, 2021), siswa juga dapat mengidentifikasi sumber masalah dan mencari cara-cara efektif untuk menangani masalah tersebut (Kodri et al., 2020), serta menyusun argumen dengan alasan yang kuat serta logis sehingga bisa digunakan untuk menyusun sebuah kesimpulan dengan tepat (Lestari & Muhajir, 2021). Penting dicatat bahwa kemampuan berpikir kritis tidak bisa diperoleh dalam waktu singkat, melainkan membutuhkan latihan yang konsisten dan berkelanjutan (Samura, 2019).

Kemampuan berpikir kritis siswa harus dilatih, sebagaimana dibuktikan oleh hasil pra-penelitian pada siswa di MAN 1 Tanggamus, yang menunjukkan bahwa ketiga indikator berpikir kritis berada di kategori rendah dengan rata-rata sebesar 43,84%. Penggunaan model penemuan yang sangat tergantung pada kemampuan individu menjadi sulit untuk benar-benar memahami materi secara mendalam. Oleh karena itu, penggunaan pembelajaran yang dapat memperbaiki kemampuan berpikir kritis diperlukan, seperti penggunaan *Project-Based Learning (PjBL)*. Metode ini memberikan peluang bagi guru untuk mengelola pembelajaran yang melibatkan kerja proyek, menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan bermakna, dan akhirnya materi pelajaran menjadi mudah dipahami siswa (Afifah et al., 2020; Shpeizer, 2019; Sutrisna et al., 2020). Model ini mendukung siswa dalam memahami masalah, menyusun perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi dalam kegiatan pembelajaran (Sholekah, 2020), memperluas pemikiran mengenai masalah, dan mengasah berpikir kritis (Anggraini & Wulandari, 2020). Selain itu, model ini dapat meningkatkan keaktifan dan kreativitas siswa (Wijayanto et al., 2020), serta menekankan pemahaman dalam perencanaan, perancangan, pelaksanaan, dan pembuatan laporan (Rosmana et al., 2022). Penerapan model *PjBL* ini juga dapat dikombinasikan dengan penggunaan pendekatan *STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)*, yang berfokus pada pengalaman pembelajaran siswa yang terkait dengan kehidupan nyata (Falloon et al., 2020; Fitriyani et al., 2020; Maharani et al., 2024).

Pendekatan *STEM* merupakan pendekatan yang fokus pada pemecahan masalah sehari-hari yang menitikberatkan pada gabungan antara sains, teknologi, teknik dan matematika (Fathoni et al., 2020; Heryuriani & Musdayati, 2020). Pendekatan *STEM* memiliki potensi untuk mengembangkan pemahaman yang mendalam tentang prinsip-prinsip, konsep, dan keterampilan, mendorong kolaborasi dalam pemecahan masalah yang inovatif, serta memperkuat keterkaitan antara berpikir, bertindak, dan pembelajaran (Sumaya et al., 2021; Thovawira et al., 2021). Selain itu, *STEM* juga dapat meningkatkan kreativitas, minat, dan literasi digital (Ishak et al., 2021; Muttaqin, 2023). Masalah pencemaran lingkungan mengharuskan siswa untuk menggunakan kemampuan berpikir kritisnya untuk memecahkan masalah yang rumit siswa untuk berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah kompleks, merencanakan dan melaksanakan proyek, serta mengevaluasi dampak dari tindakan mereka, hal ini sesuai dengan tujuan utama dari *PjBL* berbasis *STEM*, yang mendorong siswa guna memperkuat kemampuan berpikir kritis dengan pengalaman praktis dan proyek yang menantang.

