

E-Modul Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa: Analisis Kebutuhan Siswa Indonesia

Komarudin^{1*}

¹Pendidikan Matematika, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Indonesia

*komarudin@radenfatah.ac.id

Abstrak

Berpikir kreatif adalah salah satu kemampuan berpikir abad 21, karena memungkinkan individu untuk beradaptasi dengan cepat dengan berbagai perubahan yang terjadi. Integrasi e-modul dan STEM diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan bahan ajar berupa e-modul berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Subjek penelitian ini adalah 14 guru mata pelajaran matematika dan 39 siswa dari berbagai jenjang sekolah yang ada di Indonesia. Pengumpulan data dilakukan melalui teknik angket. Instrumen penelitian terdiri dari angket kebutuhan bahan ajar guru dan siswa terhadap e-modul berbasis STEM masing-masing yaitu 14 pertanyaan dan 13 pertanyaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa guru dan siswa merasa bahwa perlu dikembangkan e-modul terintegrasi STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa sendiri.

Kata Kunci: E-Modul, STEM, kemampuan berpikir kreatif.

Abstract

Creative thinking is one of the 21st century thinking skills, because it allows individuals to adapt quickly to various changes that occur. The integration of e-modules and STEM is expected to improve students' mathematical creative thinking skills. This study aims to analyze the need for teaching materials in the form of STEM-based e-modules in improving students' mathematical creative thinking skills. The subjects of this study were 14 mathematics teachers and 39 students from various school levels in Indonesia. Data collection is done through a questionnaire technique. The research instrument consisted of a questionnaire on the needs of teachers and students for STEM-based e-modules, each with 14 questions and 13 questions. The results showed that teachers and students felt that it was necessary to develop an integrated STEM e-module in improving students' own mathematical creative thinking skills.

Keywords: E-Modul; STEM; Creative Thinking Ability.

PENDAHULUAN

Transisi luar biasa sedang terjadi di tengah cepatnya perkembangan teknologi abad 21, perubahan yang radikal sedang terjadi hampir di semua bidang kehidupan. Menghadapi perubahan tersebut, dibutuhkan suasana pendidikan yang mampu mengembangkan dan menitik beratkan pada kemampuan berpikir yang diakui sebagai kemampuan berpikir abad 21 (González-Salamanca, Agudelo, & Salinas, 2020; Huda, Suherman, Komarudin, Syazali, & Umam, 2020). Kemampuan berpikir tersebut diantaranya kemampuan berpikir kreatif (Husain & Kaharu, 2020; Pency & Mbagho,

2021). Keterampilan berpikir kreatif dinilai sebagai kompetensi yang signifikan di abad ini karena memungkinkan siswa mampu menghadapi perkembangan semakin cepat (Amin, Jalal, & Amin, 2022; Reimers & Chung, 2019; Voogt & Roblin, 2010). Studi empiris sebelumnya telah menyarankan bahwa ada hubungan erat antara keterampilan berpikir kreatif dan kemampuan pemecahan masalah (Carr, 2000; Reichersdorfer et al., 2012; Sampson & Clark, 2009). Berpikir kreatif membantu siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang mendorong setiap individu untuk mengeksternalisasi dan merefleksi hasil penalaran/pemikirannya sendiri (Ekanara, Adisendjaja, & Hamdiyati, 2018). Selain itu, berpikir kreatif juga membantu mengembangkan kemampuan siswa dalam beradaptasi dengan berbagai perubahan yang terjadi (Junita, Supriatno, & Purwianingsih, 2021).

