

## OPTIMALISASI KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA MELALUI IMPLEMENTASI PENDEKATAN STEM DI SMAN BALI MANDARA

Ida Bagus Ari Arjaya<sup>1\*</sup>, Ayuk Ratna Puspaningsih<sup>2</sup>, Ni Wayan Ekayanti<sup>3</sup>, Desak Nyoman Budiningsih<sup>4</sup>, Suyati<sup>5</sup>

<sup>1,3,4</sup>Universitas Mahasaraswati Denpasar

<sup>2</sup>SMAN Bali Mandara

<sup>5</sup>SMAN 3 Denpasar

\*Email: [ariarjaya@unmas.ac.id](mailto:ariarjaya@unmas.ac.id)

### ABSTRAK

Meskipun berpikir kritis termasuk aspek atau kompetensi yang sangat penting bagi dunia pendidikan, nyatanya kemampuan berpikir kritis belum optimal dikembangkan oleh guru-guru di sekolah. Oleh karena itu, dibutuhkan implementasi Model STEM yang mampu mengembangkan kemampuan berpikir siswa secara lebih komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui integrasi aspek STEM dalam materi metabolisme siswa kelas XII di SMAN Bali Mandara. Penelitian ini tergolong Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang dilaksanakan pada Semester Ganjil Tahun Akademik 2023/2024. Sejumlah 27 orang siswa turut berpartisipasi di dalam penelitian ini. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen kemampuan berpikir kritis siswa. Lebih lanjut, Lebih lanjut, teknik analisis data yang dipergunakan di dalam penelitian ini menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial berupa t-test untuk melihat bagaimana kemajuan siswa di setiap siklusnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi pendekatan STEM pada materi metabolisme ternyata memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas XII SMAN Bali Mandara di tiap siklusnya, baik itu dari prasiklus ke siklus 1 maupun dari siklus 1 ke siklus 2. Adapun temuan bermakna dalam penelitian ini yaitu siswa ternyata lebih menghargai setiap bidang ilmu, khususnya dalam ruang lingkup STEM karena telah melihat bagaimana pentingnya hubungan stau bidang ilmu dengan bidang ilmu lainnya dalam kehidupan sehari-hari.

**Kata Kunci:** kemampuan berpikir kritis, STEM, pembelajaran biologi, penelitian tindakan kelas

### ABSTRACT

*Although including aspects or competencies that are very important for the world of education critical thinking skills have not been optimally developed by teachers in schools. Therefore, it is necessary to implement a STEM Model that can develop students' thinking skills more comprehensively. This study aims to develop students' critical thinking skills through the integration of STEM aspects in the metabolic material of grade XII students at SMAN Bali Mandara. This research is classified as Classroom Action Research (PTK) which is carried out in the Odd Semester of the 2023/2024 Academic Year. A total of 27 students participated in this study. The instrument used in this study is an instrument for students' critical thinking skills. Furthermore, the data analysis techniques used in this study used descriptive statistics and inferential statistics in the form of t-tests to see how students' progress in each cycle. The results showed that the implementation of the STEM approach on metabolic material turned out to provide a significant improvement in the critical thinking skills of grade XII students of SMAN Bali Mandara in each cycle, both from precycle to cycle 1 and from cycle 1 to cycle 2. The meaningful finding in this study is that students turned out to appreciate each field of science more, especially in the scope of STEM because they have seen how important the relationship between science and other fields of science in everyday life.*

