

ANALISIS KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SEBAGAI UPAYA PELAKSANAAN PBL BERBASIS STEM PADA TOPIK SUHU DAN KALOR

Aprilita Ekasari^{1*}, Don Jaya Putra², Algiranto³

Pendidikan Fisika, Universitas Musamus Merauke

*Corresponding Author: aprilita@unmus.ac.id

ABSTRAK

Kemajuan ilmu pengetahuan dan inovasi mempengaruhi kemajuan pendidikan di Indonesia. Keadaan Indonesia saat ini diwarnai oleh kurangnya sumber daya manusia (SDM) yang kompeten. Pendidikan yang bermutu membantu siswa mengembangkan nilai-nilai yang dibutuhkan untuk hidup. Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan kemampuan berpikir kritis siswa sebagai upaya penerapan pendekatan PBL berbasis STEM di kelas VII SMP IT Ibnu Sina. Pendekatan deskriptif kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah uraian soal berbasis berpikir kritis sebanyak 10 soal. Instrumen yang akan digunakan telah divalidasi. Hasil validasi ahli terhadap soal memperoleh skor rata-rata sebesar 91,55%. Hasil analisis data menunjukkan kemampuan berpikir kritis siswa pada indikator interpretasi memperoleh skor rata-rata sebesar 64% sehingga dapat diinterpretasikan dalam kategori baik. Pada indikator analisis diperoleh skor rata-rata sebesar 64% sehingga dapat diinterpretasikan dalam kategori baik. Pada indikator simpulan diperoleh skor rata-rata sebesar 64% sehingga termasuk dalam kategori baik. Begitu pula pada indikator evaluasi, nilai rata-rata yang diperoleh siswa sebesar 60% yang termasuk dalam kategori cukup. Begitu pula pada indikator elaborasi, nilai rata-rata yang diperoleh siswa sebesar 60% yang dapat diartikan dalam kategori cukup.

Kata Kunci : Kemampuan Berpikir Kritis; PBL-STEM; Suhu dan Kalor

ABSTRACT

The advancement of science and innovation affects the advancement of education in Indonesia. The current state of Indonesia is marked by a lack of competent human resources (HR). Quality education helps students develop the values needed for life. The purpose of this study is to describe students' critical thinking skills as an effort to implement the STEM-based PBL approach in class VII of SMP IT Ibnu Sina. A quantitative descriptive approach was used in this study. The instrument used in this study was a description of critical thinking-based questions totaling 10 questions. The instrument to be used has been validated. The results of expert validation of the questions obtained an average score of 91.55%. The results of data analysis showed that students' critical thinking skills on the interpretation indicator obtained an average score of 64% so that it can be interpreted in the good category. On the analysis indicator, an average score of 64% was obtained so that it can be interpreted in the good category. On the conclusion indicator, an average score of 64% was obtained so that it is included in the good category. Likewise, on the evaluation indicator, the average score obtained by students was 60% which is included in the sufficient category. Likewise, for the elaboration indicator, the average value obtained by students was 60%, which can be interpreted as being in the sufficient category.

Keywords: Critical Thinking Skill; PBL-STEM; Heat and Temperature

PENDAHULUAN

Perkembangan abad 21 merupakan kemajuan dalam bidang teknologi dimana informasi melimpah dan sumber daya manusia tergantikan oleh teknologi (Sheng et al., 2019; Wang et al., 2022). Perkembangan ini disesuaikan dengan tuntutan pendidikan abad 21 (Buevich et al., 2020). Keterampilan yang diutamakan dalam pembelajaran abad 21 dikenal dengan istilah 4C, yaitu pemecahan masalah dan berpikir kritis, kolaborasi dan komunikasi, serta kreativitas (Muntaha et al., 2021). Keterampilan abad ke-21 yang menjadi lima domain utama adalah literasi digital, produktivitas tinggi, komunikasi yang efektif, pemikiran intensif, dan nilai-nilai spiritual dan moral (Mustafa & Dwiyoogo, 2020; Sukmawati et al., 2023). Keterampilan abad 21 yang membentuk lima domain utama adalah literasi digital, produktivitas tinggi, komunikasi efektif, berpikir intensif, dan nilai-nilai spiritual dan moral (berpikir kritis, pengetahuan dan kreativitas), pembelajaran (keterampilan membaca dan menulis), dan belajar dengan orang lain (tanggung jawab pribadi, sosial, dan kewarganegaraan (Anagün Assoc, 2018; Nouri et al., 2020; Shidiq & Yamtinah, 2019; van Laar et al., 2017)