Kemampuan berpikir kreatif menjadi salah satu tujuan utama pembelajaran matematika sekolah (Rohmawati, Widodo, & Agustini, 2018; Salasiah et al., 2022). Hal ini sejalan dengan pendapat Ausubel (1964) yang menyatakan bahwa suatu pembelajaran harus menumbuhkan berpikir kreatif matematis siswa. Upaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa adalah dengan melibatkan siswa secara aktif melalui penggunaan modul elektronik (e-modul) dalam proses pembelajaran (Haspen, Syafriani, & Ramli, 2021; Kurnia & Sunarno, 2022; Mubarak, Ismet, & Kistiono, 2022; Suherman, Vidákovich, & Komarudin, 2020). Penggunaan e-modul pembelajaran sangat relevan dengan perkembangan teknologi saat ini (Azis, 2021; Padwa & Erdi, 2021; Sofyan, Anggereini, & Saadiah, 2019). E-modul sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran, terutama di pasca wabah covid 19 seperti saat ini (Priantini & Widiastuti, 2021; Ramadhani & Fitri, 2021).

E-modul adalah modul versi elektronik dimana akses melalui alat elektronik seperti komputer, laptop, tablet, dan smartphone (Endang, Pratiwi, & Lailiyatus, 2021; Rahmat & Jaya, 2020). Kelebihan e-modul dari bahan ajar cetak adalah e-modul dapat didukung dengan media interaktif seperti video, audio, animasi dan fitur interaktif lain yang dapat dimainkan dan diputar ulang oleh siswa (Sidiq, Najuah, & Lukitoyo, 2019; Sidiq & Suhendro, 2021; Wahyuningsih, 2022). E-modul dinilai bersifat inovatif karena dapat menampilkan bahan ajar yang lengkap, menarik, interaktif, dan mengemban fungsi kognitif siswa yang baik (Mardiana, Prayogi, Sukartika, Haslina, & Harizan, 2021; Prihatiningtyas & Alimah, 2021; Wijaya & Vidiанти, 2020). Selain itu, siswa lebih mudah memahami materi pembelajaran, dikarenakan pembahasan materi dalam e-modul interaktif mudah untuk dipahami (Dewi & Lestari, 2020; A. Hamid & Alberida, 2021; M. A. Hamid, Yuliawati, & Aribowo, 2020). Permasalahan implementasi model pembelajaran abad 21 dan tren penelitian terkini yaitu STEM juga banyak digunakan (Bicer, Boedeker, Capraro, & Capraro, 2015; Bicer et al., 2019; Bicer & Lee, 2019; Han, 2013; Sumarni, Rumpaka, Wardani, & Sumarti, 2022), tetapi belum ada yang mengembangkan e-modul berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Perpaduan e-modul dengan STEM diprediksi dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa, karena

dalam STEM siswa diajak untuk melakukan pembelajaran yang bermakna dalam memahami sebuah konsep dan bereksplorasi melalui sebuah kegiatan bersama, sehingga siswa terlibat aktif dalam prosesnya (Fadlina, Artika, Khairil, Nurmaliah, & Abdullah, 2021).

Beberapa temuan penelitian menyatakan bahwa dengan e-modul berbasis STEM dapat mempengaruhi kemampuan berpikir kritis siswa (Gandi, Haryani, & Setiawan, 2019; Purnamasari & Utomo, 2020), meningkatnya dapat mempengaruhi keterampilan literasi sains siswa (Widowati, Purwanto, & Akbar, 2021). Penggunaan e-modul berbasis STEM membuat siswa menjadi lebih aktif dalam pembelajaran, mereka mampu berkomunikasi dan berkolaborasi dalam pemecahan masalah dengan teman-temannya. Pembelajaran dengan menggunakan e-modul berbasis STEM akan membentuk karakter siswa yang mampu mengenali sebuah konsep atau pengetahuan (*science*) dan menerapkan pengetahuan tersebut dengan keterampilan (*technology*) yang dikuasainya untuk menciptakan atau merancang suatu cara (*engineering*) dengan analisa dan berdasarkan perhitungan data matematis (*mathematics*) dalam rangka memperoleh solusi dari masalah yang dihadapi dengan lebih mudah (Triana, Anggraito, & Ridlo, 2020; Utami, Jatmiko, & Suherman, 2018). Tujuan penelitian ini mengembangkan e-Modul Terintegrasi STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif kuantitatif melalui teknik survey. Subjek penelitian ini adalah 14 guru mata pelajaran matematika dan 39 siswa dari berbagai jenjang sekolah yang ada di Indonesia. Pengumpulan data dilakukan melalui teknik angket. Instrumen penelitian terdiri dari angket kebutuhan bahan ajar guru dan siswa terhadap e- modul berbasis STEM masing-masing yaitu 14 pertanyaan dan 13 pertanyaan. Pengumpulan data penelitian menggunakan teknik angket, yang dibantu dengan angket kebutuhan siswa dan angket kebutuhan guru. Angket tersebut dibuat dengan bantuan google form dan divalidasi oleh dosen pendidikan matematika, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang dan Universitas Raden Intan Lampung. Instrumen penelitian valid dan layak digunakan dalam pengumpulan data penelitian. Isi instrumen meliputi aspek kurikulum, proses pembelajaran, penggunaan media, kesesuaian media dengan kurikulum dan karakteristik siswa, daya tarik siswa dalam media pembelajaran, dan tingkat kesulitan materi pembelajaran. Data penelitian telah dianalisis secara otomatis dan bantuan ms. excel. Selanjutnya data penelitian berupa persentase respon siswa dan dosen yang dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis angket, guru menyatakan bahwa e-modul berbasis STEM diperlukan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Beberapa guru juga memberikan masukan agar e-modul ini memuat berbagai konten pembelajaran yang menarik, seperti video, animasi, dan gambar ilustrasi. Selain itu, e-modul tersebut