**Keywords:** critical thinking skills, STEM, biology learning, classroom action research

## PENDAHULUAN

Dewasa ini sistem pendidikan di Indonesia harus disiapkan untuk kebutuhan dunia kerja secara global. Seringkali apa yang dibutuhkan oleh dunia kerja tidak terpenuhi oleh sistem pendidikan yang ada di Indonesia (Efronia & Mukhaiyar, 2020; Eko, 2019; Ratnata, 2012). Meskipun saat ini terjadi perubahan kurikulum Merdeka Belajar yang memiliki orientasi pada pemenuhan kompetensi abad 21 dan dunia kerja. Namun transisi kurikulum tersebut memerlukan waktu agar dapat teradaptasi dengan baik oleh guru di masing-masing sekolah. Lebih lanjut, disrupsi kebutuhan Revolusi Industri 5.0 kedepannya akan membutuhkan banyak tenaga-tenaga baru di bidang teknologi maupun bidang lain yang belum ada saat ini. Hal ini dipercepat oleh revolusi teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), *big data analytics*, *Artificial Intelligence* (AI), *Virtual Reality* (VR), maupun *Augmented Reality* (AR) (Jagatheesaperumal et al., 2022; Radanliev et al., 2020a, 2020b).

Salah satu kemampuan abad 21 yang penting untuk dikembangkan dalam sains khususnya biologi yaitu kemampuan berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis dapat didefinisikan sebagai tindakan memeriksa dan mengevaluasi data untuk membuat keputusan yang terkonsep dan memecahkan berbagai jenis masalah (Birjandi et al., 2019). Kemampuan ini juga melibatkan aspek penalaran secara sistematis, berpikir jernih, dan pembuatan keputusan yang solid berdasarkan data. Berpikir kritis merupakan kemampuan berpikir yang berorientasi pada tujuan (*goal oriented*), menggunakan penalaran yang cermat, dan berbasis bukti (*evidence based*) (Giri & Paily, 2020; Heard et al., 2020). Lebih lanjut, Facione mengungkapkan

bahwa kemampuan berpikir kritis terdiri dari kemampuan melakukan interpretasi, kemampuan menganalisis, kemampuan mengevaluasi, serta kemampuan inferensi (Ulfa et al., 2023). Kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan dunia kerja yang seringkali terlewat untuk diajarkan di jenjang pendidikan dasar maupun menengah.

Meskipun termasuk aspek atau kompetensi yang sangat penting bagi dunia pendidikan nyatanya kemampuan berpikir kritis belum optimal dikembangkan oleh guru-guru di sekolah (Agusta & Noorhapizah, 2020; Mihail, 2022). Misalnya saja guru terkendala mengorganisasikan siswa dalam melakukan investigasi atau pemecahan masalah. Investigasi merupakan aspek induktif yang penting bagi siswa karena mendorong siswa untuk membuktikan suatu teori atau fenomena yang ada dan mendorong sifat skeptis dan mendebat teori yang sudah ada (Fackler, 2021; Nguyen et al., 2023). Kemampuan siswa dalam merancang strategi untuk tujuan tertentu juga masih kurang. Keberadaan guru yang bersifat sebagai “*sage on the stage*” seolah olah menjadi sumber utama yang paling benar sehingga siswa percaya begitu saja dengan apa yang disampaikan oleh guru. Disamping itu, guru juga memberikan pertanyaan text book yang tidak dapat memicu kemampuan berpikir kritis siswa (Diana et al., 2024). Masalah lain yang juga ditemui adalah siswa belum mampu memberikan solusi alternatif mengenai pemecahan suatu masalah yang melibatkan interdisiplin ilmu (Khoiriyah et al., 2018). Umumnya pemikiran atau pola pikir siswa masih bersifat parsial atau linear yakni hanya mampu memberikan solusi dengan basis satu disiplin ilmu saja. Padahal di dunia kerja nantinya siswa tidak hanya

menggunakan disiplin ilmu yang dimilikinya saja untuk memecahkan suatu masalah. Oleh karena itu, diperlukan perspektif bidang ilmu yang berbeda untuk menghasilkan suatu solusi yang efektif dan efisien.