Berpikir kritis merupakan suatu proses kognitif yang efektif, terorganisir, dan operasional yang memungkinkan kita untuk mengembangkan pemahaman terhadap pemikiran kita sendiri dan gagasan orang lain serta kemampuan kita untuk menjelaskan pendapat (Özsoy-Güneş et al., 2015). Berpikir kritis merupakan suatu analisis positif yang memungkinkan kita untuk memahami kejadian-kejadian yang terjadi di sekitar kita (S. R. Putri & Syafriani, 2020). Sistem analisis ini merupakan suatu sistem yang dapat digunakan untuk mendefinisikan masalah, memulai penelitian terhadap subjek apa pun yang menjadi sasaran, memutuskan dan membuat evaluasi retrospektif (Gurcay & Ferah, 2018).

Banyak penelitian tentang kemampuan berpikir kritis telah dilakukan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa masih rendah pada materi IPA (Ekasari, 2023b; Ekasari, Algiranto, et al., 2023a; Ekasari, Diantoro, et al., 2023a; Ekasari et al., 2018a, 2022). Diharapkan siswa dengan kemampuan berpikir kritis yang kuat akan mengetahui lebih banyak tentang proses pencairan dari solusi masalah.

Pengembangan keterampilan berpikir kritis dapat dipelajari dengan berbagai kegiatan, program observasi, dan pemecahan masalah (Wartono et al., 2018) terutama pada materi suhu dan kalor. Materi suhu dan kalor sangat erat kaitannya dengan kehidupan manusia dan memerlukan observasi untuk menyelesaikan masalah di dalamnya. Oleh karena itu, untuk mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis, siswa perlu menerapkan model pembelajaran yang tepat (Abdulah & Wangid, 2021; Kane et al., 2016; Waluyo et al., 2021). Penerapan model pembelajaran dalam proses belajar mengajar dapat mempengaruhi pembelajaran dan dapat menentukan hasil akhir keterampilan berpikir kritis siswa (Jamil et al., 2024; Kane et al., 2016; Kurniawan et al., 2020; Negoro et al., 2020; Velmovská et al., 2019). Salah satu model pembelajaran yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan meningkatkan keterampilan belajar mandiri siswa khususnya untuk pelajaran IPA adalah model pembelajaran berbasis masalah (Ekasari, 2023a; Ekasari, Algiranto, et al., 2023b; Ekasari, Diantoro, et al., 2023b; Ekasari et al., 2018b, 2024; Ekasari & Algiranto, 2024; Ekasari, Aprilita, Diantoro, Markus, Parno, 2022; Henukh et al., 2024; Nursiam et al., 2023) dimana dalam pelaksanaannya menggunakan permasalahan yang kompleks dalam dunia nyata (Ariani, 2020; Tiruneh et al., 2017) untuk memotivasi siswa dalam mengidentifikasi dan menganalisis prinsip serta konsep yang diperlukan untuk menyusun solusi pemecahan masalah dalam pelajaran IPA (Fauzana et al., 2019; Gumisirizah et al., 2024; Manurung & Pangabea, 2017). Terdapat tiga hal penting dalam model pembelajaran berbasis masalah yaitu permasalahan, tutor dan siswa (Malik et al., 2019; Saputra & Kuswanto, 2019). Terdapat tiga hal penting dalam model pembelajaran berbasis masalah yaitu permasalahan, tutor dan siswa (Ekasari, Diantoro, et al., 2023b; Ekasari, Aprilita, Diantoro, Markus, Parno, 2022; Nursiam et al., 2023). Permasalahan yang diberikan bersifat tidak terstruktur sehingga memerlukan berbagai macam solusi untuk

menyelesaikannya. Selain itu secara tidak langsung dapat mengembangkan kemampuan kognitif siswa (Ekasari, 2023a; Ekasari, Algiranto, et al., 2023b; Ekasari et al., 2018b, 2024; Ekasari & Algiranto, 2024; Henukh et al., 2024) sedangkan guru mempunyai peran sebagai mentor atau fasilitator dalam proses belajar mengajar dengan memberikan permasalahan metakognitif, menyiapkan lingkungan belajar yang berfokus pada siswa dan memberikan instruksi tanpa secara langsung memberikan solusi kepada siswa dari permasalahan yang diberikan (Ekasari, 2023a; Ekasari, Algiranto, et al., 2023b; Ekasari, Diantoro, et al., 2023b; Ekasari et al., 2018b, 2024; Ekasari & Algiranto, 2024; Ekasari, Aprilita, Diantoro, Markus, Parno, 2022; Henukh et al., 2024; Nursiam et al., 2023).

