



Efektivitas *Project Based Learning* Terintegrasi STEM (STEM-PjBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA

Zuraida¹, Zufahmi²

^{1,2}Universitas Jabal Ghafur, Indonesia

E-mail: zuraida@unigha.ac.id, zufahmi@unigha.ac.id

Article Info	Abstract
Article History Received: 2025-12-08 Revised: 2026-01-15 Published: 2026-02-14	The Project-Based Learning (PjBL) model is one of the learning models recommended in the Merdeka Curriculum due to its characteristics that encourage active and student-centred learning. The STEM approach, which integrates science, technology, engineering, and mathematics, is relevant because it equips students with 21st-century knowledge and skills, particularly the critical thinking skills needed to deal with complex problems in the future. This study aims to determine the effectiveness of the STEM-integrated Project-Based Learning (STEM-PjBL) model in improving the critical thinking skills of Grade X students at Mutiara 3 State Senior High School. Critical thinking skills are essential 21st-century competencies that need to be developed through learning that emphasises real-world problem solving. The research method used was a nonequivalent control group design involving three treatment groups, namely the experimental group that applied the STEM-PjBL model, the positive control group that used the Problem-Based Learning (PBL) model, and the negative control group that applied conventional learning. The research instrument was an essay test compiled based on critical thinking skill indicators referring to Facione (2015). The results showed that the critical thinking skills of students in the class that implemented the STEM-PjBL model increased significantly compared to the positive control and negative control classes. Thus, the STEM-PjBL model proved to be effective as an alternative learning model to improve the critical thinking skills of high school students.
Keywords: STEM-PjBL; Critical Thinking Skill; Senior High School.	

Artikel Info	Abstrak
Sejarah Artikel Diterima: 2025-12-08 Direvisi: 2026-01-15 Dipublikasi: 2026-02-14	Model <i>Project Based Learning</i> (PjBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang direkomendasikan dalam Kurikulum Merdeka karena karakteristiknya yang mendorong pembelajaran aktif dan berpusat pada siswa. Pendekatan STEM, yang mengintegrasikan <i>science, technology, engineering, dan mathematics</i> , menjadi relevan karena mampu membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan abad ke-21, khususnya keterampilan berpikir kritis yang dibutuhkan untuk menghadapi permasalahan kompleks di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas model <i>Project Based Learning</i> terintegrasi STEM (STEM-PjBL) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas X SMA Negeri 3 Mutiara. Keterampilan berpikir kritis merupakan kompetensi esensial abad ke-21 yang perlu dikembangkan melalui pembelajaran yang menekankan pemecahan masalah nyata. Metode penelitian yang digunakan adalah <i>nonequivalent control group design</i> yang melibatkan tiga kelompok perlakuan, yaitu kelompok eksperimen yang menerapkan model STEM-PjBL kelompok kontrol positif yang menggunakan model <i>Problem Based Learning</i> (PBL), dan kelompok kontrol negatif yang menerapkan pembelajaran konvensional. Instrumen penelitian berupa tes esai yang disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis mengacu pada Facione (2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa pada kelas yang menerapkan model STEM-PjBL meningkat secara signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol positif dan kontrol negatif. Dengan demikian, model STEM-PjBL terbukti efektif sebagai alternatif model pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.
Kata kunci: STEM-PjBL; Keterampilan Berpikir Kritis; Siswa SMA.	

I. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan salah satu bagian terpenting dalam mendorong perkembangan dan kemajuan suatu bangsa. Perkembangan dan kemajuan suatu bangsa era globalisasi mengalami perubahan sangat cepat pada awal

abad ke-21 (Pinasa & Srisook, 2019). Hal ini ditandai dengan ada globalisasi informasi yang sangat cepat dan komunikasi yang pesat, sehingga penyelenggara pendidikan perlu mempersiapkan siswa untuk menghadapi masa depan yang lebih menantang (Juanda *et al.*,

2021) serta mampu beradaptasi dalam mengambil keputusan yang tepat bagi dirinya dan masyarakat global (Carneiro & Draxler, 2008; Choi *et al.*, 2011). Harapan hadirnya pendidikan dapat menciptakan generasi bangsa yang berkualitas dengan adanya pengetahuan dan keterampilan serta keahlian sesuai dengan tuntutan kebutuhan saat ini (Prasad & Pushpa, 2020). Pengetahuan dan keterampilan serta keahlian perlu dipelajari dan dilatih dalam proses pembelajaran (Smeby & Heggen, 2014).