juga diharapkan memuat semua tahapan STEM. Kemajuan teknologi membuat pendidikan semakin membutuhkan bahan ajar yang mudah digunakan dan efektif. Hasil analisis kebutuhan guru terhadap e- modul berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Angket Kebutuhan Guru.

No	Item Soal	Tanggapan (%)
1	Apakah bahan ajar yang biasa digunakan di sekolah Anda?	Buku cetak, LKS, modul, dan lainnya: 92,86. E-modul: 7,14.
2	Bagaimana daya tarik bahan ajar cetak yang Anda gunakan saat ini?	76,79
3	Bagaimana hasil Belajar Siswa yang Anda ajar?	69,64
4	Apakah saat ini diperlukan bahan ajar berbasis elektronik, misalnya modul elektronik (E-modul) dalam pembelajaran matematika?	82,14
5	Apakah e-modul perlu dilengkapi dengan petunjuk belajar/petunjuk penggunaan?	89,29
6	Apakah e-modul perlu menggunakan bahasa yang jelas, efektif, dan tidak ambigu?	92,86
7	Apakah diperlukan e-modul yang berisi gambar, grafik maupun video yang berkaitan dengan pembelajaran matematika?	89,29
8	Apakah e-modul perlu memuat latihan-latihan soal tentang materi matematika?	87,50
9	Apakah diperlukan e-modul yang terintergrasi dengan <i>science, technology, engineering, and mathematics</i> (STEM)?	91,07
10	Apakah diperlukan e-modul yang valid dan praktis/menarik dalam proses pembelajaran?	83,93
11	Apakah e-modul perlu melalui uji keefektifitas?	89,29
12	Bagaimana kemampuan berpikir kreatif matematis siswa Anda saat ini?	67,86
13	Apakah kemampuan berpikir kreatif perlu bagi siswa?	92,86
14	Apakah diperlukan e-modul yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir kreatif siswa?	91,07

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa respon guru matematika diketahui bahwa penggunaan bahan ajar berupa e-modul masing sangat rendah, yaitu hanya mencapai 7,14%. Selain itu, guru menganggap bahwa bahan ajar berbasis elektronik, seperti e-

modul sangat dibutuhkan dalam pembelajaran matematika, yaitu hanya mencapai 82,14%. Sedangkan kebutuhan guru terhadap e-modul berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa tergolong sangat tinggi, yaitu mencapai 91,07%. Para Guru juga menganggap bahwa e-modul berbasis STEM tersebut hendaknya dilengkapi dengan petunjuk belajar/petunjuk penggunaan, menggunakan bahasa yang jelas, efektif, dan tidak ambigu, perlu memuat gambar, grafik maupun video yang berkaitan dengan pembelajaran matematika. Selain itu, e-modul sebaiknya memiliki kemenarikan/kepraktisan yang baik sehingga efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa

Berdasarkan keterampilan abad 21, salah satu hasil dari tujuan pembelajaran adalah siswa harus memiliki keterampilan berpikir kreatif, sehingga e-modul harus memuat soal-soal yang dapat melatih keterampilan berpikir kreatif matematis siswa. Hasil analisis kebutuhan guru terhadap e-modul berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Angket Kebutuhan Siswa.