Problem-based learning yang diintegrasikan dengan pendekatan sains, teknologi, matematika, dan rekayasa (STEM) merupakan pendekatan yang efektif untuk memfasilitasi dan memelihara integrasi sains, teknologi, matematika, dan rekayasa (engineering) (Estapa & Tank, 2017). Problem-based learning dijabarkan sebagai berikut: (1) sains berkaitan dengan konsep dan hukum yang berkaitan dengan alam; (2) teknologi merupakan keterampilan yang digunakan dalam pengetahuan dengan menggunakan alat buatan yang dapat memudahkan pekerjaan; (3) rekayasa/engineering/rekayasa merupakan pengetahuan untuk merancang suatu tahapan/prosedur yang dapat memecahkan masalah; dan (4) matematika merupakan ilmu yang menghubungkan besaran, angka, dan ruang berdasarkan logika tanpa bukti empiris (C. D. Putri et al., 2020). Integrasi Problem Based Learning dengan STEM mampu mengaktualisasikan literasi lingkungan dan siswa (Rizaldi et al., 2022). Penerapan Problem-Based Learning yang diintegrasikan dengan STEM mampu meningkatkan literasi sains siswa berdasarkan (Afriana et al., 2016), meningkatkan kemampuan kognitif, psikomotorik, dan karakter siswa (Loppies et al., 2021). Integrasi PBL dan STEM membutuhkan motivasi dan kepercayaan diri siswa dalam meningkatkan kariernya (Laforce et al., 2017). Berdasarkan pentingnya kemampuan berpikir kritis siswa dan perlunya siswa mengaitkan sains, teknologi, matematika, dan rekayasa dalam pembelajaran, maka dilakukan penerapan pembelajaran dengan PBL-STEM dalam pembelajaran sains. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisis kemampuan berpikir kritis siswa melalui penerapan pembelajaran dengan Problem Based Learning terintegrasi STEM pada materi suhu dan kalor.

Dalam upaya penerapan PBL berbasis STEM, sehingga dilakukan penelitian terkait analisis kemampuan berpikir kritis siswa sesuai dengan kajian sebelumnya. Idealnya eksplorasi ini akan menjadi alasan untuk metodologi pembelajaran di Pendidikan Fisika, dalam merencanakan road map penelitian pembuatan kebijakan yang dikembangkan oleh universitas musamus.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian yang hanya menggambarkan suatu keadaan atau peristiwa disebut penelitian deskriptif. Penelitian akan dilaksanakan di SMP Ibnu Sina Kabupaten Merauke Papua Selatan. Pelaksanaan penelitian ini pada bulan September sampai dengan November 2023. Jumlah sampel dalam kajian ini adalah siswa kelas VIII SMP Ibnu Sina. Sampel penelitian penelitian ini merupakan sebagian dari seluruh populasi. Dalam penelitian ini digunakan total sampling. Metode pengambilan sampel yang jumlah sampelnya sama dengan jumlah populasi disebut total sampling. Menurut Sugiyono seluruh populasi digunakan sebagai sampel penelitian karena jumlah populasi kurang dari 100 (Ekasari, 2023a; Ekasari, Algiranto, et al., 2023b; Ekasari, Diantoro, et al., 2023b; Ekasari et al., 2018b, 2024; Ekasari & Algiranto, 2024; Ekasari, Aprilita, Diantoro, Markus, Parno, 2022; Henukh et al., 2024; Nursiam et al., 2023). Penelitian ini menggunakan 10 soal yang menjelaskan materi suhu dan kalor dengan menggunakan keterampilan berpikir kritis yang valid, reliabel, dan layak untuk pengumpulan data sebagai instrumen penelitian. Data kuantitatif yang terkumpul akan