Kegiatan proses pembelajaran membutuhkan suatu dasar acuan untuk mencapai tujuan yang diinginkan yang termuat dalam kurikulum. Kurikulum merupakan komponen pendidikan yang dijadikan acuan oleh setiap satuan pendidikan, khususnya kepala sekolah dan guru dalam kegiatan belajar mengajar di sekolah (Mulyasa, 2010). Kurikulum Nasional di Indonesia mengalami beberapa kali perubahan (Jannah, 2023; Quratul Aini & Adiyono, 2023; Ramadhan, 2023; Riadi *et al.*, 2022), salah satu di antaranya yaitu Kurikulum Merdeka yang bertujuan untuk memerdekan pendidikan dengan cara bebas berpikir, berinovasi (Vhalery *et al.*, 2022) dan memudahkan tercapainya tujuan pendidikan (Anggerani *et al.*, 2022). Satuan pendidikan diharapkan melaksanakan kurikulum tersebut, sehingga akan berdampak terhadap peningkatan kompetensi siswa, aktivitas belajar serta kualitas praktik-praktik pembelajaran di masa depan (Faisal & Martin, 2019), yang sesuai dengan tuntutan abad ke-21 (Hilt *et al.*, 2019; Thuneberg *et al.*, 2022; Voogt & Roblin, 2012).

Kompetensi abad ke-21 sangat membutuhkan inovasi keterampilan berpikir di antaranya adalah berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), komunikasi (*communication*), kolaborasi (*collaboration*), serta inovasi berpikir kreatif (*creativity and innovation*) (Care *et al.*, 2018; Chiruguru, 2020; Kivunja, 2014; Partnership for 21st, 2015; Thornhill *et al.*, 2023; Trilling & Fadel, 2009). Pemahaman siswa terhadap keterampilan yang dibutuhkan di abad 21 perlu diberdayakan secara utuh (Putri *et al.*, 2023). Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan yang dibutuhkan pada abad ke-21 (Scott, 2015).

Keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan untuk melakukan berbagai analisis, evaluasi (Duron *et al.*, 2006; King *et al.*, 2012) dan rekonstruksi terhadap pengambilan keputusan yang mengarah pada tindakan

rasional dan logis (King *et al.*, 2012). Tindakan rasional dan logis yang terbentuk dari pemikiran kritis perlu dibekali kepada siswa (Gunawan & Nurosyid, 2022). Keterampilan berpikir kritis dapat memfasilitasi siswa menemukan beragam cara dalam mengatasi kesulitan dan mengakses suatu informasi (Ghazivakili *et al.*, 2014). Siswa memiliki pemikiran kritis yang kuat dapat juga mengambil suatu keputusan yang akurat (Facione & Gitten, 2016) dan kredibel (Butler *et al.* 2012), sehingga dapat bermanfaat dalam kehidupan nyata (Murawski, 2014) serta memiliki peluang untuk tercapainya tujuan pendidikan (Paul & Eder, 2012), oleh karena itu, perlu dilakukan pemberdayaan terhadap keterampilan berpikir kritis (Changwong *et al.*, 2018; Heard *et al.*, 2020; Hitchcock, 2017; Sari *et al.*, 2023).