Model *PjBL* membantu siswa mengerti konsep melalui menciptakan produk, sementara pendekatan *STEM* melibatkan proses perancangan dan redesain untuk diterapkan dalam situasi kehidupan nyata (Ma'wa et al., 2022). Mengkombinasikan model *PjBL* dengan pendekatan *STEM* membuat siswa dapat menghasilkan menghasilkan ide, merancang produk, dan meningkatkan keterampilan desain, dengan harapan dapat secara optimal memperkuat kemampuan berpikir kritis mereka. Integrasi ini memungkinkan siswa untuk menguji produk atau solusi yang mereka hasilkan dalam menyelesaikan masalah (Triastuti, 2020; Windasari et al., 2020). Secara keseluruhan, *PjBL STEM* memberikan pendekatan yang komprehensif dan terintegrasi untuk mempelajari dan menangani pencemaran lingkungan, mempersiapkan siswa agar mampu menjadi penyelesaian masalah yang kompeten dan sadar lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji dampak penggunaan model *PjBL* berbasis *STEM* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

METODE

Jenis penelitian

Jenis penelitian yang diterapkan adalah quasi eksperimen. Desain *pretest-posttest control group* dipilih untuk digunakan dalam penelitian ini.

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 12 Juni sampai 26 Juni 2023 di MAN 1 Tanggamus

Populasi dan Sampel

Populasi mencakup seluruh siswa kelas X MIA di MAN 1 Tanggamus, terdiri dari 3 kelas. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan cluster random sampling, menghasilkan dua kelas eksperimen (X MIA 2) yang menerapkan model *PjBL* berbasis *STEM* dengan jumlah 30 siswa, dan satu kelas kontrol (X MIA 1) yang menerapkan model discovery learning dengan jumlah 30 siswa.

Desain Penelitian

Desain penelitian yang dipilih adalah *pretest-posttest control group*. kelas eksperimen (X MIA 2) yang menerapkan model *PjBL* berbasis *STEM*, kelas kontrol (X MIA 1) yang menerapkan model *Discovery Learning*.

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tes esai dengan 15 soal validitas dan reliabilitas yang baik yakni nilai korelasi 0,6 dan *crombach's Alpha* 0,86.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan uji t sampe bebas, yang sebelumnya dilakukan terlebih dahulu uji normalitas menggunakan Kolmogrov-Smirnov dan uji homogenitas menggunakan uji Levene. Analisis data menggunakan bantuan *software SPSS 25*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data meliputi uji normalitas, homogenitas, uji t untuk *pretest-posttest*, *N-Gain*, serta hasil untuk setiap indikator dari kemampuan berpikir kritis.

Tabel 1. Hasil pengujian normalitas data

Kelas	Pre-test (Sig.)	Post-test (Sig.)
Eksperimen	0,16	0,73
Kontrol	0,07	0,48

Tabel 1 berisi data uji normalitas yang memiliki signifikansi di atas 0,05, mengindikasikan bahwa distribusi data adalah normal.

Tabel 2. Hasil pengujian homogenitas data

Data	Levene Statistic	df ₁	df ₂	Sig.
Pre-Test	0,913	1	58	0,343
Post -test	0,816	1	58	0,370

Tabel 2 merupakan data uji homogenitas dengan nilai sig. > 0,05, data tersebut dianggap homogen. Oleh karena itu, kedua pengujian yang dilakukan telah memenuhi syarat untuk uji menggunakan uji t sampel bebas.

Tabel 3. Mean, standar deviasi dan hasil uji independet t-test

Data	Mean	SD	df	Sig.	
Pretest	Eksperimen	70	7,91	58	0,82
	Kontrol	70,4	5,55		
Posttest	Eksperimen	80	7,91	58	0,00
	Kontrol	71,8	4,82		

3 menunjukkan bahwa hasil pre-test dengan nilai $0,82 > 0,05$, yang mengindikasikan tidak adanya perbedaan signifikan antara kelas eksperimen (PjBL-STEM) dan kelas kontrol (Discovery Learning). Namun, hasil post-test dengan nilai $0,00 < 0,05$ mengungkapkan adanya perbedaan signifikan antara kedua kelas, yang menyiratkan bahwa model PjBL berbasis STEM memiliki pengaruh terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Tabel 4. Hasil uji N-Gain

Kelas	N-Gain	Kategori
Eksperimen	0,33	Sedang
Kontrol	0,047	Rendah

Tabel 4 memperlihatkan bahwa rata-rata N-Gain di kelas eksperimen sebesar 0,33, yang dikategorikan sedang, sementara di kelas kontrol sebesar 0,047 berada dalam kategori rendah.