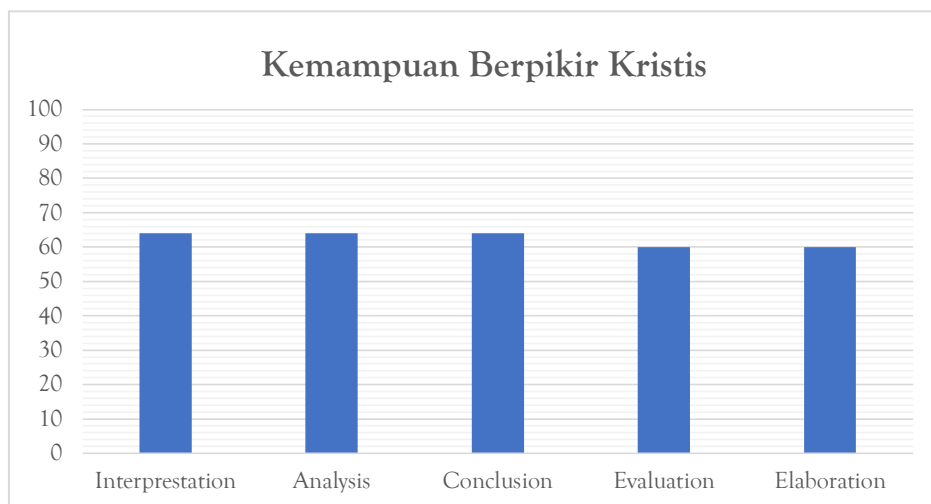
dilakukan analisis statistik secara langsung. Data deskriptif akan digunakan untuk mengolah hasil analisis secara kualitatif. Hasil analisis data kemudian digunakan pada tahap akhir untuk menarik kesimpulan.

Tabel 1. Indikator Kemampuan Berpikir Kritis Facione

No	Aspek Kemampuan Berpikir Kritis	Indikator
1	Interprestasi	a. Dapat menggambarkan permasalahan yang diberikan b. Dapat menuliskan makna permasalahan dengan jelas dan tepat c. Dapat menuliskan apa yang diketahui dan ditanyakan soal dengan tepat dan lengkap
2	Analisis	a. Dapat menuliskan hubungan konsep-konsep yang digunakan dalam menyelesaikan soal b. Dapat menuliskan apa yang harus dilakukan dalam menyelesaikan soal c. Dapat membuat model matematis dari soal yang diberikan dengan tepat dan lengkap
3	Evaluasi	a. Dapat menuliskan penyelesaian soal secara tepat, lengkap dan benar b. Menggunakan strategi yang tepat dalam menyelesaikan soal, lengkap dan benar dalam melakukan perhitungan/penjelasan
4	Inferensi	a. Dapat menarik kesimpulan dari apa yang ditanyakan secara logis b. Dapat menduga alternatif lain c. Dapat membuat kesimpulan dengan tepat sesuai dengan konteks soal dan lengkap
5	Eksplikasi	a. Dapat menuliskan hasil akhir dengan tepat dan memberikan alasan tentang kesimpulan yang diambil secara tepat dan benar b. Dapat memberikan alasan tentang kesimpulan yang diambil
6	Regulasi Diri	a. Dapat melakukan tinjauan ulang secara tepat sesuai dengan konteks soal dan lengkap

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian terkait analisis kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi suhu dan kalor sebagai upaya penerapan pendekatan PBL berbasis STEM di SMP IT Ibnu Sina, hasilnya diuraikan sebagai berikut. Kemampuan berpikir kritis siswa diukur menggunakan lima indikator yang disampaikan oleh Doktor yang terdiri dari Interstress, Analysis, conclusion, Evaluation dan Elaboration yang diuraikan pada gambar berikut,



Gambar 1. Kemampuan berpikir kritis

Berdasarkan data yang telah dijabarkan pada gambar 1, diperoleh skor rata-rata yang diperoleh siswa sebesar 64% pada indikator kemampuan berpikir kritis Interpretasi. Skor ini dimaknai dengan kategori cukup. Untuk indikator analisis skor, skor yang diperoleh siswa sebesar 64% yang dinyatakan dalam kategori cukup. Sementara itu, indikator kemampuan berpikir kritis yang ketiga yaitu Simpulan diperoleh skor rata-rata siswa sebesar 64% yang termasuk dalam kategori cukup. Indikator kemampuan berpikir kritis yang keempat yaitu Evaluasi, dengan skor rata-rata yang diperoleh siswa sebesar 60% yang termasuk dalam kategori cukup. Dan indikator kemampuan berpikir kritis yang kelima yaitu Elaborasi yang hasilnya diperoleh siswa sebesar 60% yang termasuk dalam kategori cukup.

Analisis data ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis pada indikator Interpretasi, skor rata-rata yang diperoleh siswa sebesar 64% yang dapat dimaknai masih 36% yang belum tercapai. Hal ini menunjukkan bahwa siswa memiliki kemampuan berpikir kritis yang cukup. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan terkait analisis kemampuan penyelesaian soal fisika pada penelitian ini menjelaskan bahwa siswa mempunyai persentase kebenaran lebih besar pada indikator Interpretasi (Abdulah & Wangid, 2021; Kane et al., 2016; Puspitasari et al., 2021; Waluyo et al., 2021; Wulandari et al., 2021).

