

Pengaruh Pembelajaran PBL Terintegrasi STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

The Effect of STEM-integrated PBL Learning on Students' Critical Thinking Skills

Nur Zakiyah R^{1*}, Yuliarti Ramli¹, Ferry Irawan²

¹Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani, Parepare, 91131, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Guru Anak Usia Dini, FKIP, Universitas Musamus, Jl. Kamizaun Mopah Lama, Merauke, Papua, 99611, Indonesia

*corresponding author: nurzakiyahr@gmail.com

ABSTRAK

Keterampilan berpikir kritis penting untuk dikembangkan karena keterampilan ini membantu siswa dalam pembentukan kemandirian. keterampilan ini juga merupakan keterampilan yang diperlukan di abad ke-21. Keterampilan ini dapat dikembangkan melalui proses pembelajaran PBL (*Problem-Based Learning*) yang diintegrasikan dengan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*). Tujuan penelitian ini untuk mengkaji pengaruh pembelajaran PBL terintegrasi STEM terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian ini merupakan penelitian *quasi experiment* dengan menggunakan *non-randomized control group pretest-posttest design*. Penelitian dilaksanakan di SMPN 4 Patampanua pada semester genap tahun ajar 2023-2024. Sampel dalam penelitian ditentukan secara *random sampling* pada siswa kelas VII yang terdiri dari dua kelas. Analisis data dilakukan dengan uji Anacova. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan keterampilan berpikir kritis kelas eksperimen dan kelas kontrol berdasarkan hasil uji Anacova dengan nilai signifikansi <0.05 . Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran model PBL terintegrasi STEM efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Penerapan pembelajaran ini dapat memberikan pengalaman belajar yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis serta meningkatkan pemahaman terkait pengaplikasian STEM dalam menyelesaikan masalah.

Kata Kunci: Keterampilan berpikir kritis; *problem-based learning*; STEM.

ABSTRACT

Critical thinking skills are important to develop because these skills help students in developing independence. These skills are also necessary skills in the 21st century. These skills can be developed through the PBL (*Problem-Based Learning*) learning process which is integrated with STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*). The purpose of this research is to examine the effect of STEM integrated PBL learning on students' critical thinking skills. This research is a quasi-experimental research using a non-randomized control group pretest-posttest design. The research was carried out at SMPN 4 Patampanua in the even semester of the 2023-2024 academic year. The sample in the study was determined by random sampling among class VII students consisting of two classes. Data analysis was carried out using the Anacova test. The research results showed differences in critical thinking skills in the experimental class and the control class based on the results of the Anacova test with a significance value of <0.05 . These results indicate that the STEM integrated PBL learning model is effective in improving students' critical thinking skills. The application of this learning can provide a learning experience that can train critical thinking skills and increase understanding regarding the application of STEM in solving problems.

Keywords: Critical thinking skills; *problem-based learning*; STEM.

*Manuskrip disubmisi pada 19-08-2023;
disetujui pada 28-09-2023.*

PENDAHULUAN

Abad 21 ditandai dengan perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat diberbagai negara (Boholano, 2017; Suto & Eccles, 2014). Perkembangan ini juga diikuti oleh perkembangan pengetahuan, sehingga menuntut berbagai keterampilan yang perlu dikuasai untuk dapat bersaing secara global (Binkley et al., 2012; Partnership For 21st Century Skills, 2008; Scott, 2015; Zubaidah, 2016). Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan telah mengadopsi konsep pendidikan abad 21 yang diarahkan pada pengemangan keterampilan, diantaranya yaitu *critical thinking & problem solving* sebagai upaya dalam mempersiapkan lulusan berkompeten (Sahin, 2009).