Berdasarkan hasil observasi awal siswa kelas XII SMAN Bali Mandara ditemukan permasalahan rendahnya kemampuan berpikir kritis terutama untuk materi-materi pembelajaran biologi yang bersifat kompleks. Misalnya saja mengenai materi, genetika, biologi sel, anabolisme, dan katabolisme. Meskipun siswa memiliki pemahaman konsep yang cukup baik mengenai materi tersebut namun ketika dihadapkan dengan masalah masalah dunia nyata siswa tidak mampu menganalisis dan memberi solusi dari berbagai sudut pandang. Khusus untuk materi metabolisme permasalahan yang dihadapi yaitu siswa belum mampu menghubungkan banyak konsep seperti respirasi seluler, fotosintesis, dan regulasi metabolisme. Selanjutnya keterbatasan aplikasi teori metabolisme dalam bentuk praktikum juga menjadi masalah serius yang harus ditangani oleh guru. Aplikasi materi dalam bentuk praktikum merupakan salah satu bentuk verifikasi atau validasi kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran.

Pendekatan *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* (STEM) merupakan salah satu pendekatan revolusioner dalam pembelajaran biologi. Pendekatan ini mampu menjembatani proses pemahaman konsep materi biologi yang kompleks secara interdisipliner dengan lebih baik (Hi. Sabtu et al., 2022). Lebih lanjut, pendekatan STEM merupakan pendekatan yang mendorong siswa untuk memecahkan masalah masalah kompleks dunia nyata dengan kreativitas dan inovasi (Di et al., 2021). Kompetensi inti yang

dikembangkan dari pendekatan STEM adalah kemampuan berpikir kritis, kreativitas, literasi sains, dan inovasi (Siregar et al., 2019; Rizqiyana, 2021). Aspek berpikir merupakan salah satu aspek yang menonjol di dalam pendekatan STEM. Pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pendekatan STEM dilatih melalui proses identifikasi masalah, tabulasi dan analisis data, hipotesis, serta evaluasi hasil. Oleh karena aspek berpikir kritis merupakan aspek general yang dibutuhkan oleh setiap jenis profesi, hal ini akan meningkatkan peluang kerja dan mempersiapkan karir siswa di berbagai bidang yang berkaitan dengan biologi.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka menarik untuk dikaji sebuah penelitian tindakan kelas yang berjudul “Optimalisasi Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Implementasi Pendekatan *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* (STEM) di SMAN Bali Mandara”. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui integrasi aspek STEM dalam materi metabolisme siswa kelas XII di SMAN Bali Mandara.

## METODE PENELITIAN

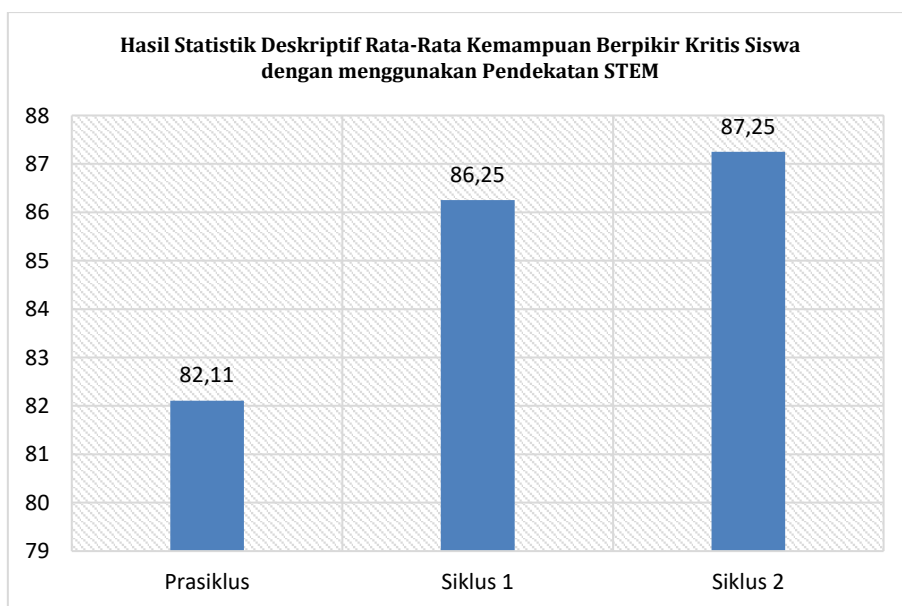
Penelitian ini tergolong penelitian tindakan kelas (PTK) yang direncanakan secara sistematis dan terencana dalam empat siklus. Model siklus PTK dalam penelitian ini mengikuti model spiral Kemmis & Mc Taggart. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Nopember-Januari pada Semester Ganjil Tahun Akademik 2023/2024 di kelas XII IPA SMAN Bali Mandara. Sejumlah 27 orang siswa turut berpartisipasi di dalam penelitian ini. Adapun instrumen rubrik kemampuan berpikir kritis yang