Tabel 5. Ketercapaian indikator kemampuan berpikir kritis

No	Indikator	Eksperimen			
		Pre-test	Kategori	Post-test	Kategori
1	Memberikan penjelasan sederhana	67,86%	Sedang	80,71%	Tinggi
2	Menentukan dasar pengambilan keputusan	68,81%	Sedang	75,47%	Tinggi
3	Menarik kesimpulan	71,43%	Sedang	79,64%	Tinggi
4	Memberikan penjelasan lebih	74,52%	Sedang	80%	Tinggi
5	Mengatur strategi dan taktik	73,57%	Sedang	85%	Tinggi

Berdasarkan Tabel 5 rata-rata perindikator kemampuan berpikir kritis siswa memperoleh kategori sedang pada pretest dan tinggi pada saat posttest.

Penelitian ini dilakukan di MAN 1 Tanggamus selama 3 pertemuan dengan materi pencemaran lingkungan. Kelas eksperimen menerapkan model PjBL berbasis STEM, sementara kelas kontrol menggunakan model *Discovery Learning*. Setelah Uji t dilakukan, diperoleh adalah bahwa terdapat pengaruh positif dari model PjBL berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini ditunjukkan oleh rata-rata N-Gain yang sedang pada kelas eksperimen, sementara kelas kontrol berada dalam kategori rendah. Peningkatan berpikir kritis juga terlihat pada per indikator berpikir kritis pada posttest, yang menunjukkan peningkatan dari kategori sedang pada pretest menjadi tinggi pada posttest. Pembelajaran yang menghasilkan produk, dikombinasikan dengan pendekatan STEM, memberikan siswa kesempatan untuk mengaplikasikan STEM dalam situasi dunia nyata, yang memungkinkan

siswa memahami materi tentang pencemaran lingkungan (Mamahit et al., 2020), siswa juga dapat mengasah kemampuan berpikir kritis mereka ketika menciptakan produk yang memiliki nilai daya jual. Proses ini memungkinkan siswa untuk mengevaluasi keputusan atau solusi yang mereka ambil dalam upaya menggunakan konsep 3R (Reduce, Reuse, and Recycle) untuk mengelola sampah (Davidi et al., 2021).

Hasil perhitungan per indikator pertama, yaitu memberikan penjelasan sederhana, menunjukkan bahwa siswa memperoleh kategori tinggi, dalam hal ini, siswa melibatkan diri dalam proses fokus pada pertanyaan dan memberikan jawaban yang memerlukan penjelasan (Firdaus et al., 2019). Kemampuan bertanya dan memberikan jawaban pada pertanyaan dianggap sebagai sub-indikator yang signifikan dalam mengukur kemampuan berpikir kritis. Keterampilan ini melibatkan kemampuan untuk menyusun pertanyaan dan memberikan jawaban dengan cara yang tepat dan kritis, menciptakan suatu proses metakognitif yang aktif untuk merefleksikan pemikiran sendiri, hal ini juga menciptakan keraguan terhadap fakta yang telah diperoleh (Davidi et al., 2021). Model *PjBL* berbasis *STEM* pada materi pencemaran lingkungan mendorong siswa untuk mengajukan penjelasan secara kritis melalui wacana dan kondisi kontekstual. Siswa memiliki kesempatan untuk mengartikulasikan ide-ide mereka, mencari tahu, mengkritisi, dan menyelesaikannya melalui pendekatan *STEM* (Windasari et al., 2020), hal ini mendorong siswa untuk menghasilkan ragam solusi yang berkaitan dengan masalah dalam materi yang dipelajari. Pendekatan *STEM* tidak hanya mengajarkan siswa untuk menghafal konsep, tetapi juga membimbing mereka memahami prinsip-prinsip ilmiah dan bagaimana mereka terkait dengan situasi kehidupan sehari-hari (Melinda & Zainil, 2020), dengan demikian, siswa mampu menyelesaikan masalah dalam konteks pembelajaran dengan lancar.