Keterampilan berpikir kritis sangat penting untuk dikembangkan. Keterampilan ini merupakan proses berpikir secara analitis dan evaluatif untuk menilai dan mengambil keputusan secara efektif dalam menyelesaikan masalah (NEA, 2012; Partnership For 21st Century Skills, 2008). Proses ini akan melatih siswa menjadi pribadi yang komunikator, kritis, problem solver dan mandiri (Dwyer et al., 2014; Noprianda et al., 2016). Faktanya, proses pembelajaran masih belum sepenuhnya menerapkan mengembangkan kemampuan tersebut. Hasil observasi di kelas dan penelitian melaporkan kemampuan siswa kemampuan berpikir kritis masih rendah (Fadhullah & Ahmad, 2017; Florida et al., 2015). Rendahnya keterampilan berpikir siswa disebabkan karena pembelajaran yang masih berpusat pada guru, kehadiran guru yang masih dianggap sebagai satu-satunya sumber informasi, serta sulit menciptakan lingkungan belajar yang mampu memberikan pengalaman yang nyata kepada siswa. Sehingga, perlu diterapkan pembelajaran yang mampu memfasilitasi siswa dalam pengemangan keterampilan yang diharapkan (Kusumaningtias et al., 2013; Murawski, 2014).

STEM merupakan pengintegrasian empat disiplin ilmu yaitu *science, technology, engineering, mathematics* (STEM) (Gonzalez & Kuenzi, 2012). STEM lebih dari sekedar integrasi empat bidang ilmu, tetapi sebagai inovasi dan proses terapan dalam merancang solusi terhadap masalah kontekstual (Shwe Hadani et al., 2018; Torlakson, 2014). Pembelajaran berbasis STEM memberikan pengalaman belajar, dan kesempatan bagi siswa untuk memahami sains, mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan bermanfaat dalam penentuan karir masa depan (Ceylan & Ozdilek, 2015; El-Deghaidy & Mansour, 2015; Marsono et al., 2019).

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bawa pembelajaran STEM telah banyak diterapkan dalam pembelajaran. Misalnya pada pembelajaran fisika pada tingkat SMA (Asri, 2018; Fitriani et al., 2017; Rizalul et al., 2019; Utami et al., 2017), dan kimia (Munandar et al., 2020; Pujiati, 2020; Purwoko et al., 2020). Sedangkan penerapan pembelajaran STEM dalam

bidang studi sains pada SMP masih terbatas. Hasil penelitian bahwa perlu dilakukan pembelajaran sains berbasis STEM pada keterampilan abad 21 yang lain yaitu *critical thinking*. Pembelajaran STEM juga dapat diterapkan melalui pembelajaran *problem-based learning*. (Kholifah et al., 2015; Marsono et al. 2019)

Problem-based learning merupakan model pembelajaran yang menyajikan masalah kontekstual sehingga memicu siswa untuk belajar (Khalil, et al. 2020). Tujuan pembelajaran ini untuk mengasah kemampuan berpikir kritis, analitis, sistematis, dan logis untuk menemukan alternative pemecahan masalah. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka perlu dilakukan kajian terkait pengaruh pembelajaran *problem-based learning* terintegrasi STEM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini ialah penelitian *quasi experiment* menggunakan desain penelitian *non-randomized control group pretest-posttest design* (Tabel 1). Penelitian dilaksanakan di SMP 4 Patampanua pada semester genap tahun pelajaran 2023-2024. Populasi penelitian ini siswa kelas VII. Populasi penelitian pada kelas VII SMPN Patampanua. Penentuan sampel dilakukan secara *simple random sampling* pada dua kelas. Kelas VII.1 sebanyak 21 orang siswa sebagai kelas eksperimen dan kelas VII.2 sebanyak 21 orang siswa sebagai kelas control.

Tabel 1. Desain penelitian

Subjek	Pretest	Perlakuan	Posttest
Ke	O1	X	O2
Kc	O1	-	O2

(Leedy & Ormrod, 2005)

Keterangan :