dipergunakan mengacu kepada indikator kemampuan berpikir kritis yang disampaikan oleh Ennis (2011) yang meliputi kemampuan memberi penjelasan sederhana, mempertimbangkan kredibilitas informasi (*basic support*), penarikan kesimpulan, memberikan klarifikasi atau penjelasan lebih lanjut (*advance clarification*), dan mengatur strategi dan taktik (membuat perkiraan dan integrasi). Sedangkan jumlah soal yang diberikan berbentuk *essay* yang terdiri dari enam butir soal. Materi pembelajaran yang dipergunakan dalam kelas STEM ini

meliputi materi Anabolisme dan Katabolisme. Lebih lanjut, teknik analisis data yang dipergunakan di dalam penelitian ini menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial berupa t-test untuk melihat bagaimana perbedaan kemampuan berpikir kritis siswa di setiap siklusnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil analisis statistik deskriptif rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa di setiap siklusnya dapat ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hasil Statistik Deskriptif Kemampuan Berpikir Kritis dengan Pendekatan STEM

Dari hasil statistik deskriptif Gambar 1. maka dapat diketahui bahwa nilai rata-rata setiap siklus mengalami peningkatan. Yakni prasiklus=82.11, Siklus 1=86.25, dan Siklus 2= 87,25. Selanjutnya untuk

mengetahui signifikansi peningkatan dari setiap siklusnya maka dapat ditampilkan hasil analisis *t paired test* kemampuan berpikir kritis siswa kelas XII SMAN Bali Mandara pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Analisis *t paired test* Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XII SMAN Bali Mandara

| Paired Samples Test |                    |                |                 |        |    |                 |
|---------------------|--------------------|----------------|-----------------|--------|----|-----------------|
|                     | Paired Differences |                |                 | t      | df | Sig. (2-tailed) |
|                     | Mean               | Std. Deviation | Std. Error Mean |        |    |                 |
| prasiklus - siklus1 | -4.148             | 7.911          | 1.522           | -2.724 | 26 | .011            |
| siklus1 - siklus2   | -1.000             | 2.320          | .446            | -2.239 | 26 | .034            |

Hasil analisis data Tabel 1. Menunjukkan bahwa nilai  $p_1=0.011<0,05$ , sehingga  $H_{01}$  ditolak dan  $H_{11}$  diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan kemampuan berpikir kritis siswa kelas XII SMAN Bali Mandara saat prasiklus dengan siklus 1. Demikian pula dengan perbandingan antara siklus 1 dengan siklus 2 yang menunjukkan bahwa nilai  $p_1=0.034<0,05$ , sehingga  $H_{02}$  ditolak dan  $H_{12}$  diterima. Lebih lanjut, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan kemampuan berpikir kritis siswa kelas XII SMAN Bali Mandara saat siklus 1 dengan siklus 2.