Pada indikator analisis, nilai rata-rata yang diperoleh siswa sebesar 64% yang dapat diartikan masih 36% yang belum tercapai. Hal ini menunjukkan bahwa siswa memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik pada bagian analisis. Sesuai dengan penelitian terdahulu bahwa pada indikator analisis, siswa lebih kesulitan dalam merencanakan dan menguraikan dalam mencari penyelesaian suatu masalah (Bhakti et al., 2023; Martyaningrum et al., 2021; Muharram et al., 2019; Suastra et al., 2019a). Hal ini dapat dilihat berdasarkan analisis masing-masing indikator yang menunjukkan bahwa indikator analisis memiliki penyajian hasil yang dicapai siswa dalam kategori baik.

Pada indikator simpulan, nilai rata-rata yang diperoleh siswa sebesar 64% yang dapat diartikan masih 36% dari indikator yang belum tercapai siswa. Hasil ini menunjukkan bahwa siswa memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik pada indikator ini. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan bahwa pada indikator simpulan, siswa lebih kesulitan dalam merencanakan dan menguraikan dalam mencari penyelesaian masalah (Andriani et al., 2020; Bhakti et al., 2023; Martyaningrum et al., 2021; Nur'Azizah et al., 2021). Sesuai dengan persentase skor analisis per indikator yang menunjukkan bahwa indikator simpulan mempunyai penyajian hasil yang dicapai siswa lebih rendah dibandingkan indikator lainnya.

Pada indikator Evaluasi, nilai rata-rata siswa sebesar 60% yang berarti belum tercapai 40%. Hal ini menunjukkan bahwa siswa memiliki kemampuan pemecahan masalah yang cukup pada indikator Evaluasi. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan terkait analisis kemampuan pemecahan masalah yang menyatakan bahwa siswa memiliki presentase kebenaran yang lebih kecil pada tahap pemecahan masalah pada indikator Evaluasi (Bhakti et al., 2023; Martyaningrum et al., 2021; Muharram et al., 2019; Suastra et al., 2019b). Hal ini terjadi karena siswa cenderung melakukan kesalahan dalam perhitungan matematikanya.

Pada indikator Elaborasi, nilai rata-rata yang diperoleh siswa sebesar 60% yang termasuk dalam kategori cukup, dan yang belum memenuhi sebesar 40%. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa siswa memperoleh nilai terendah dalam menyelesaikan masalah (Mafarja et al., 2022; Muntaha et al., 2021; Saputri et al., 2020; Sulistyowarni et al., 2019). Hal ini dikarenakan peserta didik mengalami kesulitan pada saat dituntut untuk memberikan keterkaitan dengan hasil yang telah dijabarkan dengan konsep yang telah dipilih pada tahap Elaborasi.

Dengan melihat nilai rata-rata penyelesaian masalah siswa secara keseluruhan melalui tahapan pemecahan masalah, maka kemampuan pemecahan masalah siswa berada pada kategori baik. Capaian hasil yang diperoleh siswa tersebut dikarenakan siswa mengalami kendala pada saat menyelesaikan masalah dengan menggunakan prosedur yang tepat, siswa hanya terbatas menyelesaikan soal pada buku teks (modul), sehingga pada saat berhadapan dengan soal diluar konteks atau soal yang berhubungan dengan masalah nyata yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, siswa mengalami kendala pada saat menyelesaikan.

Kendala yang dialami siswa pada saat menyelesaikan soal bukan hanya dikarenakan kurangnya pemahaman terhadap materi yang telah diberikan oleh guru, tetapi juga pengetahuan yang telah dimilikinya dalam jangka panjang (long term memory)(Ernila Siringoringo et al., 2018). Selain itu untuk membantu siswa berhasil dalam menyelesaikan masalah (expert problem solver) yang dihadapi dengan memberikan kegiatan pembelajaran yang tepat dan membantu siswa untuk mengakses secara cepat pengetahuan yang telah tersimpan dalam long term memory.