Ke : Kelas eksperimen

Kc : Kelas kontrol

O1 : *Pretest* kelas eksperimen dan kelas kontrol

O2 : *Posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol

X : Penerapan pembelajaran biologi berbasis PBL terintegrasi STEM

- : Penerapan model pembelajaran konvensional

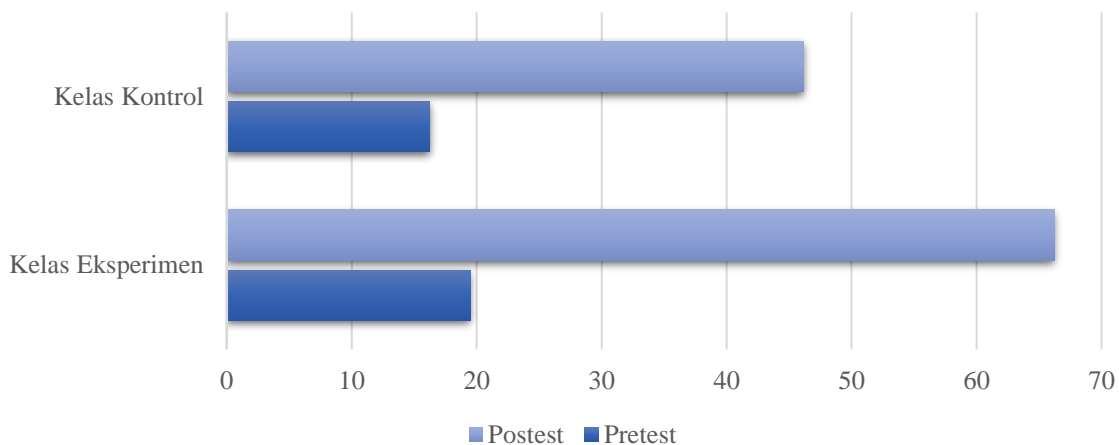
Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan instrument tes berupa tes diawal (*pretest*) dan diakhir (*posttest*) yang menguji keterampilan berpikir kritis siswa serta instrumen non tes berupa angket respon siswa dan lembar observasi. Teknik analisis data penelitian ini

menggunakan analisis deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk menghitung rerata skor *pretest* dan *posttest* keterampilan kritis serta keterlaksanaan sintaks pembelajaran. Analisis inferensial digunakan untuk menguji pengaruh pembelajaran terhadap variabel terikat. Analisis data yang digunakan yaitu uji Anakova pada taraf signifikansi 5% dengan menggunakan program *SPSS versi 16 for windows*. Sebelum melakukan uji Anakova, dilakukan uji prasyarat yaitu uji normalitas dan homogenitas menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil analisis data keterampilan berpikir kritis siswa diperoleh rerata nilai *pretest* dan *posttest* antara kelas perlakuan dan kelas control berbeda setelah implementasi pembelajaran *problem-based learning* (PBL) terintegrasi STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*). Rerata nilai *pretest* keterampilan berpikir kritis kelas perlakuan sebesar 19.47 dan rerata *posttest* sebesar 66.24. Sedangkan rerata nilai *pretest* kelas control sebesar 16.24 dan rerata nilai post-test sebesar 46.17. Perbedaan rerata nilai *pretest* dan *posttest* kelas perlakuan dan kelas control dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rerata Nilai Keterampilan Berpikir Kritis

Analisis inferensial digunakan untuk menguji pengaruh pembelajaran PBL terintegrasi STEM terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. Sebelum analisis lebih lanjut terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas sebagai prasyarat uji hipotesis. Nilai signifikansi keterampilan berpikir kritis diperoleh lebih besar dari 0.005, sehingga data diinterpretasikan terdistribusi normal. Ringkasan hasil uji normalitas data keterampilan berpikir kritis kelas perlakuan dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji normalitas

Variable (Berpikir kritis)	Pretest		Posttest	
	Signifikansi	Keputusan	Signifikansi	Keputusan
Kelas Perlakuan	0.265	Normal	0.172	Normal
Kelas Kontrol	0.454	Normal	0.0674	Normal

Hasil uji homogenitas diperoleh nilai signifikasni data keterampilan berpikir kritis siswa lebih besar dari 0.005, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa data memiliki ragam yang homogen. Ringkasan hasil uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji homogenitas

Variable (Berpikir kritis)	Pretest		Posttest	
	Signifikansi	Keputusan	Signifikansi	Keputusan
Kelas Perlakuan	0.102	Homogen	0.341	Homogen
Kelas Kontrol	0.210	Homogen	0.117	Homogen

Selanjutnya uji hipotesis digunakan uji Analisis Kovarian. Hasil Uji hipotesis keterampilan berpikir kritis dapat dilihat pada Tabel 4. Pada tabel ini dapat dilihat bahwa nilai signifikansi <0.05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran PBL terintegrasi STEM berpengaruh terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa.