Berpijak dari hasil analisis data, implementasi pendekatan STEM pada materi metabolisme ternyata memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas XII SMAN Bali Mandara di tiap siklusnya. Pendekatan STEM yang mendukung siswa untuk memahami konsep abstrak yang tidak dapat dilihat secara langsung (Arisa & Sitinjak, 2022). Dalam konteks ini konsep abstrak yang dimaksud yaitu konsep fisiologis yang terjadi pada metabolisme, baik itu anabolisme maupun katabolisme. Ketidakmampuan siswa dalam melakukan abstraksi proses biokimia yang sulit seperti fotosintesis maupun respirasi dapat menurunkan kemampuan berpikir kritisnya. Proses melakukan abstraksi merupakan hal yang sangat penting dalam pengembangan berpikir kritis siswa (Komariyah et al., 2018; Makhmudah, 2018; Qian & Choi, 2023). Berpikir abstrak merupakan aspek berpikir yang umumnya lebih dikenal di bidang matematika maupun kimia, namun sebenarnya dalam bidang biologi hal ini juga sangat diperlukan.

Pendekatan STEM mendorong siswa untuk belajar menganalisis, mengidentifikasi, serta mencari solusi dari

berbagai perspektif (Abu Khurma et al., 2023; English, 2016; Kennedy & Odell, 2014). Ketiga hal tersebut merupakan indikator berpikir kritis siswa. Dalam proses pembelajaran, siswa diajak untuk merumuskan masalah metabolisme, menguraikan masalah secara terstruktur, mencari tahu hubungan antara satu masalah dengan masalah yang lainnya, serta melaksanakan praktikum anabolisme dengan mengintegrasikan aspek-aspek STEM. Selanjutnya, dalam proses identifikasi siswa mengumpulkan data yang relevan, melakukan tabulasi data praktikum, mengidentifikasi pola atau *trend* data praktikum, serta membandingkannya dengan referensi ilmiah yang sudah ada baik itu berasal dari buku maupun dari jurnal ilmiah. Dalam penelitian tindakan kelas ini siswa dilibatkan melalui pengalaman praktikum virtual berbasis yaitu *Phet* dan website. Kemampuan berpikir kritis siswa juga dikembangkan pada kegiatan penentuan solusi alternatif dalam pendekatan STEM. Aktivitas penentuan solusi seyogyanya harus mempertimbangkan aspek kelebihan dan kekurangan solusi, relevansi, dan konsekuensi yang mungkin muncul sehingga kemampuan berpikir kritis siswa akan terasah dengan baik dalam proses ini (Abu Khurma et al., 2023; English, 2016; Kennedy & Odell, 2014).

Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa kelas XII SMAN Bali Mandara dalam pembelajaran dengan pendekatan STEM juga didukung oleh penyelesaian berbagai masalah kompleks melibatkan berbagai disiplin ilmu (Hmelo-Silver et al., 2007). Siswa diberikan pengalaman bermakna berupa simulasi *virtual laboratory* dengan integrasi konsep dari berbagai disiplin ilmu. Saat melakukan simulasi praktikum metabolisme seperti

fotosintesis, guru juga memberikan bagaimana cara merancang dan melaksanakan prosedur tersebut secara mekanik, mengintegrasikan konsep matematis seperti volume & perubahan suhu sehingga siswa memiliki perspektif yang berbeda beda untuk menyelesaikan masalah. Bybee (2015) berpendapat bahwa pendekatan STEM dapat mendorong pemikiran kritis siswa secara multidimensional. Untuk mendorong penyelesaian masalah siswa secara multidimensional dalam penelitian tindakan kelas ini siswa diberikan kasus kontekstual seperti membedakan bagaimana kondisi klorofil dari tanaman stroberi pada ketinggian yang berbeda serta bagaimana dampaknya terhadap produktivitas tanaman. National Research Council (2014) mengungkapkan bahwa melalui pembelajaran berbasis STEM siswa akan memiliki pemahaman yang lebih mendalam terkait konsep-konsep fundamental dan dalam konteks ini hubungan antara bidang studi biologi dengan bidang studi yang lainnya.