No	Item Soal	Tanggapan (%)
1	Apakah bahan ajar yang biasa digunakan oleh guru Anda di sekolah?	Buku cetak, LKS, modul, dan lainnya: 94,9 E-modul: 5,1
2	Bagaimana daya tarik dan kepraktisan bahan ajar cetak yang Anda gunakan?	78,21
3	Bagaimana Nilai pelajaran matematika Anda pada ujian yang terakhir Anda lakukan	69,23
4	Apakah saat ini diperlukan bahan ajar elektronik, misalnya modul elektronik (E-modul) dalam pembelajaran matematika?	81,41
5	Apakah e-modul perlu dilengkapi dengan petunjuk belajar/petunjuk penggunaannya?	82,69
6	Apakah e-modul perlu menggunakan bahasa yang jelas, efektif, dan tidak ambigu?	88,46
7	Apakah diperlukan e-modul yang berisi gambar, grafik maupun video yang berkaitan dengan pembelajaran matematika?	89,74
8	Apakah e-modul perlu memiliki latihan soal tentang materi matematika yang sedang dipelajari?	88,46
9	Apakah perlu e-modul yang terintegrasi dengan <i>science, technology, engineering, and mathematics</i> (STEM)?	80,77
10	Apakah diperlukan e-modul yang praktis dan/atau menarik dalam pelajaran matematika?	92,31

11	Bagaimana kemampuan berpikir kreatif diperlukan bagi Anda?	88,46
12	Apakah kemampuan berpikir kreatif Anda perlu dikembangkan?	89,74
13	Apakah Anda perlu e-modul yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir kreatif siswa dalam pembelajaran matematika?	87,82

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa respon siswa diketahui bahwa penggunaan bahan ajar berupa e-modul masing sangat rendah, yaitu hanya mencapai 6,1%. Selain itu, siswa menganggap bahwa bahan ajar berbasis elektronik, seperti e-modul sangat dibutuhkan dalam pembelajaran matematika, yaitu hanya mencapai 81,41%. Sedangkan kebutuhan guru terhadap e-modul berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa tergolong sangat tinggi, yaitu mencapai 80,77%. Siswa juga menganggap bahwa e-modul berbasis STEM tersebut hendaknya dilengkapi dengan petunjuk belajar/petunjuk penggunaan, menggunakan bahasa yang jelas, efektif, dan tidak ambigu, perlu memuat gambar, grafik maupun video yang berkaitan dengan pembelajaran matematika. Selain itu, e-modul sebaiknya memiliki kemenarikan/kepraktisan yang baik sehingga efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa.

Penggunaan teknologi dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi guru dan siswa dalam belajar. Berdasarkan hasil tanggapan guru dan siswa mengenai penggunaan e-modul, ditemukan bahwa guru dan siswa membutuhkan e-modul karena mereka menganggap lebih mudah dan lebih praktis digunakan. Kepraktisan e-modul bagi guru menjadi salah satu faktor yang membuat mereka mempertimbangkan untuk mengganti modul cetak menjadi bahan ajar elektronik, berdasarkan hasil tanggapan, 78% guru menyatakan sedang mempertimbangkan untuk mengganti modul cetak ke elektronik. modul, dan 73% siswa menyatakan bahwa mereka memiliki modul elektronik daripada modul cetak. Penggunaan teknologi dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pembelajaran (Komarudin, Rosmawati, & Suherman, 2020; Schlegel et al., 2019; Vieira & Tenreiro-Vieira, 2016). Kelebihan e-modul dibandingkan modul cetak adalah lebih interaktif dan mampu menampilkan gambar, audio, video dan animasi dan e- modul juga dilengkapi dengan tes/kuis formatif yang melatih siswa untuk merespon dengan cepat (Hidayati, Saputra, & Efendi, 2020). Para guru juga meyakini bahwa modul e-learning yang terintegrasi dengan STEM akan lebih praktis untuk digunakan. Selain itu, dengan STEM, siswa akan mendapat kesempatan untuk belajar dengan memanfaatkan konsep Sains, memanfaatkan Teknologi, belajar mendesain (*Engineering*), dan menerapkan Matematika, sehingga pembelajaran menjadi lebih berkesan.