Indikator kedua, yang melibatkan penentuan dasar pengambilan keputusan, mencapai tingkat kategori tinggi dengan mengajak siswa untuk melakukan observasi dan memikirkan kembali hasil observasi mereka. Berpikir kritis mendorong siswa untuk melibatkan diri di luar pola pemikiran bias, dengan cara melihat situasi dari berbagai sudut pandang dan kemudian menilainya melalui serangkaian aktivitas intelektual yang mendalam. Aktivitas intelektual ini melibatkan pengamatan dan pengukuran terkait sebuah fenomena yang sedang berlangsung (Rahmawati et al., 2016). Model *PjBL* berbasis *STEM* memandu siswa untuk menilai hasil observasi, terutama dalam pengamatan air tercemar yang melibatkan empat aspek *STEM*. *PjBL* membuat kegiatan belajar lebih menarik bagi siswa dengan mengintegrasikan keempat aspek *STEM*, yang pada gilirannya memperdalam pemahaman mereka terhadap materi pelajaran secara komprehensif. Pendekatan ini mendorong siswa untuk menjadi lebih aktif dalam mengembangkan kemampuan dan keterampilan mereka (Anggraini & Huzairah, 2017), sejalan dengan itu, *STEM* juga diakui dapat mengembangkan kemampuan siswa untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan pemikiran kritis (Davidi et al., 2021).

Indikator ketiga, yaitu menarik kesimpulan, memperoleh kategori tinggi dengan mengajak siswa untuk menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi. Mahasiswa diharapkan mampu mengidentifikasi masalah untuk membentuk dugaan, mencapai kesimpulan yang benar, dan mengevaluasi informasi yang relevan atau representasi alternatif (Sulastri & Cahyani, 2021). Siswa juga harus memiliki pengetahuan dan pengalaman untuk memperoleh kesimpulan sementara yang didasarkan pada fakta dan sumber aktual, dan mereka harus melakukannya dengan pemahaman yang lebih mendalam (Davidi et al., 2021). Indikator ini dilatihkan melalui kebiasaan menyimpulkan hasil percobaan yang telah dilakukan dengan mengaitkan produk yang dibuat dengan konsep *STEM*. Siswa mengamati perlakuan yang berbeda, kemudian membuat kesimpulan dari fenomena yang terjadi di lapangan. Hal ini mampu memunculkan ide yang beragam dan meningkatkan kemampuan siswa untuk memandang sesuatu dari perspektif yang berbeda merupakan pendekatan yang sesuai dengan pandangan Lestari dan Muhajir (2021) yang menegaskan bahwa siswa dapat menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dengan mengidentifikasi dan memperoleh komponen-komponen yang diperlukan untuk membentuk kesimpulan yang benar.

Indikator keempat memberikan penjelasan tambahan mengenai pencapaian kategori tinggi. Pada aspek ini, siswa mengembangkan keterampilan berpikirnya dengan memahami makna suatu istilah, menciptakan pengalaman lebih lanjut melalui identifikasi asumsi (Afifah et al., 2020). Memiliki kemampuan berpikir kritis memungkinkan siswa untuk menghasilkan berbagai ide dan mengemukakan beragam gagasan dalam upaya menyelesaikan masalah. Melalui model *PjBL* yang berfokus pada *STEM*, siswa didorong untuk menganalisis masalah dengan menawarkan berbagai solusi utama dan alternatif, terutama dalam konteks pengelolaan sampah berdasarkan prinsip 3R, selain itu dapat menyampaikan argumen yang kuat dan relevan untuk mendukung solusi-solusi tersebut (Davidi et al., 2021). Proses pembelajaran ini memungkinkan siswa untuk mengembangkan imajinasi mereka karena memberikan kebebasan kepada siswa untuk berkreasi dan mengembangkan ide menjadi produk yang bermanfaat merupakan inti dari pendekatan *STEM*. Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk mengaplikasikan ilmu pengetahuan (sains), teknologi, rekayasa, dan matematika dalam situasi nyata, terutama terkait isu-isu pencemaran lingkungan (Wijayanto et al., 2020).