Adapun temuan bermakna dalam penelitian ini yaitu siswa ternyata lebih menghargai setiap bidang ilmu, khususnya dalam ruang lingkup STEM karena telah melihat bagaimana pentingnya hubungan stau bidang ilmu dengan bidang ilmu lainnya dalam kehidupan sehari-hari. Tidak semua pendekatan pembelajaran yang digunakan dapat menumbuhkan sikap empati seperti yang ditunjukkan dalam penelitian berbasis STEM. Selain itu, diperlukan keterampilan guru yang terlatih dan pemahaman yang luas untuk dapat mengajar dengan pendekatan model STEM. Disamping itu juga diperlukan perencanaan maupun persiapan yang matang dalam hal perangkat dan media pembelajaran yang akan digunakan. Setiap aktivitas belajar

siswa juga harus mendapat porsi yang sesuai terkait dengan integrasi sains teknologi, mekanik, dan matematikanya.

## **PENUTUP**

### **Simpulan**

Adapun kesimpulan yang dapat dirumuskan dari uraian pembahasan penelitian tindakan kelas ini yaitu implementasi pendekatan STEM pada materi metabolisme ternyata memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas XII SMAN Bali Mandara di tiap siklusnya, baik itu dari prasiklus ke siklus 1 maupun dari siklus 1 ke siklus 2.

### **Saran**

Dibutuhkan jenis rancangan penelitian yang berbeda seperti penelitian eksperimental dan pengembangan untuk mengkaji bagaimana efektifitas pendekatan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Ekplorasi berbagai jenis model pembelajaran yang sesuai dengan paradigma pendekatan pembelajaran STEM seperti Model Project Based Learning dan Model Problem Based learning dapat digunakan untuk membandingkan kemampuan berpikir kritis siswa. Kedua Model tersebut merupakan model pembelajaran dengan paradigma konstruktivistik yang sangat relevan jika diintegrasikan dengan pendekatan STEM. Guru perlu memonitoring aktivitas siswa bekerja di dalam kelompok untuk memastikan bahwa setiap siswa sudah ikut belajar secara aktif. Guru juga harus memberikan kesempatan kepada siswa secara adil dan merata untuk memberikan saran maupun refleksi di akhir pembelajaran untuk meningkatkan efektifitas pendekatan STEM.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abu Khurma, O., Al Darayseh, A., & Alramamneh, Y. (2023). A Framework for Incorporating the “Learning How to Learn” Approach in Teaching STEM Education. *Education Sciences*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.3390/educsci13010001>
- Agusta, A. R., & Noorhapizah. (2020). The Exploration Study of Teachers’ Knowledge and Ability on Application of Critical Thinking and Creative Thinking Skills on Learning Process in Elementary School. In *6th International Conference on Education and Technology (ICET 2020)*, 29–42. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201204.006>
- Arisa, S., & Sitinjak, D. S. (2022). Implementation of the STEM-PBL Approach in Online Chemistry Learning and its Impact on Students’ Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 6(2), 88–96. <https://doi.org/10.23887/jpki.v6i2.44317>
- Birjandi, P., Bagheri, M., & Maftoon, P. (2019). *Towards an Operational Definition of Critical Thinking*. <https://doi.org/10.30495/JAL.2019.671910>
- Bybee, R. (2015). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. <https://doi.org/10.2505/9781936959259>
- Cheng, Y. C., & So, W. W. M. (2020). Managing STEM learning: a typology and four models of integration. *International Journal of Educational Management*, 34(6), 1063–1078. <https://doi.org/10.1108/IJEM-01-2020-0035>
- Council, N. R. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=hRmfAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=National+Research+Council+\(2012\)+STEM+&ots=XOUGjESbdv&sig=5NriG49pf0hqyQSKM0VCPcTieLk](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=hRmfAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=National+Research+Council+(2012)+STEM+&ots=XOUGjESbdv&sig=5NriG49pf0hqyQSKM0VCPcTieLk)
- 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>
- Di, C., Zhou, Q., Shen, J., Li, L., Zhou, R., & Lin, J. (2021). Innovation event model for STEM education: A constructivism perspective. *STEM Education*, 1(1), 60–74. <https://doi.org/10.3934/steme.2021005>
- Diana, I., Rizal, M. S., Aprinawati, I., Fauziddin, M., & Ananda, R. (2024). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Dengan Menggunakan Model Creative Problem Solving (Cps). *Jurnal Dedikasi Pendidikan*, 8(1), 289–302. <https://doi.org/10.30601/dedikasi.v8i1.4380>
- Efronia, Y., & Mukhaiyar, R. (2020). Kompetensi Dasar dari Kurikulum Prodi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 6(1), 179. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.107861>
- Eko, R. (2019). Analisis pendidikan indonesia di era revolusi industri 4.0. *Research Gate, April*(January), 1–16. [https://www.researchgate.net/profile/Eko-Risdianto/publication/332415017\\_ANALISIS\\_PENDIDIKAN\\_INDONESIA\\_DI\\_ERA\\_REVOLUSI\\_INDUS](https://www.researchgate.net/profile/Eko-Risdianto/publication/332415017_ANALISIS_PENDIDIKAN_INDONESIA_DI_ERA_REVOLUSI_INDUS)