Tabel 4. Hasil uji Anacova keterampilan berpikir kritis

Source	Type III Sum of Square	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	12587,449 ^a	3	4084.816	199.395	.000
Intercept	1081,112	1	2021.198	13.870	.000
X	1134,472	1	3442.371	16.345	.000
Perlakuan	323,790	2	3444.995	434.212	.000
Error	4001,555	42	11.45		
Total	345565,000	76			

Pembahasan

Hasil implementasi pembelajaran pembelajaran model problem based learning terintegrasi STEM menunjukkan berpengaruh terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Keberhasilan peningkatan keterampilan berpikir kritis dapat dilihat dari langkah-langkah pembelajaran yang diterapkan. Kegiatan pertama, mengorientasi siswa pada masalah dan memfokuskan pertanyaan (aspek STEM: science). Kegiatan ini bertujuan untuk merangsang rasa ingin tahu siswa. Siswa diharapkan mengajukan pertanyaan ilmiah berdasarkan fenomena. Proses ini melatih siswa untuk berpikir. Proses ini melatih siswa menghubungkan pengetahuan awal dengan informasi baru yang diperoleh sehingga menimbulkan konflik kognitif dan memicu pertanyaan kritis (Chin & Osborne, 2010).

Hasil pengamatan pembelajaran menunjukkan bahwa pertanyaan siswa sangat bervariasi. Beberapa siswa juga belum mampu membuat pertanyaan ilmiah, sehingga guru masih perlu membimbing siswa dalam membuat pertanyaan ilmiah. dan memfokuskan pertanyaan. selain itu guru juga membimbing siswa dalam memberikan prediksi atau jawaban sementara. Kegiatan selanjutnya mengorganisasikan siswa untuk belajar, tahap ini siswa diarahkan untuk menggali informasi terkait topic ekosistem dan pencemaran lingkungan.

Tahap berikutnya merencanakan, melaksanakan penyelidikan dan membuat kesimpulan (aspek STEM: science, mathematics, technology). Tahap ini siswa akan melakukan penyelidikan untuk memperoleh data dan informasi dari berbagai sumber. informasi yang diperoleh selanjutnya dianalisis bersama (aspek STEM: science, mathematics). Kegiatan ini secara langsung melatih siswa dalam mempelajari pola dan hubungan berdasarkan informasi yang diperoleh. Dengan demikian siswa telah melakukan proses kognitif dan berpikir. Keterampilan berpikir kritis berkaitan dengan pengambilan keputusan, perencanaan strategis, proses ilmiah, dan penyelesaian masalah untuk menemukan solusi (Bustami et al., 2019). Tahap ini sebagian besar siswa telah mampu menganalisis data dan menarik kesimpulan. Kesimpulan yang dibuat siswa berdasarkan data dan fakta yang diperoleh. Tahap ini, sebagian besar siswa telah mampu membuat kesimpulan dan menghubungkan data yang diperoleh.

Pada tahap merumuskan gagasan penyelesaian masalah (aspek STEM; science, technology, engineering, mathematics), siswa membuat gagasan/ide terhadap penyelesaian masalah sesuai dengan topik. Pada tahap ini siswa masih mengalami kesulitan dalam proses mendesain teknologi sederhana yang melibatkan integrasi berbagai aspek STEM. Siswa masih terkendala karena belum terbiasa. Kegiatan terakhir ialah mempresentasikan gagasan dan evaluasi. tahap ini siswa akan mempresentasikan hasil rancangan yang telah dibuat. Siswa dilatih untuk mengevaluasi dan menyampaikan argumentasi terhadap permasalahan yang diberikan mampu melatih kemampuan berpikir kritis (Lestari et al., 2018).