Beberapa hasil penelitian relevan terkait fakta keterampilan berpikir kritis ditemukan bahwa tingkat pencapaian keterampilan berpikir kritis SMA masih tergolong rendah atau belum optimal. Keterampilan berpikir kritis yang ditemukan di SMA Kabupaten Barat Daya, Provinsi Aceh yang dilakukan terhadap 143 siswa masih tergolong rendah khususnya pembelajaran Biologi dengan rerata sebesar 30,2 (Ulfah & Nurmaliah, 2020). Keterampilan berpikir kritis yang ditemukan di SMA Negeri Padang Panjang Sumatera Barat yang dilakukan terhadap 33 siswa mendapat rerata sebesar 55,73 dengan berkategori masih rendah (Putri *et al.*, 2023) dan penelitian yang dilakukan oleh Setianingsih *et al.*, (2019), menjelaskan bahwa tingkat pencapaian keterampilan berpikir kritis terhadap 195 siswa di SMA Kabupaten Semarang mendapat rerata sebesar 56,6% dan berkategori cukup kritis. Selain itu, Ramadhani *et al.*, (2023), menyatakan bahwa tingkat capaian keterampilan berpikir kritis di Indonesia masih tergolong relatif rendah. Berdasarkan beberapa hasil temuan yang telah dipaparkan terkait tingkat capaian keterampilan berpikir kritis, maka keterampilan berpikir kritis masih perlu diberdayakan secara optimal (Boleng *et al.*, 2020; Chusni *et al.*, 2022; Mutakinati *et al.*, 2018; Zilfia *et al.*, 2022).

Upaya mengakomodasi kebutuhan pembelajaran abad ke-21 salah satu dapat dilakukan melalui PjBL. PjBL merupakan model salah satu model pembelajaran yang direkomendasi oleh Kurikulum Merdeka dengan karakteristiknya dapat mendorong pembelajaran aktif. PjBL merupakan model pembelajaran yang tepat untuk diterapkan di semua tingkat pendidikan

(Mafruudloh & Fitriati, 2020). Model PjBL membantu siswa pada proses kegiatan pembelajaran untuk mencari pengetahuan atau jawaban berdasarkan rasa ingin tahu mereka dengan berbagai cara (Pinasa & Srisook, 2019) dikarenakan siswa aktif dalam pembelajaran (Kokotsaki *et al.*, 2016). Kecenderungan pembelajaran Biologi saat ini, ialah adanya upaya untuk mengintegrasikan multidisiplin bidang ilmu yang berkontribusi untuk memecahkan masalah secara cepat dalam praktik dunia nyata (Labov *et al.*, 2010). Pendekatan STEM merupakan suatu pendekatan yang mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan di bidang *science, technology, mathematics*, dan *engineering* (Kiray & Shelley, 2018).

Kegiatan pembelajaran yang mengintegrasikan multidisiplin bidang ilmu STEM dapat membekali siswa dengan keterampilan berpikir dan memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks di masa depan (Cavlazoglu & Stuessy, 2017; Martín-Páez *et al.*, 2019; Nadelson & Seifert, 2017) serta berkontribusi untuk mengembangkan sumber daya manusia yang berdaya saing secara global sehingga mewujudkan kesejahteraan di suatu Negara (Kayan-Fadlelmula *et al.*, 2022; Sen *et al.*, 2020). PjBL terintegrasi STEM memberikan tantangan dan memotivasi siswa untuk dapat melatih berpikir kritis, analisis dan berkontribusi meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Capraro *et al.*, 2013). Beberapa penelitian relevan menunjukkan bahwa PjBL terintegrasi STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis. PjBL terintegrasi STEM berdampak positif dalam membekali keterampilan abad ke-21 (Afriana *et al.*, 2016).

Upaya ini bertujuan untuk mendorong terlibat aktif siswa dalam membangun pengetahuan mereka sendiri sehingga pendidikan turut berkontribusi dalam perubahan paradigma pembelajaran dari yang berfokus pada guru (*teacher-centered learning*) menjadi pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student-centered learning*) (Zohrabi *et al.*, 2012).

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *quasi eksperimen* untuk mengetahui efektivitas model *Project Based Learning* terintegrasi STEM (STEM-PjBL) dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Desain penelitian yang digunakan adalah *nonequivalent control group design*, yang melibatkan tiga kelompok: kelompok eksperimen