Hasil penelitian ini belum dapat menggambarkan secara keseluruhan kemampuan berpikir kritis peserta didik di Merauke secara keseluruhan, namun penelitian ini dapat digunakan sebagai penelitian pendahuluan untuk memperoleh gambaran awal dalam merancang pembelajaran dan bahan ajar yang mendukung penerapan pendekatan PBL-STEM. Penelitian ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan pendekatan PBL digunakan untuk meningkatkan pembelajaran terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik di SMA, peserta didik dapat memahami lingkungan dan permasalahan yang dihadapi masyarakat modern tergantung pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya masalah sosial, sehingga dengan menggunakan pendekatan PBL-STEM pembelajaran akan lebih bervariasi dan inovatif peserta didik dapat mempelajari berbagai konsep akademik yang disandingkan dengan dunia nyata. Peserta didik terbantu untuk memperoleh pengetahuan yang utuh, mengembangkan keterampilan memecahkan masalah, serta mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritisnya.

SIMPULAN

Sesuai dengan hasil analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan di atas, dapat diketahui bahwa kemampuan berpikir kritis siswa kelas VIII pada materi suhu dan kalor secara keseluruhan berada pada kategori baik. Perolehan data tersebut dapat dijadikan acuan dalam merancang pembelajaran berbasis PBL-STEM dan bahan ajar lain yang dapat mendukung untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, khususnya di Papua. Saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya Berdasarkan hasil penelitian,

diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai model pembelajaran yang mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh tim yang mendukung penelitian ini dan Universitas Musamus yang telah mendanai publikasi ini.

REFERENSI

- Abdulah, & Wangid, M. N. (2021). The development of self-perception instrument of students' critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012156>
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Anagün Assoc, Ş. S. (2018). Teachers' Perceptions about the Relationship between 21st Century Skills and Managing Constructivist Learning Environments. *International Journal of Instruction*, 11(4), 825–840.
- Andriani, R., Hidayat, A., Supriana, E., & Anantanukulwong, R. (2020). Examining the relationship between students' motivation and critical thinking skills in learning torque and static equilibrium. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/3/032087>
- Ariani, T. (2020). Analysis of Students' Critical Thinking Skills in Physics Problems. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 3(1), 1–17. <https://doi.org/10.37891/kpej.v3i1.119>
- Bhakti, Y. B., Arthur, R., & Supriyati, Y. (2023). Development of an assessment instrument for critical thinking skills in Physics: A systematic literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2596(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2596/1/012067>
- Buevich, A. P., Varvus, S. A., & Terskaya, G. A. (2020). Investments in Human Capital as a Key Factor of Sustainable Economic Development. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 91). https://doi.org/10.1007/978-3-030-32015-7_44
- Ekasari, A. (2023b). Peningkatan Penguasaan Konsep dengan Menerapkan Problem Based Learning (PBL) Berbantuan Simulasi PhET. *Al Jahiz: Journal of Biology Education Research*, 4(1). <https://doi.org/10.32332/al-jahiz.v4i1.6292>
- Ekasari, A., & Algiranto. (2024). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Model Doctor Materi Kinematika pada Mahasiswa. *Journal Tecaher Education*, 5(4), 34–40.
- Ekasari, A., Algiranto, A., & Silubun, H. C. A. (2023a). Analisis Kesalahan Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Permasalahan Tipe Higher Order Thinking Skill (HOTS) Pada Mata Kuliah Fisika Modern. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 12(2). <https://doi.org/10.24114/jpf.v12i2.51594>
- Ekasari, A., Diantoro, M., & . P. (2023a). The Ability of Problem-based Learning (PBL) to Improve Problem-solving Skills on Heat Topic Among High School Students. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v8i10.13454>
- Ekasari, A., Diantoro, M., & Parno. (2018a). Peningkatan kemampuan Pemecahan masalah siswa SMAN 1 Gondang pada materi kalor dengan Pembelajaran berbasis masalah. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(1).
- Ekasari, A., Diantoro, M., & Parno. (2022). Pembelajaran Berbasis Masalah Mampu Meningkatkan Kemampuan Metakognisi Siswa SMA. *Journal On Teacher Education (JOTE)*, 4(2).