Indikator kelima menggambarkan bagaimana strategi dan taktik dapat menghasilkan pencapaian kategori tinggi. Pada aspek ini, siswa membuat keputusan tentang tindakan yang akan diambil dengan mempertimbangkan solusi yang mungkin berdasarkan informasi dan pengalaman yang mereka peroleh dari interaksi setiap hari. Ini memberi siswa kesempatan mengambil keputusan yang baik dan yakin mengenai hasil yang diinginkan, serta menerapkannya dalam tindakan konkret (Safitri & Prasi, 2020). Model *PjBL* berbasis *STEM* memberikan siswa kesempatan untuk menciptakan produk bernilai, menggabungkan peran *STEM* dengan pengembangan imajinasi, dan memberikan kebebasan untuk berkreasi dalam proses karya.

Model pembelajaran *PjBL*, sintak pertama melibatkan penyajian masalah dengan menyajikan fakta kerusakan lingkungan, termasuk dalam aspek S (Science). Sintak kedua melibatkan penentuan proyek, di mana siswa membentuk kelompok dan merencanakan produk daur ulang limbah organik menggunakan teknologi biokonversi dengan larva maggot BSF (Black Soldier Fly), yang terkait dengan aspek T (Technology). Sintak ketiga mencakup perencanaan proyek, termasuk pembuatan prosedur untuk produk daur ulang sebagai bagian dari aspek E (Engineering). Sintak keempat melibatkan penyusunan jadwal proyek, dengan siswa menetapkan waktu pelaksanaan dan memperkirakan durasi hingga proyek selesai, yang terkait dengan aspek M (Mathematics). Sintak kelima berfokus pada penyelesaian proyek dengan fasilitas dan monitoring, di mana pendidik memantau keaktifan siswa selama penyelesaian proyek. Sintak keenam melibatkan penilaian hasil kerja siswa dan evaluasi proyek, dengan siswa diminta untuk mengumpulkan laporan kegiatan dan hasil produk, serta melakukan presentasi di depan kelas sebagai bagian dari penilaian.

Model *PjBL* sangat mendukung penerapan komponen IPA (Ilmu Pengetahuan Alam), memberikan siswa kesempatan untuk memulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga presentasi hasil karyanya (Oktavia, 2020). Pendekatan *STEM* mencerminkan semangat ingin tahu terhadap informasi guna mencapai pemahaman yang mendalam (Anggraini & Huzairah, 2017). *PjBL* berbasis *STEM* telah terbukti dapat meningkatkan minat, motivasi, serta keterampilan berpikir kritis, analitis, dan tingkat tinggi pada siswa, menjadikan pembelajaran lebih bermakna, dan membantu mereka dalam memecahkan masalah (Fitriyani et al., 2020; Munawwaroh et al., 2024; Sukmawijaya et al., 2019; Zhu et al., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh model *PjBL* berbasis *STEM* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *PjBL* berbasis pendekatan *STEM* memungkinkan siswa menerapkan *STEM* dalam skenario dunia nyata, akhirnya meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka tentang pencemaran lingkungan.