yang mendapat perlakuan dengan model STEM-PjBL, dan kelompok kontrol positif yang menggunakan PBL dan Kontrol negatif pembelajaran konvensional. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X di salah satu Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri Mutiara di kelas X, dengan teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*. Instrumen yang digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis berupa tes uraian yang dikembangkan berdasarkan indikator berpikir kritis menurut Facione (2015), meliputi interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, dan pengaturan diri. Validitas instrumen diuji melalui expert judgment dan uji empiris, sedangkan reliabilitas diuji menggunakan Alpha Cronbach. Tes diberikan sebelum dan sesudah perlakuan (pretest dan posttest) pada kedua kelompok. Data hasil Uji normalitas data menggunakan *Kolmogorov-Smirnov Test* dan uji homogenitas data menggunakan *Levene's Test*. Data dapat dinyatakan normal dan homogen didasarkan pada taraf signifikansi $>0,05$. Selanjutnya setelah data dinyatakan berdistribusi normal dan homogen, maka dilakukan uji ANCOVA. Berdasarkan hasil uji tersebut digunakan sebagai penentuan pengambilan keputusan hipotesis penelitian. Apabila nilai p value $<0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis. Apabila nilai p value $>0,05$, dan juga peningkatan nilai dengan menggunakan N-gain skor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas

Kelompok	Pretest Nilai Sig.	Posttest Nilai Sig.
Kelas Eksperimen	0,062	0,200
Kelas Kontrol Positif	0,089	0,189
Kelas Kontrol Negatif	0,200	0,200
Keterangan	Normal	Normal

Tabel 2 Hasil Homogenitas Keterampilan Berpikir Kritis

	Nilai Sig.	Keterangan
Pretest	0,281	Homogen
Posttest	0,424	Homogen

Tabel 3. Uji ANCOVA Pengaruh Model STEM-PjBL

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3	1590.143	34.590	.000
Intercept	1	28946.349	629.662	.000
Pretest	1	315.623	6.866	.010
Kelas	2	2244.905	48.833	.000
Error	186	45.971		
Total	190			
Corrected Total	189			

a. *R Squared* = .358 (*Adjusted R Squared* = .348)

Tabel 4. Hasil penelitian N-gain model STEM-PjBL

Indikator	Pre-test	post-test	post-pre	N-gain	Ket.
Interprestasi	46,77	78,43	31,65	0,59	S
Analisis	37,10	81,45	44,35	0,71	T
Inferensi	35,48	81,85	46,37	0,72	T
Evaluasi	39,31	81,65	42,34	0,70	S
Eksplanasi	42,94	77,42	34,48	0,60	S
Pengaturan diri	56,05	79,03	22,98	0,52	S
Rerata				0,64	S

Keterangan: S (sedang), T (tinggi)

Tabel 5. Hasil penelitian N-gain Pembelajaran PBL

Indikator	Pre-test	post-test	post-pre	N-gain	Ket.
Interprestasi	40,63	70,12	29,49	0,50	S
Analisis	37,89	71,88	33,98	0,55	S
Inferensi	36,33	66,21	29,88	0,47	S
Evaluasi	41,99	72,66	30,66	0,53	S
Eksplanasi	57,81	79,08	21,27	0,50	S
Pengaturan diri	38,28	69,92	31,64	0,51	S
Rerata				0,51	S

Keterangan: S (sedang), T (tinggi)

Tabel 6. Hasil penelitian N-gain Pembelajaran Konvensional

Indikator	Pre-test	post-test	post-pre	N-gain	Ket.
Interprestasi	50,39	65,23	14,84	0,30	R
Analisis	40,63	68,75	28,13	0,47	S
Inferensi	37,50	65,63	28,13	0,45	S
Evaluasi	39,65	67,77	28,13	0,47	S
Eksplanasi	41,99	70,51	28,52	0,49	S

Pengaturan diri	42,58	70,70	28,13	0,49	S
Rerata				0,45	S

Keterangan: S (sedang), T (tinggi)

B. Pembahasan

Hasil uji normalitas pada tabel 1 menunjukkan bahwa data pretest dan posttest dari ketiga kelompok perlakuan, baik kelompok STEM-PjBL, PBL maupun pembelajaran konvensional, memiliki nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0.05. Karena nilai Sig. > 0.05, maka data berdistribusi normal, sehingga dapat dilanjutkan ke analisis parametrik seperti ANCOVA. Selanjutnya dilakukan uji Homogenitas pada tabel 2 menunjukkan nilai pretest dan posttest karena nilai signifikansi > 0.05, dengan demikian varians antar kelompok homogen atau setara, sehingga asumsi homogenitas terpenuhi.