- TRI\_40/links/5cb4509b4585156cd7993519/ANALISIS-PENDIDIKAN-INDONESIA-DI-ERA-REVOLUSI-INDUSTRI-40.pdf
- Siregar, E. Y., Y., Rachmadtullah, R., Pohan, N., Rasmitadila, & Zulela, M. S. (2019). The impacts of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) on critical thinking in elementary school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012156>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Ennis, R. (2011). Critical thinking: Reflection and perspective Part II. *Inquiry: Critical Thinking across the Disciplines*, 26(2), 5–19. [https://www.pdcnet.org/inquiryct/content/inquiryct\\_2011\\_0026\\_0002\\_0005\\_0019](https://www.pdcnet.org/inquiryct/content/inquiryct_2011_0026_0002_0005_0019)
- Fackler, A. (2021). When Science Denial Meets Epistemic Understanding: Fostering a Research Agenda for Science Education. *Science and Education*, 30(3), 445–461. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00198-y>
- Fithri, S., Tenri Pada, A. U., Artika, W., Nurmaliah, C., & Hasanuddin, H. (2021). Implementasi LKPD Berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(4), 555–564. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i4.20816>
- Fortus, D., Dersheimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081–1110. <https://doi.org/10.1002/TEA.20040>
- Giri, V., & Paily, M. U. (2020). Effect of Scientific Argumentation on the Development of Critical Thinking. *Science and Education*, 29(3), 673–690. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00120-y>
- Haryanti, A., & Suwarma, I. R. (2018). Profil Keterampilan Komunikasi Siswa Smp Dalam Pembelajaran Ipa Berbasis Stem. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 3(1), 49. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i1.10940>
- Heard, J., Scoular, C., Duckworth, D., Ramalingam, D., & Teo, I. (2020). Critical Thinking: Skill Development Framework. *Australian Council for Educational Research*, September 2021, 1–23. [https://research.acer.edu.au/ar\\_misc/41/](https://research.acer.edu.au/ar_misc/41/)
- Hi. Sabtu, A., Sundari, S., & Tamalene, M. N. (2022). Penerapan Model Pbl Melalui Pendekatan Stem Dalam Pembelajaran Biologi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Di Sma Negeri 7 Halmahera Selatan. *Jurnal Bioedukasi*, 5(2), 107–114. <https://doi.org/10.33387/bioedu.v5i2.5229>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Jagatheesaperumal, S. K., Rahouti, M., Ahmad, K., Al-Fuqaha, A., & Guizani, M. (2022). The Duo of Artificial Intelligence and Big Data for Industry 4.0: Applications, Techniques, Challenges, and Future Research Directions. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(15), 12861–12885. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3139827>
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014).