REFERENSI

- Afifah, A. N., Ilmiyati, N., & Toto, T. (2020). Pengaruh Model Project Based Learning (*PjBL*) Dengan Pendekatan *Stem* Terhadap Penguasaan Konsep Dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *J-KIP (Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan)*, 1(2), 33–40. <https://doi.org/10.25157/j-kip.v1i2.4400>
- Alimuddin, A., Juntak, J. N. S., Jusnita, R. A. E., Murniawaty, I., & Wono, H. Y. (2023). Teknologi Dalam Pendidikan: Membantu Siswa Beradaptasi Dengan Revolusi Industri 4. *Journal on Education*, 05(04), 36–38. <https://jonedu.org/index.php/joe/article/view/2135>

- Anggraini, F. I., & Huzaifah, S. (2017). implementation of STEM learning in secondary schools. *Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Srinwijaya*, 4(1), 81–91. <https://doi.org/10.21154/insecta.v3i1.4198>
- Anggraini, P. D., & Wulandari, S. S. (2020). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Project Based Learning Dalam Peningkatan Keaktifan Siswa. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 9(2), 292–299. <https://doi.org/10.26740/jpap.v9n2.p292-299>
- Ariadila, S. N., Silalahi, Y. F. N., Fadiyah, F. H., Jamaluddin, U., & Setiawan, S. (2023). Analisis Pentingnya Keterampilan Berpikir Kritis Terhadap Pembelajaran Bagi Siswa. *Jurnal Ilmiah Wabana Pendidikan*, 9(20), 664–669. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8436970>
- Dariyono, D., & Rusman, R. (2023). Curriculum Transformation in The 21st Century Education: Perspectives, Challenges, and Prospects. *Proceedings International Conference on Education Innovation and Social Science*, 57–68. <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/iceiss/article/view/3168>
- Davidi, E. I. N., Sennen, E., & Supardi, K. (2021). Integrasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Enggeenering and Mathematic) Untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 11(1), 11–22. <https://doi.org/10.24246/j.js.2021.v11.i1.p11-22>
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM Education: a Framework for Developing STEM Literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369–385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>
- Fathoni, A., Muslim, S., Ismayati, E., Rijanto, T., Munoto, M. & Nurlaela, L. (2020). STEM : Inovasi Dalam Pembelajaran Vokasi. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(1), 33–42. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22832>
- Firdaus, A., Nisa, L. C., & Nadhifah, N. (2019). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Barisan dan Deret Berdasarkan Gaya Berpikir. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 10(1), 68–77. <https://doi.org/10.15294/kreano.v10i1.17822>
- Fitriyani, A., Toto, T., & Erlin, E. (2020). Implementasi Model PjBL-STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi. *Bioed : Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(2), 1-6. <http://dx.doi.org/10.25157/jpb.v8i2.4375>
- Hamdani, M., Prayitno, B. A., & Karyanto, P. (2019). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Metode Eksperimen. *Proceeding Biology Education Conference*, 16(Kartimi), 139–145. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/38412/25445>
- Heryuriani, B., & Musdayati, M. (2020). Pembelajaran Materi Aritmetika Sosial Dengan Pendekatan STEM. *Inomatika*, 2(2), 147-160. <https://doi.org/10.35438/inomatika.v2i2.191>