Setelah kriteria normalitas data dan homogenitas data terpenuhi, maka dilanjutkan pada uji hipotesis dengan analisis Ancova. Hasil uji Ancova (tabel 3) Berdasarkan hasil uji ANCOVA menunjukkan bahwa *pretest* memiliki nilai *p-value* sebesar 010, artinya *pretest* sebagai kemampuan awal ada pengaruh terhadap kemampuan akhir siswa. Pelakuan ini memiliki nilai *p-value* sebesar $0,00 < \alpha (0,05)$, artinya ada pengaruh pemberian perlakuan model pembelajaran terhadap keterampilan berpikir kritis secara signifikan, berarti H_0 yang menyatakan tidak ada pengaruh model pembelajaran terhadap keterampilan berpikir kritis ditolak, dan H_1 yang menyatakan "ada pengaruh model pembelajaran STEM-PJBL terhadap keterampilan berpikir kritis diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran yang digunakan terbukti berkontribusi secara signifikan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Selain uji hipotesis, pada penelitian ini juga dilakukan Uji Normalitas Gain (N-Gain) dengan tujuan mengetahui seberapa besar peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa melalui pembelajaran STEM-PjBL, PBL maupun konvensional. Setelah dilakukan uji N-gain (tabel 4) maka diperoleh rata-rata N-gain STEM-PjBL adalah 0.64 (kategori sedang), dengan rincian tiap indikator: *Interpretasi*: 0.59 (sedang), *Analisis*: 0.71 (tinggi), *Inferensi*: 0.72 (tinggi), *Evaluasi*: 0.70 (sedang), *Eksplanasi*: 0.60 (sedang), *Pengaturan diri*: 0.52 (sedang). Data hasil tersebut dapat diinterpretasikan penerapan

model STEM-PjBL menunjukkan peningkatan signifikan dalam hampir semua aspek berpikir kritis, terutama pada indikator analisis dan inferensi yang termasuk dalam kategori tinggi. Ini menunjukkan bahwa STEM-PjBL efektif dalam mendorong siswa berpikir secara komprehensif.

Temuan penelitian ini menguatkan pandangan Hitchcock (2014) bahwa berpikir kritis merupakan komponen utama dalam tujuan pendidikan. Kegiatan pembelajaran dengan model PjBL terintegrasi STEM berpengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa (Mutakinati *et al.*, 2018). Hasil penelitian Sumarni & Kadarwati (2020) menunjukkan bahwa Etno-STEM berbasis PjBL berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Beberapa Negara memandang STEM merupakan sebagai elemen dasar untuk meningkatkan daya saing secara global dan berkontribusi memperbaiki masa depan ekonomi bangsa melalui peningkatan kualitas sumber daya manusia (Breiner *et al.*, 2012). Pendekatan STEM menciptakan pembelajaran bermakna melalui integrasi serangkaian pengetahuan, konsep dan keterampilan yang dilakukan secara sistematis dan berpengaruh terhadap siswa dalam penyelesaian masalah.

Hasil N-Gain Model PBL (Tabel 5) diperoleh rata-rata N-gain kelompok kontrol positif sebesar 0.51 (kategori sedang). Keseluruhan Indikator dengan indikator sedang dibandingkan perlakuan kelompok kontrol negatif dengan menggunakan pembelajaran konvensional yang masih ada indikator yang berkategori rendah (interpretasi), sehingga dapat diartikan pembelajaran konvensional kurang mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa secara optimal.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model *Project Based Learning* terintegrasi STEM (STEM-PjBL) efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Melalui penerapan STEM-PjBL, siswa lebih aktif terlibat dalam proses pembelajaran, terbiasa menganalisis permasalahan, mendorong mencari solusi, dan mendesain *project* terhadap solusi serta mengevaluasi informasi secara kritis, dibandingkan dengan

model PBL dan konvensional, STEM-PjBL memberikan ruang yang lebih luas bagi siswa untuk berlatih berpikir logis, sistematis, dan reflektif dalam menghadapi persoalan nyata. Dengan demikian, STEM-PjBL relevan diterapkan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis sebagai kompetensi abad ke-21 yang esensial bagi kesiapan siswa menghadapi masa depan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk meningkatkan kualitas pembelajaran ada beberapa saran yang penulis rasa perlu untuk diperhatikan dalam pembelajaran Biologi di SMA di masa mendatang yaitu sebagai berikut:

1. Guru disarankan untuk menerapkan model STEM-PjBL secara bertahap dengan perencanaan proyek yang matang, penentuan masalah autentik, serta pengelolaan waktu dan kolaborasi kelompok yang efektif.
2. Guru perlu melakukan pendampingan jika siswa belum terbiasa dengan kegiatan *Project* berbasis STEM.
3. Sekolah diharapkan dapat menyediakan dukungan sarana, prasarana, dan kebijakan akademik yang mendukung pelaksanaan pembelajaran STEM-PjBL.
4. Guru dapat menerapkan model pembelajaran STEM-PjBL sebagai solusi alternatif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

DAFTAR RUJUKAN

- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project based learning integrated to stem to enhance elementary school's students scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 261-267. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5493>
- Alkautsar, S., Nuryady, M. M., Husamah, H., Wahyono, P., & Miharja, F. J. (2023). STEM-PjBL Worksheet: Ways to Improve Students' Collaboration, Creativity, and Computational Thinking. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian dan Kajian Kepustakaan di Bidang Pendidikan, Pengajaran dan Pembelajaran*, 9(2), 681. <https://doi.org/10.33394/jk.v9i2.7587>
- Anggerani, A., Mujahidah, Hidayat, W., & Asni, Y. (2022). The Effect of Project-Based Learning (PBL) on Lessons Written in The Second Grade of SMPN 1 Parepare.

- Inspiring: English Education Journal*, 5(1), 33–44.
<https://doi.org/10.35905/inspiring.v5i1.2531>
- Boleng, D. T., Maasawet, E. T., & Candra, K. P. (2020). Empowering critical thinking skills by implementing scientific approach-based models among various students' ethnics. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 6(2), 199–208.
<https://doi.org/10.22219/jpbi.v6i2.11845>
- Butler, H. A., Dwyer, C. P., Hogan, M. J., Franco, A., Rivas, S. F., Saiz, C., & Almeida, L. S. (2012). The Halpern Critical Thinking Assessment and real-world outcomes: Cross-national applications. *Thinking Skills and Creativity*, 7(2), 112–121.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2012.04.001>
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach, Second Edition. In *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach, Second Edition*.
<https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- Care, E., Kim, H., Vista, A., & Anderson, K. (2018). *Education system alignment for 21st century skills Focus on assessment*.
- Carneiro, R., & Draxler, A. (2008). Education for the 21 st Century: lessons and challenges Cite this paper. *European Journal of Education*, 43(2), 149–160.
- Cavlazoglu, B., & Stuessy, C. (2017). Changes in science teachers' conceptions and connections of STEM concepts and earthquake engineering. *Journal of Educational Research*, 110(3), 239–254.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1273176>
- Changwong, K., Sukkamart, A., & Sisan, B. (2018). Critical thinking skill development: Analysis of a new learning management model for Thai high schools. *Journal of International Studies*, 11(2), 37–48.
<https://doi.org/10.14254/2071-8330.2018/11-2/3>
- Chiruguru, S. B. (2020). The Essential Skills of 21 st Century Classroom – President Barak Obama Research. *Shingania University*, 10(1).
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36190.59201>
- Choi, K., Lee, H., Shin, N., Kim, S. W., & Krajcik, J. (2011). Re-conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21st century. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 670–697.
<https://doi.org/10.1002/tea.20424>
- Chusni, M. M., Saputro, S., Suranto, & Rahardjo, S. B. (2022). Empowering critical thinking skills on different academic levels through discovery-based multiple representation learning. *Cakrawala Pendidikan*, 41(2), 330–339.
<https://doi.org/10.21831/cp.v41i2.41105>
- Duron, R., Limbach, B., & Waugh, W. (2006). Critical Thinking Framework For Any Discipline. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 17(2), 160–166.
- Faisal, & Martin, S. N. (2019). Science education in Indonesia: Past, present, and future. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1).
<https://doi.org/10.1186/s41029-019-0032-0>
- Ghazivakili, Z., Norouzi Nia, R., Panahi, F., Karimi, M., Gholsorkhi, H., & Ahmadi, Z. (2014). The role of critical thinking skills and learning styles of university students in their academic performance. *Journal of advances in medical education & professionalism*, 2(3), 95–102.
- Gunawan, Y. Y., & Nurosyid, F. (2022). Analysis of High School Students' Critical Thinking Level Based on Logical Arguments. *Italienisch*, 12(1), 137–145.
- Heard, J., Scoular, C., Duckworth, D., Ramalingam, D., & Teo, I. (2020). Critical Thinking: Definition and Structure. *Australian Council for Educational Research*, February, 1–7.
- Hilt, L. T., Riese, H., & Søreide, G. E. (2019). Narrow identity resources for future students: the 21st century skills movement encounters the Norwegian education policy context. *Journal of Curriculum Studies*,