Penggunaan e-modul di abad 21, sudah seharusnya hal biasa dalam proses pembelajaran matematika (Syahrul, 2020). Selain itu, penggunaan e-modul terintegrasi STEM diharapkan dapat membantu siswa dalam menguasai materi pembelajaran

(Asrial, Syahrial, Kurniawan, & Zulkhi, 2021; Rahayu & Sukardi, 2021; Rahmat & Jaya, 2020). STEM memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengintegrasikan interdisipliner seperti sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam pembelajaran biologi sehingga keterampilan siswa dapat dikembangkan (Khalil & Osman, 2017; Kubat & Guray, 2018). Khalil & Osman (2017) dan Nugroho, Permanasari, & Firman (2019) menyatakan bahwa STEM dapat meningkatkan keterampilan abad 21 siswa, seperti kemampuan berpikir kreatif (Ridlo, Nuha, Terra, & Afafa, 2020; Suherman et al., 2020). siswa sangat siap untuk menggunakan e-modul yang terintegrasi STEM karena semua siswa memiliki smartphone yang dapat digunakan untuk mengaksesnya (Safitri, Haryanto, & Harizon, 2021).

Beberapa peneliti hanya menjelaskan bahwa e-modul yang efektif adalah yang mudah diakses oleh siswa dimana saja dan kapan saja dengan smartphone dan dapat membantu siswa memahami konsep materi sehingga dapat dicapai hasil belajar (Fadieny & Fauzi, 2019; Rahmatsyah & Dwiningsih, 2021; Yusuf, Widyaningsih, Prasetyo, & Istiyono, 2020). Selanjutnya siswa tertarik dengan e-modul berbasis STEM karena mereka akan lebih memperhatikan dengan baik materi pembelajaran yang disampaikan melalui video pembelajaran, karena siswa lebih tertarik dan antusias dengan tampilan video pembelajaran yang tidak membosankan (Devi & Subali, 2021). Banyaknya keinginan siswa dengan adanya e-modul harus menjadi salah satu prioritas utama bagi guru dalam proses pembelajaran. Selama ini siswa belum pernah menggunakan media pembelajaran yang terintegrasi dengan tipe STEM. Adanya e-modul berbasis STEM menjadi salah satu tolak ukur bagi siswa untuk mengetahui tingkat pemahamannya terhadap materi dan menuntut kesiapan siswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir kreatifnya. Adanya e-modul interaktif juga dapat memfasilitasi pembelajaran baik secara tatap muka (*offline*) maupun online.

KESIMPULAN

Siswa dan guru menganggap perlu adanya bahan ajar berupa e-modul berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Selanjutnya, hasil penelitian ini harapannya dapat digunakan sebagai dasar yang kuat untuk mengembangkan e-modul berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa melalui metode Research and Development (R&D).

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Jalal, S., & Amin, H. (2022). Influence of 21st Century Learning Skills on Students' Academic Performance: Evidence from University Context. *Journal of Educational Research and Social Sciences Review (JERSSR)*, 2(1), 39–44.
- Asrial, A., Syahrial, S., Kurniawan, D. A., & Zulkhi, M. D. (2021). The Relationship Between the Application of E-Modules Based on Mangrove Forest Ecotourism on The Peace-Loving Character of Students. *Journal of Education Technology*, 5(3), 331–338.
- Ausubel, D. P. (1964). Creativity, general creative abilities, and the creative individual. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, i–v.