- Hikmah, R. (2020). Pengaruh Aplikasi GeoGebra dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMPN Cibinong. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 5(2), 152–161. <https://doi.org/10.30998/sap.v5i2.6908>
- Ishak, A. M. F., Israwaty, I., & Halik, A. (2021). Penerapan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar Kelas Lima di Kabupaten Baru. *Pinisi Journal Of Education*, 1(1), 38–58. <https://ojs.unm.ac.id/PJE/article/view/26603>
- Kodri, K., Budiwati, N., & Waspada, I. P. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge Untuk Meningkatkan Critical and Creative Thingking Skills Siswa. *Jurnal Ekonomi Pendidikan Dan Kewirausahaan*, 8(2), 129–138. <https://doi.org/10.26740/jepk.v8n2.p129-138>
- Lestari, I. F., & Muhajir, S. N. (2021). Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 62–68. <https://doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1483>
- Maharani, A. I., Winarno, N., Eliyawati, E., & Ahmad, N. J. (2024). STEM career interest of junior high school students in Indonesia: A survey research. *Journal of Research in Instructional*, 4(1), 121–140. <https://doi.org/doi.org/10.30862/jri.v4i1.334>
- Mamahit, J. A., Aloysius, D. C., Suwono, H. (2020). Efektivitas Model Project-Based Learning Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Kelas X. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 5(9), 1284–1289. <http://dx.doi.org/10.17977/jptpp.v5i9.14034>
- Maw'wa, A. J., Toto, T., & Kustiawan, A. (2022). Pengaruh model PjBL-STEM dalam pembelajaran IPA PADA materi bioteknologi terhadap motivasi belajar siswa. *J-KIP (Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan)*, 3(1), 307–314. <https://doi.org/10.25157/j-kip.v3i1.7256>
- Melinda, V., & Zainil, M. (2020). Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Sekolah Dasar (Studi Literatur). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 4(2), 1526–1539. <https://doi.org/10.31004/jptam.v4i2.618>
- Munawwaroh, A. M., Sugiman, S. & Munahefi, D. N. (2024). Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM. PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika, 7, 987–991. <https://proceeding.unnes.ac.id/prisma/article/view/3056>
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 34–45. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>
- Oktavia, R. (2020). Pengaruh Multimedia Interaktif Pada Pembelajaran Biologi Jaringan Tumbuhan Terhadap Keaktifan Dan Pengetahuan Siswa SMAN 6 Darul Makmur. *Edunesia : Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(3), 73-81. <https://doi.org/10.51276/edu.v1i3.66>
- Rahmawati, I., Hidayat, A., & Rahayu, S. (2016). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP Pada Materi Gaya dan Penerapannya. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan

- IPA Pascasarjana UM, 1, 1112-1119. <https://pasca.um.ac.id/wp-content/uploads/2017/02/Ika-Rahmawati-1112-1119.pdf>
- Ramdani, A., Jufri, A. W., Jamaluddin, J., & Setiadi, D. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis dan Penguasaan Konsep Dasar IPA Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 6(1), 119–124. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i1.388>
- Rosmana, P. S., Iskandar, S., Janah, R. M. M., Thifana, A. R., Susanti, R., & Marini, F. P. (2022). Pengaruh Pembelajaran Project Based Learning pada Sekolah Dasar di Masa Pandemi. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 3678-3684. <https://doi.org/10.31004/jptam.v6i1.3438>
- Roudlo, M. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis dan Kemandirian Belajar Melalui Model Pembelajaran Flipped Classroom dengan Pendekatan STEM. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, 3(1), 292–297. <https://proceeding.unnes.ac.id/snpsasca/article/view/602>
- Safitri, A. N. R., & Prasi, I. G. N. (2020). Analisis Hubungan Motivasi Belajar terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa pada Pokok Bahasan Dinamika Partikel. *Jurnal Kependidikan Betara*, 1(2), 48–55. <https://e-journal.sdn195pinangmerah.com/index.php/jkb/article/view/21>
- Samura, A. O. (2019). Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Matematis Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah. *Journal of Mathematics and Science*, 5(1), 20–28. <https://doi.org/10.30743/mes.v5i1.1934>
- Sandi, G. (2021). Pengaruh Pendekatan Stem Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Elektroplating, Keterampilan Berpikir Kritis Dan Bekerja Sama. *Indonesian Journal of Educational Development*, 1(4), 578–585. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4559843>
- Sholekah, A. W. (2020). Peningkatan Motivasi Dan Hasil Belajar IPA Materi Pencemaran Lingkungan Melalui Model PjBL Siswa Kelas VII SMPN 9 Salatiga. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 10(1), 16–22. <https://doi.org/10.37630/jpm.v10i1.260>
- Shpeizer, R. (2019). Towards a successful integration of project-based learning in higher education: Challenges, technologies and methods of implementation. *Universal Journal of Educational Research*, 7(8), 1765–1771. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.070815>
- Sukmawijaya, Y., Suhendar, S., & Juhanda, A. (2019). Pengaruh model pembelajaran stem-pjbl terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi pencemaran lingkungan. *Jurnal Program Studi Pendidikan Biologi*, 9(2), 28–43. <https://doi.org/10.15575/bioeduin.v9i2.5893>
- Sulastri, S., & Cahyani, G. (2021). Pengaruh Project Based Learning dengan Pendekatan STEAM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis pada Pembelajaran Online di SMK Negeri 12 Malang. *Jurnal Pendidikan Akuntansi (JPAK)*, 9(3), 372-379. <https://doi.org/10.26740/jpak.v9n3.p372-379>
- Sumaya, A., Israwaty, I., & Ilmi, N. (2021). Penerapan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar Di Kabupaten Pinrang Application