- 51(3), 384–402.
<https://doi.org/10.1080/00220272.2018.1502356>
- Hitchcock, D. (2017). Critical Thinking as an Educational Ideal. *Argumentation Library*, 30(May 2011), 477–497.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-53562-3_30
- J. Skovsgaard et al. (2018). The Future of Education and Skills: Education 2030. *OECD Education Working Papers*, 1–23.
- Jannah, R. (2023). Analysis of Educational Curriculum Evolution in Indonesia and Its Impact on Increasing Education Quality. *International Journal of Social Service and Research*, 3(8), 2022.
<https://doi.org/10.46799/ijssr.v3i8.513>
- Juanda*, A., Maulida, A. N., Gloria, R. Y., & Nasrudin, D. (2021). Learning Observation: The Demands of 21st Century Biology Learning in Senior High School. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(3), 445–458.
<https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i3.20162>
- Kayan-Fadlelmula, F., Sellami, A., Abdelkader, N., & Umer, S. (2022). A systematic review of STEM education research in the GCC countries: trends, gaps and barriers. *International Journal of STEM Education*, 9(1).
<https://doi.org/10.1186/s40594-021-00319-7>
- King, F., WKreidler, C., Keefe, E. B., Copeland, S. R., Harste, J. C., Baten, C. E., Goodson, L., Faranak Rohani, M., Caladine, R., & Lee, L. (2012). Higher Order Thinking Skills, Definition, Teaching Strategies, Assessment A publication of the Educational Services Program, now known as the Center for Advancement of Learning and Assessment. *Voices from the Middle*, 88(18), 495–496.
- Kiray, A., & Shelley, M. (2018). Research Highlights in Stem Education. In *Research Highlights in STEM Education*.
- Kivunja, C. (2014). Teaching Students to Learn and to Work Well with 21st Century Skills: Unpacking the Career and Life Skills Domain of the New Learning Paradigm. *International Journal of Higher Education*, 4(1), 1–11.
<https://doi.org/10.5430/ijhe.v4n1p1>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Project-based learning: A review of the literature. Improving Schools. Improving School (SAGE Journals)*, 19(3), 267–277.
- Labov, J. B., Reid, A. H., & Yamamoto, K. R. (2010). Integrated biology and undergraduate science education: A new biology education for the twenty-first century? *CBE Life Sciences Education*, 9(1), 10–16.
<https://doi.org/10.1187/cbe.09-12-0092>
- Listiana, L., & Bahri, A. (2019). Empowering student's creative thinking skill in biology classroom: Potential of group investigation combined with think talk write (gittw) strategy. *Humanities and Social Sciences Reviews*, 7(3), 477–483.
<https://doi.org/10.18510/hssr.2019.7370>
- Mafruudloh, N., & Fitriati, R. (2020). the Effect of Project Based Learning To the Students' Speaking Ability. *Celtic: A Journal of Culture, English Language Teaching, Literature and Linguistics*, 7(1), 57.
<https://doi.org/10.22219/celtic.v7i1.12203>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822.
<https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Model, I., Critical, O. N., Skills, T., Students, O. F., & Concepts, S. (2023). *Inquiry Model on Critical Thinking Skills*. 14(1), 82–92.
- Murawski, L. M. (2014). Critical thinking in the classroom... and beyond. *Journal of Learning in Higher Education*, 10(1), 25–30.
- Mutakinati, L., Anwari, I., & Yoshisuke, K. (2018). Analysis of students' critical thinking skill of middle school through stem education project-based learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 54–65.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.10495>
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1>