- Azis, H. (2021). Preliminary research in the development of smartphone-based e- module learning materials using the ethno-STEM approach in 21st century education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876(1), 012054. IOP Publishing.
- Bicer, A., Boedeker, P., Capraro, R., & Capraro, M. (2015). The effects of STEM PBL on students' mathematical and scientific vocabulary knowledge. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 2(2), 69–75.
- Bicer, A., & Lee, Y. (2019). Effect of STEM PBL embedded informal learning on student interest in STEM majors and careers. *Journal of Mathematics Education*, 12(1), 57–73.
- Bicer, A., Lee, Y., Capraro, R. M., Capraro, M. M., Barroso, L. R., & Rugh, M. (2019). Examining the Effects of STEM PBL on Students' Divergent Thinking Attitudes Related to Creative Problem Solving. *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–6. IEEE.
- Carr, C. S. (2000). *The effect of computer-supported collaborative argumentation (CSCA) on argumentation skills in second-year law students*. The Pennsylvania State University.
- Devi, B. S., & Subali, B. (2021). Pengembangan Video Pembelajaran Fisika Berbasis STEM untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Siswa. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 10(2), 155–165.
- Dewi, M. S. A., & Lestari, N. A. P. (2020). E-modul interaktif berbasis proyek terhadap hasil belajar siswa. *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(3), 433–441.
- Ekanara, B., Adisendjaja, Y. H., & Hamdiyati, Y. (2018). Hubungan kemampuan penalaran dengan keterampilan argumentasi siswa pada konsep sistem pencernaan melalui PBL (Problem Based Learning). *Biodidaktika: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 13(2).
- Endang, S., Pratiwi, P. R., & Lailiyatus, S. H. (2021). E-book of metacognitive learning strategies: Design and implementation to activate student's self- regulation. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 16(1).
- Fadieny, N., & Fauzi, A. (2019). The analysis of instructional media in development of lightning e-module for Physics learning in Senior High School. *Journal of Physics: Conference Series*, 1185(1), 012078. IOP Publishing.
- Fadlina, F., Artika, W., Khairil, K., Nurmaliah, C., & Abdullah, A. (2021). Penerapan Model Discovery Learning Berbasis STEM pada Materi Sistem Gerak Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(1), 99–107.
- Gandi, A. S. K., Haryani, S., & Setiawan, D. (2019). The effect of project-based learning integrated STEM toward critical thinking skill. *Journal of Primary Education*, 8(7), 18–23.
- González-Salamanca, J. C., Agudelo, O. L., & Salinas, J. (2020). Key Competences, Education for Sustainable Development and Strategies for the Development of 21st Century Skills. A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(24), 10366.
- Hamid, A., & Alberida, H. (2021). Pentingnya Mengembangkan E-Modul Interaktif