Keberhasilan peningkatan keterampilan berpikir kritis tidak lepas dari pengaruh model pembelajaran problem based learning yang diterapkan. Bukan hanya karena peran model pembelajaran unkuiri yang diterapkan, tetapi aspek STEM yang diintegrasikan pada setiap tahapan proses pembelajaran juga berperan dalam keberhasilan peningkatan keterampilan keterampilan berpikir kritis. Pembelajaran STEM memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan relevan (Stohlmann et al., 2013). Ketercapaian tujuan STEM dilakukan dengan memberikan pengalaman belajar, mengembangkan rasa ingin tahu siswa melalui proses penyelidikan (Kelley & Knowles, 2016).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa pembelajaran PBL terintegrasi STEM efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Implikasi penerapan pembelajaran ini dapat memberikan pengalaman belajar yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis serta meningkatkan pemahaman terkait pengaplikasian STEM dalam menyelesaikan masalah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan untuk seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Terkhusus kepada Universitas Muhammadiyah Parepare yang telah mendanai penelitian yang bersumber dari APBU, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Parepare, Ratna Budiarti, S. Pd. selaku guru mata pelajaran IPA, dan seluruh siswa UPT SMPN 4 Patampanua yang telah menjadi partisipan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Asri, Y. N. (2018). Pembelajaran Berbasis STEM Melalui Pelatihan Robotika. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 3(2), 74. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i2.13735>.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Mille-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining Twenty-First Century Skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5>.
- Boholano, H. B. (2017). Smart Social Networking: 21st Century and Learning skills. *Research in Pedagogy*, 7(1), 21–29. <https://doi.org/10.17810/2015.45>.
- Bustami, Y., Riyati, Y., & Julung, H. (2019). Think talk write with pictured cards on human digestive system: impact of critical thinking skills. *Biosfer*, 12(1), 13–23. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.v12n1.13-23>.
- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 177, 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.395>.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Supporting Argumentation Through Students' Questions: Case Studies in Science Classrooms. *Journal of the Learning Sciences*, 19(2), 230–284. <https://doi.org/10.1080/10508400903530036>.
- Dwyer, C. P., Hogan, M. J., & Stewart, I. (2014). An integrated critical thinking framework for the 21st century. *Thinking Skills and Creativity*, 12, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.12.004>.
- El-Deghaidy, H., & Mansour, N. (2015). Science Teachers' Perceptions of STEM Education: Possibilities and Challenges. *International Journal of Learning and Teaching*, January. <https://doi.org/10.18178/ijlt.1.1.51-54>.
- Fadhlullah, A., & Ahmad, N. (2017). Thinking Outside of the Box: Determining Students' Level of Critical Thinking Skills in Teaching and Learning. *Asian Journal of University Education*, 13(2), 51–70. <https://education.uitm.edu.my/ajue/>.
- Fitriani, D., Kaniawati, I., & Suwarma, I. R. (2017). Pengaruh Pembelajaran Berbasis STEM (Science,