- Engaging Students In STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.
- Khoiriyah, N., Abdurrahman, A., & Wahyudi, I. (2018). Implementasi pendekatan pembelajaran STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi gelombang bunyi. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2), 53.  
<https://doi.org/10.12928/jrpkpf.v5i2.9977>
- Komariyah, S., Fatmala, A., & Laili, N. (2018). Pengaruh kemampuan berpikir kritis terhadap hasil belajar matematika. *JP3M (Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pengajaran Matematika)*, 4(2), 53–58.  
<https://doi.org/10.37058/JP3M.V4I2.523>
- Makhmudah, S. (2018). Analisis iterasi matematika terhadap kemampuan berpikir kritis matematika dan pendidikan karakter mandiri. *Prisma, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 1, 318–325.  
<https://journal.unnes.ac.id/sju/prisma/article/view/20125>
- Mihail, R. (2022). The Relevance of Critical Thinking from the Perspective of Professional Training. *Postmodern Openings*, 13(2), 499–513.  
<https://doi.org/10.18662/po/13.2/468>
- Mu'minah, I. H., & Suryaningsih, Y.-. (2020). Implementasi Steam (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) Dalam Pembelajaran Abad 21. *BIO EDUCATIO: (The Journal of Science and Biology Education)*, 5(1).  
<https://doi.org/10.31949/be.v5i1.2105>
- 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>
- Muyassaroh, I., Mukhlis, S., & Ramadhani, A. (2022). Model Project Based Learning melalui Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SD. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 8(4), 1607–1616.  
<https://doi.org/10.31949/educatio.v8i4.4056>
- Nguyen, M. X. N. C., Dao, P., Iwashita, N., & Spinelli, F. (2023). Teacher learners theorizing from practice: A case of the concept of learner engagement in interactive second language learning tasks. *Teaching and Teacher Education*, 129.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104151>
- Permanasari. (2016). STEM Education: Inovasi dalam Pembelajaran Sains. *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains)*, 3(0), 23–34.  
<https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/snps/article/view/9810>
- Qian, Y., & Choi, I. (2023). Tracing the essence: ways to develop abstraction in computational thinking. *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 1055–1078.  
<https://doi.org/10.1007/s11423-022-10182-0>
- Radanliev, P., De Roure, D., Page, K., Nurse, J. R. C., Mantilla Montalvo, R., Santos, O., Maddox, L. T., & Burnap, P. (2020a). Cyber risk at the edge: current and future trends on cyber risk analytics and artificial intelligence in the industrial internet of things and industry 4.0 supply chains. *Cybersecurity*, 3(1).  
<https://doi.org/10.1186/s42400-020-00052-8>
- Radanliev, P., De Roure, D., Page, K., Nurse, J. R. C., Mantilla Montalvo, R., Santos, O., Maddox, L. T., & Burnap, P. (2020b). Cyber risk at the edge: current and future trends on

- cyber risk analytics and artificial intelligence in the industrial internet of things and industry 4.0 supply chains. *Cybersecurity*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s42400-020-00052-8>
- Ratnata, I. W. (2012). Konsep Pemikiran Dalam Pengembangan Pendidikan Vokasi Untuk Menghadapi Tuntutan Dunia Kerja. *Seminar Internasional Aptekindo*, 41–46. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/APTEKINDO/article/view/11>
- Ritonga, S., & Zulkarnaini, Z. (2021). Penerapan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, 4(1), 75–81. <https://doi.org/10.30605/jsgp.4.1.2021.519>
- Rizqiyana, A. F. (2021). Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Approaches Using Thematic Learning Media To Develop Critical Thinking. *Dinamika Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 13(1), 20. <https://doi.org/10.30595/dinamika.v13i1.8827>
- Ulfa, M., Makki, M., & Umar, U. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas IV Pada Mata Pelajaran Matematika di SDN 24 Ampenan Tahun Pelajaran 2022/2023. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(1b), 970–976. <https://doi.org/10.29303/JIPP.V8I1B.1333>
- Zheng, J., Xing, W., Zhu, G., Chen, G., Zhao, H., & Xie, C. (2020). Profiling self-regulation behaviors in STEM learning of engineering design. *Computers and Education*, 143. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2019.103669>