[289775](#)

<https://doi.org/10.2991/assehr.k.220102.011>

- Partnership for 21st. (2015). 21st CENTURY STUDENT OUTCOMES. *Донну*, 1-9.
- Pinasa, S., & Srisook, L. (2019). STEM education project-Based and Robotic Learning Activities impacting on creativity and Attitude of grade 11 Students in Khon Kaen Wittayayon School. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012038>
- Prasad, C., & Pushpa, G. (2020). Educational Impact on the Society. *International Journal of Novel Research in Education and Learning*, 7(6), 1-7.
- Putri, W. I., Sundari, P. D., Mufit, F., & Dewi, W. S. (2023). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Materi Pemanasan Global. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(4), 2428-2435. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i4.1787>
- Quratul Aini, & Adiyono. (2023). Implementation of an Independent Curriculum in Supporting Students' Freedom to Create and Learn. *Journal of Scientific Research, Education, and Technology (JSRET)*, 2(3), 999-1008. <https://doi.org/10.58526/jsret.v2i3.187>
- Ramadhan, I. (2023). Independent Curriculum: Implementation of Social Science and Arts and Culture Learning Through P5 At Sma Negeri 10 Pontianak. *Jurnal Scientia*, 12(02), 1859-1866.
- Ramadhani*, S. H., Karyanto, P., & Sugiharto, B. (2023). Biology-Critical Thinking Skills of High School Students in Terms of Gender and School Location. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(4), 767-783. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v11i4.31760>
- Riadi, B., Perdana, R., Prasetya, R. A., & Prayogi, R. (2022). The Empowerment of Critical and Creative Thinking (CCT) Skills in Indonesian Language Learning: A Case Study of Online Learning in Secondary School During the COVID-19 Pandemic. *Proceedings of the Universitas Lampung International Conference on Social Sciences (ULICoSS 2021)*, 628(ULICoSS 2021), 85-90.
- Scott, C. L. (2015). The Futures of Learning 3: what kind of pedagogies for the 21st century? *Education Research and Foresight*, 1-21.
- Sen, C., Sonay Ay, Z., & Ahmet Kiray, S. (2020). STEM Skills in the 21 st Century Education. *Research Highlight in STEM Education*, 12(4), 44-57.
- Setianingsih, R., Marianti, A., & Ngabekti, S. (2019). Analysis of Critical Thinking Skills High School Students in the District of Semarang Material Environmental Change Curriculum 2013. *Journal of Biology Education*, 8(3), 315-321. <https://doi.org/10.15294/jbe.v8i3.27056>
- Smeby, J. C., & Heggen, K. (2014). Coherence and the development of professional knowledge and skills. *Journal of Education and Work*, 27(1), 71-91. <https://doi.org/10.1080/13639080.2012.718749>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Thuneberg, H., Salmi, H., Vainikainen, M. P., Hienonen, N., & Hautamäki, J. (2022). New curriculum towards Big ideas in science education. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 28(4), 440-460. <https://doi.org/10.1080/13540602.2022.2062739>
- Trilling, B., & Fadel, C. (n.d.). *century skills*.
- Ulfah, S., & Nurmaliah, C. (2020). *the Implementation of Science-Based Module in Improving Students' Critical Thinking Skills and Learning Outcomes in State Senior High School in Southwest Aceh District*. VI(17),

203-209.

<https://doi.org/10.46529/socioint.202021>

- Vhalery, R., Setyastanto, A. M., & Leksono, A. W. (2022). Kurikulum Merdeka Belajar Kampus Merdeka: Sebuah Kajian Literatur. *Research and Development Journal of Education*, 8(1), 185. <https://doi.org/10.30998/rdje.v8i1.11718>
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21 st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>

Zilfia, A., Guru, P., Terhadap, P., Sekolah, P., Aceh, B., Pancasila, J. P., Keguruan, F., Pendidikan, I., & Kuala, U. S. (2022). *Abstrak Indonesia*. 3, 19-20.

Zohrabi, M., Torabi, M. A., & Baybourdiani, P. (2012). Teacher-centered and/or Student-centered Learning: English Language in Iran. *English Language and Literature Studies*, 2(3), 18-30. <https://doi.org/10.5539/ells.v2n3p18>