- Technology, Engineering, And Mathematics) Pada Konsep Tekanan Hidrostatik Terhadap Causal Reasoning Siswa SMP. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017 UNJ*, SNF2017-EER-47-SNF2017-EER-52. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2017.01.EER.08>.
- Florida, R., Mellander, C., & King, K. (2015). *The Global Creativity Index 2015*. Toronto.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. (2012). What Is STEM Education and Why Is It Important? *Congressional Research Service, August*, 1–15. https://www.ccc.edu/departments/Documents/STEM_labor.pdf.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>.
- Khalil, M., Amin, M., & Lukiati, B. (2020). Validitas dan Kepraktisan Modul Bioinformatika Berbasis Problem-Based Learning untuk Mahasiswa S2 Biologi. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 5(5), 677-682. <http://dx.doi.org/10.17977/jptpp.v5i5.13538>.
- Kholifah, I. N., Maryanto, A., & Widodo, E. (2015). *Pengaruh Pembelajaran IPA Berbasis STEM Terhadap Sikap Ingin Tahu dan Ketreampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik SMP*. 129–135. <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/ipa/article/download/11764/11316>.
- Kusumaningtyas, A., Zubaidah, S., & Indriwati, S. E. (2013). Pengaruh Problem Based Learning dipadu Strategi Numbered Heads Together terhadap Kemampuan Metakognitif, Berpikir Kritis, dan Kognitif Biologi Siswa Kelas XI SMA Negeri 5 Malang. [Thesis]. *DISERTASI Dan TESIS Program Pascasarjana UM, January*, 33–47. <http://jpk.lemlit.um.ac.id/wp-content/uploads/2014/08/02-Anyta-Kusumaningtyas-OK.pdf>.
- Lestari, D. A. B., Astuti, B., & Darsono, T. (2018). Implementasi LKS Dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 4(2), 202. <https://doi.org/10.29303/jpft.v4i2.809>.
- Marsono, M., Khasanah, F., & Yoto, Y. (2019). *Integrating STEM (Science Technology Engineering and Mathematics) Education on Advancing Vocational Student's Creative Thinking Skills*. 242(Icovet 2018), 170–173. <https://doi.org/10.2991/icovet-18.2019.43>.
- Meyrick, K. M. (2011). How STEM education improves student learning. *Meridian*, 14(1), 1–5. https://www.researchgate.net/publication/289101249_How_STEM_education_improves_student_learning.
- Munandar, H., Izzani, L. M., & Yulian, M. (2020). Penggunaan Model Pembelajaran Science, Technology, Engineering, and Mathematic (Stem) Pada Konsep Asam Basa Di Sman 1 Baitussalam. *Lantanida Journal*, 7(2), 112. <https://doi.org/10.22373/lj.v7i2.5421>.
- Murawski, L. M. (2014). Critical Thinking in the Classroom... and Beyond. *Journal of Learning in Higher Education*, 10(1), 25–30. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00406>.
- NEA. (2012). *Preparing 21st Century Students : An Educator's Guide to the "Four Cs."* 1–38. <papers3://publication/uuid/644F39D4-2DFE-48AA-84E3-9D515342DA3A>.
- Noprianda, M., Noor, M., & Zulfiani, Z. (2016). Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Model Pembelajaran Problem Based Learning Dan Sains Teknologi Masyarakat Pada Konsep Virus. *Edusains*, 8(2), 182–191. <https://doi.org/10.15408/es.v8i2.3892>.
- Partnership For 21st Century Skills. (2008). *21st Century Skills, Education & Competitiveness*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED519337.pdf>.
- Pujiati, A. (2020). Penerapan Pendekatan STEAM Pada Materi Struktur Atom Terhadap Pemahaman Konsep Kimia. *Prosiding Seminar Nasional Sains 2020*.
- Purwoko, A. A., Muti'ah, M., Al Idrus, S. W., & Anwar, Y. A. S. (2020). Analisis Peluang Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Berbasis STEM Pada Siswa SMA Se-Kota Mataram. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(3), 200. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i3.1742>.
- Rizalul F., M., Muslim, M., Purwana, U., & Karyawan, K. (2019). Upaya Meningkatkan Kreativitas

- Siswa Dalam Membuat Karya Fisika Melalui Model Pembelajaran Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) Pada Materi Fluida Statis. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 4(1), 73. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v4i1.15771>.
- Sahin, M. C. (2009). Instructional design principles for 21st century learning skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 1464–1468. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.258>.
- Scott, C. L. (2015). Education Research and Foresight Working Papers. *Unesco*, 1, 24–37.
- Shwe H., H., Rood, E., Eisenmann, A., Foushee, R., Jaeger, G., Jaeger, G., Kauffmann, J., Kennedy, K., & Regalla, L. (2018). *The Roots of STEM Success: Changing Early Learning Experiences to Build Lifelong Thinking Skills*. 44. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2018.14284>.
- Stohlmann, M. S., Moore, T. J., & Cramer, K. (2013). Journal of Mathematical Modelling and Application. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(8), 18–31. <https://gorila.furb.br/ojs/index.php/modelling/article/view/3299>.
- Suto, I., & Eccles, H. (2014). The Cambridge approach to 21 st Century skills: definitions, development, and dilemmas for assessment. *IAEA Conference*, 1–10. <http://www.cambridgeassessment.org.uk/Images/461811-the-cambridge-approach-to-21st-century-skills-definitions-development-and-dilemmas-for-assessment-.pdf>.
- Torlakson, T. (2014). *Innovate A Blueprint for STEM Education - Science (CA Dept of Education)*. May, 7. <https://www.cde.ca.gov/pd/ca/sc/documents/innovate.pdf>.
- Utami, I. S., Septiyanto, R. F., Wibowo, F. C., & Suryana, A. (2017). Pengembangan STEM-A (Science, Technology, Engineering, Mathematic and Animation) Berbasis Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 6(1), 67. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v6i1.1581>.
- Zubaidah, S. (2016). Keterampilan Abad Ke-21: Keterampilan Yang Diajarkan Melalui Pembelajaran. *Seminar Nasional Pendidikan*, 2(2), 1–17. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.6b02842>.