- Ekasari, A., Yuliatun, T., Fisika, P., Merauke, U. M., Kamizaun, J., & Lama, M. (2024). *Jurnal Pendidikan Fisika An Effort To Implement The Stem-Based*. 13, 13–17.
- Ekasari, Aprilita, Diantoro, Markus, Parno, P. (2022). *Pembelajaran Berbasis Masalah Mampu Meningkatkan Kemampuan Metakognisi Siswa SMA*. 4(2010), 724–730.
- Ernila Siringoringo, Yaumi, M. R., Santhalia, P. W., & Sentot Kusairi. (2018). Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Kelas Xi Sma Pada Materi Suhu Dan Kalor. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 6(2), 114–122.
- Estapa, A. T., & Tank, K. M. (2017). Supporting integrated STEM in the elementary classroom: a professional development approach centered on an engineering design challenge. *International Journal of STEM Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0058-3>
- Fauzana, Y., Ratnawulan, & Usmeldi. (2019). The effectiveness of physics learning materials using problem-based learning model integrated with local wisdom. *Journal of Physics: Conference Series*, 1185(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012087>
- Gumisirizah, N., Muwonge, C. M., & Nzabahimana, J. (2024). Boosting learning achievement in physics among Ugandan form-2 students: effect of problem-based learning. *Physics Education*, 59(1). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/acfebb>
- Gurcay, D., & Ferah, H. O. (2018). High School Students' Critical Thinking Related to Their Metacognitive Self-Regulation and Physics Self-Efficacy Beliefs. *Journal of Education and Training Studies*, 6(4), 125. <https://doi.org/10.11114/jets.v6i4.2980>
- Henukh, A., Astra, I. M., Ekasari, A., & Loupatty, M. (2024). Problem based learning (PBL): Improvment of students' metacognitive abilities. *AIP Conference Proceedings*, 3116(1). <https://doi.org/10.1063/5.0210267>
- Jamil, M., Hafeez, F. A., & Muhammad, N. (2024). Critical Thinking Development for 21st Century: Analysis of Physics Curriculum. *Journal of Social & Organizational Matters*, 3(1), 01–10. <https://doi.org/10.56976/jsom.v3i1.45>
- Kane, S. N., Mishra, A., & Dutta, A. K. (2016). Preface: International Conference on Recent Trends in Physics (ICRTP 2016). *Journal of Physics: Conference Series*, 755(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/755/1/011001>
- Kurniawan, W., Pathoni, H., Muliawati, L., Kurniawan, D. A., Romadona, D. D., Ningsi, A. P., & Dari, R. W. (2020). Relationship of science process skills and critical thinking of students in physics subject. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11), 5581–5588. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.081162>
- Laforce, M., Noble, E., & Blackwell, C. (2017). Problem-based learning (PBL) and student interest in STEM careers: The roles of motivation and ability beliefs. *Education Sciences*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/educsci7040092>
- Loppies, M., Badrujaman, A., & Sarkadi, S. (2021). The Effect of Problem Based Learning Models in Online Learning Settings on Student Cognitive Learning Outcomes in History Subjects. *Journal of Education Research and Evaluation*, 5(1), 148. <https://doi.org/10.23887/jere.v5i1.29654>
- Mafarja, N., Zulnaidi, H., & Mohd. Fadzil, H. (2022). Using Reciprocal Teaching Strategy to Improve Physics Students' Critical Thinking Ability. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(1), 1–14. <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11506>
- Malik, A., Yuningtias, U. A., Mulhayatiah, D., Chusni, M. M., Sutarno, S., Ismail, A., & Hermita, N. (2019). Enhancing problem-solving skills of students through problem solving laboratory model related to dynamic fluid. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032010>
- Manurung, S., & Pangabea, D. D. (2017). Analysis of Learning Tools in the study of Developmental of Interactive Multimedia Based Physic Learning Charged in Problem