- of STEM Approach to Improve Learning Outcomes of Elementary School Students in Pinrang District. *Pinisi Journal of Education*, 1(2), 217–223. <https://ojs.unm.ac.id/PJE/article/view/26028>
- Sutrisna, G. B. B., Sujana, I. W., & Ganing, N. N. (2020). Pengaruh Model Project Based Learning Berlandaskan Tri Hita Karana Terhadap Kompetensi Pengetahuan IPS. *Jurnal Adat Dan Budaya Indonesia*, 1(2), 84–93. <https://doi.org/10.23887/jabi.v2i2.28898>
- Thovawira, F. A., Safitri, I., Supartik, S., Sitompul, N. N. S., & Anggriyani, I. (2021). Systematic Literature Review: Implementasi Pendekatan Stem (Manfaat Dan Tantangan) Di Indonesia. *HISTOGRAM: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(2), 355–371. <https://doi.org/10.31100/histogram.v4i2.682>
- Triastuti, E. (2020). Model Pembelajaran Stem Pjbl Pada Pembuatan Ice Cream Melatih Keterampilan Berfikir Kreatif Dan Wirausaha. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 5(2), 67-74. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v5i2.159>
- Usman, K., Uno, H. B., Oroh, F. A., & Mokolinug, R. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Pada Materi Pola Bilangan. *Jambura Journal of Mathematics Education*, 2(1), 15–20. <https://doi.org/10.34312/jmathedu.v2i1.10260>
- Wahyuni, K. :, Lestari, I., Fatah, J. R., Nurhaliza, E., Apriani, D., Lestari, W. I., & Walid, A. (2020). Evaluasi dalam Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Tingkat SMP terhadap Pembelajaran Fisika. *Journal for Physics Education and Applied Physics*, 2(2), 98–102. <http://jurnal.unsil.ac.id/index.php/Diffraction>
- Wijayanto, T., Supriadi, B., & Nuraini, L. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Dengan Pendekatan Stem Terhadap Hasil Belajar Siswa Sma. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 9(3), 113-120. <https://doi.org/10.19184/jpf.v9i3.18561>
- Windasari, N. S., Yamtinah, S., & Susanti, E. (2020). Pengaruh Model Project Based Learning Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi pada Materi Asam dan Basa Kelas XI di SMA Negeri 3 Surakarta Tahun Pelajaran 2018/2019. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 9(1), 47-53. <https://doi.org/10.20961/jpkim.v9i1.33840>
- Yomaki, E. K., Nunaki, J. H., Jeni, J., Mergwar, S. D. I., & Damopolii, I. (2023). Flipbook based on problem-based learning: Its development to bolster student critical thinking skills. *AIP Conference Proceedings*, 2614(1), 020022. <https://doi.org/10.1063/5.0126212>
- Zhu, X., Xiong, Z., Zheng, T., Li, L., Zhang, L., & Yang, F. (2021). Case-based learning combined with science, technology, engineering and math (STEM) education concept to improve clinical thinking of undergraduate nursing students: A randomized experiment. *Nursing Open*, 8(1), 415–422. <https://doi.org/10.1002/nop2.642>