- Berbasis Flipbook di Sekolah Menengah Atas. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(3), 911–918.
- Hamid, M. A., Yuliawati, L., & Aribowo, D. (2020). Feasibility of Electromechanical Basic Work E-Module as a New Learning Media for Vocational Students. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 14(2), 199–211.
- Han, S. Y. (2013). *The impact of STEM PBL teacher professional development on student Mathematics achievement in high schools*.
- Haspen, C. D. T., Syafriani, S., & Ramli, R. (2021). Validitas E-Modul Fisika SMA Berbasis Inkuiri Terbimbing Terintegrasi Etnosains untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *JURNAL EKSAKTA PENDIDIKAN (JEP)*, 5(1), 95–101.
- Hidayati, A., Saputra, A., & Efendi, R. (2020). Development of E-Module Oriented Flipped Classroom Strategies in Computer Network Learning. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 4(3), 429–437.
- Huda, S., Suherman, S., Komarudin, K., Syazali, M., & Umam, R. (2020). *The Effectiveness of Al-Qurun Teaching Model (ATM) Viewed from Gender Differences: The Impact on Mathematical Problem-Solving Ability*. <https://doi.org/doi:10.1088/1742-6596/1467/1/012001>
- Husain, R., & Kaharu, A. (2020). Menghadapi Era Abad 21: Tantangan Guru Pendidikan Anak Usia Dini di Kabupaten Bone Bolango. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 5(1), 85–92.
- Junita, A., Supriatno, B., & Purwianingsih, W. (2021). Profil keterampilan kolaborasi siswa SMA pada praktikum maya sistem ekskresi. *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*, 4(2), 50–57.
- Khalil, N., & Osman, K. (2017). STEM-21CS module: Fostering 21st century skills through integrated STEM. *K-12 STEM Education*, 3(3), 225–233.
- Komarudin, K., Rosmawati, N., & Suherman, S. (2020). The effect of algebra finger-based brain gym method to improve student learning outcomes. *Eduma: Mathematics Education Learning and Teaching*, 8(2), 80–88.
- Kubat, U., & Guray, E. (2018). To STEM or not to STEM? That is not the question. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 13(3), 388–399.
- Kurnia, A., & Sunarno, W. (2022). Development of Scientific-based Science E-modules on Vibration and Wave Materials to Improve Students' Creative Thinking Skill. *International Journal of Early Childhood Special Education*, 14(1).
- Mardiana, N., Prayogi, S. Y., Sukartika, S., Haslina, S., & Harizan, M. (2021). Android-Based Digital Teaching Materials as Online Learning in New Normal Era to Improve Physics HOTS for High School Students. *Journal of Natural Science and Integration*, 5(1), 90–95.
- Mubarok, A. Z. Z., Ismet, I., & Kistiono, K. (2022). Pengembangan Modul Elektronik Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik Pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 87–98.

- Nugroho, O. F., Permanasari, A., & Firman, H. (2019). The movement of stem education in Indonesia: Science teachers' perspectives. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(3), 417–425.
- Padwa, T. R., & Erdi, P. N. (2021). Penggunaan E-Modul Dengan Sistem Project Based Learning. *JAVIT: Jurnal Vokasi Informatika*, 21–25.
- Pendy, A., & Mbagho, H. M. (2021). Model Pembelajaran Number Head Together (NHT) Pada Materi Relasi dan Fungsi. *Jurnal Basicedu*, 5(1), 165–177.
- Priantini, D. A. M. M. O., & Widiastuti, N. L. G. K. (2021). How Effective is Learning Style Material with E-modules During The COVID-19 Pandemic? *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 5(2), 307–314.
- Prihatiningtyas, S., & Alimah, S. (2021). Reconstruction of E-Module of Circular Motion Based Guided Inquiry. *SEJ (Science Education Journal)*, 5(1), 59–73.
- Purnamasari, D., & Utomo, S. B. (2020). Analysis of STEM-PBL based e-module needs to improve students' critical-thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1511(1), 012096. IOP Publishing.
- Rahayu, I., & Sukardi, S. (2021). The Development Of E-Modules Project Based Learning for Students of Computer and Basic Networks at Vocational School. *Journal of Education Technology*, 4(4), 398–403.
- Rahmat, M. H., & Jaya, H. S. (2020). The Development of Flip Book-based E- module on the Subject of Computer Aided Manufacturing (Cam). *BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 8(2), 55–62.
- Rahmatsyah, S., & Dwiningsih, K. (2021). Development of interactive E-Module on the periodic system materials as an online learning media. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 255–261.
- Ramadhani, R., & Fitri, Y. (2021). EPUB3 based mathematical e-modules using the sigil application as a solution in teaching and learning process through covid-19 pandemic. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 11(1).
- Reichersdorfer, E., Vogel, F., Fischer, F., Kollar, I., Reiss, K., & Ufer, S. (2012). Different collaborative learning settings to foster mathematical argumentation skills. *Proceedings of the 36th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 3, 345–352. Taiwan: PME.
- Reimers, F. M., & Chung, C. K. (2019). *Teaching and learning for the twenty-first century: Educational goals, policies, and curricula from six nations*. Harvard Education Press.
- Ridlo, Z. R., Nuha, U., Terra, I. W. A., & Afafa, L. (2020). The implementation of project-based learning in STEM activity (water filtration system) in improving creative thinking skill. *Journal of Physics: Conference Series*, 1563(1), 012073. IOP Publishing.
- Rohmawati, E., Widodo, W., & Agustini, R. (2018). Membangun kemampuan literasi sains siswa melalui pembelajaran berkonteks socio-scientific issues berbantuan media weblog. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(1), 8–14.
- Safitri, R., Haryanto, H., & Harizon, H. (2021). Development of PBL-STEM- based E-