- Solving. *Journal of Physics: Conference Series*, 846(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/846/1/012029>
- Martyaningrum, I. D., Juandi, D., & Jupri, A. (2021). The impact of problem based learning model through e-learning on students' critical thinking ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012085>
- Muharram, M. R. W., Prabawanto, S., & Jupri, A. (2019). Analysis of students' critical thinking skill of fractions on primary school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032119>
- Muntaha, M., Masykuri, M., & Prayitno, B. A. (2021). Content analysis of critical-rand creative-thinking skills in middle-school science books on environmental pollution material. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012138>
- Mustafa, P. S., & Dwiyoogo, W. D. (2020). Kurikulum Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan di Indonesia Abad 21. *JARTIKA Jurnal Riset Teknologi Dan Inovasi Pendidikan*, 3(2), 422–438. <https://doi.org/10.36765/jartika.v3i2.268>
- Negoro, R. A., Rusilowati, A., Aji, M. P., & Jaafar, R. (2020). Critical Thinking in Physics: Momentum Critical Thinking Test for Pre-service Teacher. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 9(1), 73–86. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v9i1.4834>
- Nouri, J., Zhang, L., Mannila, L., & Norén, E. (2020). Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9. *Education Inquiry*, 11(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/20004508.2019.1627844>
- Nur'Azizah, R., Utami, B., & Hastuti, B. (2021). The relationship between critical thinking skills and students learning motivation with students' learning achievement about buffer solution in eleventh grade science program. *Journal of Physics: Conference Series*, 1842(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012038>
- Nursiam, N. R., Widodo, W., & Ekasari, A. (2023). PBL: Improving Problem Solving Ability in Science Subject Materials. *Journal On Teacher Education*, 4(20), 242–250.
- Özsoy-Güneş, Z., Güneş, İ., Derelioğlu, Y., & Kırbaşlar, F. G. (2015). The Reflection of Critical Thinking Dispositions on Operational Chemistry and Physics Problems Solving of Engineering Faculty Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 448–456. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.688>
- Puspitasari, A. D., Suratno, & Yushardi. (2021). Analysis the development of spider learning models to improve student's critical thinking skills in natural science learning junior high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1832(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1832/1/012026>
- Putri, C. D., Pursitasari*, I. D., & Rubini, B. (2020). Problem Based Learning Terintegrasi STEM Di Era Pandemi Covid-19 Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 4(2), 193–204. <https://doi.org/10.24815/jipi.v4i2.17859>
- Putri, S. R., & Syafriani, S. (2020). Analysis development of guided inquiry based physics e-module to improve critical thinking ability of students high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1), 2–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012063>
- Rizaldi, R., Syahwin, & Ramadani. (2022). Jurnal Pendidikan MIPA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(September), 720–725.
- Saputra, M. R. D., & Kuswanto, H. (2019). The effectiveness of Physics Mobile Learning (PML) with HomboBatu theme to improve the ability of diagram representation and critical thinking of senior high school students. *International Journal of Instruction*, 12(2), 471–490. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12230a>
- Saputri, D. I., Sunarno, W., & Supriyanto, A. (2020). Measurement of critical thinking in physics: The identification of students' critical thinking skill through the work report on

- momentum conservation? *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/3/032073>
- Sheng, J., Amankwah-Amoah, J., & Wang, X. (2019). Technology in the 21st century: New challenges and opportunities. *Technological Forecasting and Social Change*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.009>
- Shidiq, A. S., & Yamtinah, S. (2019). Pre-service chemistry teachers' attitudes and attributes toward the twenty-first century skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042014>
- Suastra, I. W., Ristiati, N. P., Adnyana, P. P. B., & Kanca, N. (2019a). The effectiveness of Problem Based Learning - Physics module with authentic assessment for enhancing senior high school students' physics problem solving ability and critical thinking ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1171(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1171/1/012027>
- Suastra, I. W., Ristiati, N. P., Adnyana, P. P. B., & Kanca, N. (2019b). The effectiveness of Problem Based Learning - Physics module with authentic assessment for enhancing senior high school students' physics problem solving ability and critical thinking ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1171(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1171/1/012027>
- Sukmawati, A., Zayyina, G., Mozamb, A., & Zulfa, I. D. (2023). Perkembangan Pendidikan Dan Pembelajaran Era Society 5 . 0. In *HIJRI (Jurnal Mnajemen Kependidikan dan Keislaman)* (Vol. 12, Issue June).
- Sulistiyowarni, P. A. D., Prahani, B. K., Supardi, Z. A. I., & Jatmiko, B. (2019). The effectiveness of OR-IPA teaching model to improve students' critical thinking skills on senior high school physics subject. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3), 0–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032011>
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldelessie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2017). Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 663–682. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9723-0>
- van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 72, 577–588. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>
- Velmovská, K., Kiss, T., & Trúsiková, A. (2019). Critical thinking and physics education. *AIP Conference Proceedings*, 2152(September). <https://doi.org/10.1063/1.5124781>
- Waluyo, A. A., Hartono, & Sulhadi. (2021). Critical thinking skills assessment instrument in physics subjects: How to develop a four tier diagnostic test? *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/2/022011>
- Wang, S., Lin, X., Xiao, H., Bu, N., & Li, Y. (2022). Empirical Study on Human Capital, Economic Growth and Sustainable Development: Taking Shandong Province as an Example. *Sustainability (Switzerland)*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/su14127221>
- Wartono, W., Hudha, M. N., & Batlolona, J. R. (2018). How are the physics critical thinking skills of the students taught by using inquiry-discovery through empirical and theoretical overview? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(2), 691–697. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80632>
- Wulandari, R., Baedhowi, & Hindrayani, A. (2021). Measuring Critical Thinking Skills with the RED Model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1808(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1808/1/012030>