- LKPD to improve students' science literacy skills on reaction rate materials. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 13(2), 113–129.
- Salasiah, S., Hariyanto, D., Ahini, T., Widhiastuti, A., Adawiyah, R., Erdiningsih, E., ... Haryono, A. (2022). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi dan Keterlaksanaan Pembelajaran IPA Secara Daring Melalui Lesson Study. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(1), 20–32.
- Sampson, V., & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93(3), 448–484.
- Schlegel, R. J., Chu, S. L., Chen, K., Deuermeyer, E., Christy, A. G., & Quek, F. (2019). Making in the classroom: Longitudinal evidence of increases in self-efficacy and STEM possible selves over time. *Computers & Education*, 142, 103637.
- Sidiq, R., Najuah, N., & Lukitoyo, P. S. (2019). *Utilization of Android-Based Interactive E-Modules*.
- Sidiq, R., & Suhendro, P. (2021). Utilization of Interactive E-Modules in Formation of Students's Independent Characters in the Era of Pandemic. *International Journal of Educational Research & Social Sciences*, 2(6), 1651–1657.
- Sofyan, H., Anggereini, E., & Saadiah, J. (2019). Development of E-Modules Based on Local Wisdom in Central Learning Model at Kindergartens in Jambi City. *European Journal of Educational Research*, 8(4), 1137–1143.
- Suherman, S., Vidákovich, T., & Komarudin, K. (2020). STEM-E: Fostering Mathematical Creative Thinking Ability in The 21st Century. *The 1st South East Asia-Science, Technology, Engineering and Mathematics International Conference 2020*.
- Sumarni, W., Rumpaka, D. S., Wardani, S., & Sumarti, S. S. (2022). STEM-PBL- Local Culture: Can It Improve Prospective Teachers' Problem-solving and Creative Thinking Skills? *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 3(2), 70–79.
- Syahrul, R. (2020). The Development Of E-Modules Based on Adobe Flash For Indonesian Subjects At IAIN Bukittinggi. *Journal of Physics: Conference Series*, 1471(1), 012002. IOP Publishing.
- Triana, D., Anggraito, Y. U., & Ridlo, S. (2020). Effectiveness of environmental change learning tools based on STEM-PjBL towards 4C skills of students. *Journal of Innovative Science Education*, 9(2), 181–187.
- Utami, T. N., Jatmiko, A., & Suherman, S. (2018). Pengembangan Modul Matematika dengan Pendekatan Science, Technology, Engineering, And Mathematics (STEM) pada Materi Segiempat. *Desimal: Jurnal Matematika*, 1(2), 165–172.
- Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2016). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(4), 659–680.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2010). 21st century skills. *Discussienota. Zoetermeer: The Netherlands: Kennisnet*, 23(03), 2000.
- Wahyuningsih, S. (2022). Developing Android-Based Interactive E-Modules on

- Trigonometry to Enhance the Learning Motivation of Students. *IJIM*, 16(02), 159.
- Widowati, C., Purwanto, A., & Akbar, Z. (2021). Problem-based learning integration in STEM education to improve environmental literacy. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 8(7), 374–381.
- Wijaya, J. E., & Vidiyanti, A. (2020). The Effectiveness of Using Interactive Electronic Modules on Student Learning Outcomes in Education Innovation Course. *International Conference on Progressive Education (ICOPE 2019). Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 422, 86–89.
- Yusuf, I., Widyaningsih, S. W., Prasetyo, Z. K., & Istiyono, E. (2020). Higher order thinking skills (HOTS)-oriented e-module in electric circuit. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2), 022027. IOP Publishing.