

Analisis Kebutuhan Pengembangan Bahan Ajar Digital Fisika Berbasis Project Based Learning Terintegrasi Pendekatan STEM

Selma Riyasni¹, Intan Purnama Yani², Widia Kemala Sari³, Zulhendra⁴

^{1, 2, 3, 4}Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Bar., Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat 25171

Selma.r@fmipa.unp.ac.id

Abstract

21st century learning is suggested to be based on information and communication technology, for example using digital teaching materials. The learning model used is an innovative learning model that improves students' 21st century skills such as project based learning which is also suggested in the independent curriculum. The use of project based learning learning models is considered effective if it integrates the STEM approach. The initial step in developing STEM-integrated PjBL-based digital teaching materials is to conduct an analysis of the needs of teachers and students. The purpose of this study is to describe the results of the analysis of the needs for the development of digital teaching materials based on the integrated PjBL learning model with the STEM approach. The subjects of this study were 22 physics teachers and 50 students of SMAN 2 Bukittinggi. Data collection through questionnaires, then analyzed to obtain conclusions. The conclusions from this study show 1) learning still does not use digital teaching materials, 2) it is necessary to develop teaching materials based on the PjBL learning model that is integrated with STEM to assist student project assignments.

Keywords: Digital Teaching Materials, PjBL, STEM

Abstrak

Pembelajaran abad ke 21 disarankan berbasis teknologi informasi dan komunikasi, misalnya menggunakan bahan ajar digital. Model pembelajaran yang digunakan berupa model pembelajaran inovatif yang meningkatkan keterampilan abad ke 21 siswa seperti project based learning yang juga disarankan dalam kurikulum merdeka. Penggunaan model pembelajaran project based learning dinilai efektif jika mengintegrasikan pendekatan STEM. Langkah awal pengembangan bahan ajar digital berbasis PjBL terintegrasi STEM adalah melakukan analisis kebutuhan guru dan siswa. Tujuan penelitian ini yaitu mendeskripsikan hasil analisis kebutuhan pengembangan bahan ajar digital berbasis model pembelajaran PjBL terintegrasi Pendekatan STEM. Subjek penelitian ini adalah 22 orang guru fisika dan 50 orang siswa SMAN 2 Bukittinggi. Pengumpulan data melalui kuisioner, kemudian dilakukan analisis untuk memperoleh kesimpulan. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan 1) pembelajaran masih belum menggunakan bahan ajar digital, 2) dibutuhkan pengembangan bahan ajar berbasis model pembelajaran PjBl yang terintegrasi STEM untuk membantu tugas proyek siswa.

Kata Kunci : Bahan Ajar digital, PjBl, STEM

Copyright (c) 2023 Selma Riyasni, Intan Purnama Yani, Widia Kemala Sari², Zulhendra

Corresponding author: Selma Riyasni, Intan Purnama Yani, Widia Kemala Sari², Zulhendra

Email Address: Selma.r@fmipa.unp.ac.id (Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Bar., Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat 25171)

Received 18 June 2023, Accepted 21 June 2023, Published 27 June 2023

PENDAHULUAN

Pendidikan memegang peranan penting dalam kehidupan. Di abad ke-21 diperlukan berbagai keterampilan yang harus dimiliki oleh siswa agar dapat bertahan ditengah derasnya arus globalisasi. Lulusan pendidikan seharusnya memiliki kemampuan yang memadai untuk dapat eksis pada abad ke-21 (Asrizal et al., 2017). Pemerintah melalui kementerian Pendidikan dan kebudayaan riset dan teknologi telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan kualitas Pendidikan. Salah satu usaha

yang dilakukan adalah melalui perbaikan kurikulum dari kurikulum 2013 menjadi kurikulum merdeka. (Badan Standar, Kurikulum, 2022) menjelaskan pelaksanaan pembelajaran yang dirancang untuk memberi pengalaman belajar yang berkualitas, interaktif, dan kontekstual. Untuk melaksanakan amanat kurikulum tersebut, pembelajaran diarahkan dengan model pembelajaran inovatif yang memperkaya pengetahuan dan keterampilan siswa.

Salah satu model pembelajaran yang bisa digunakan adalah model pembelajaran berbasis proyek atau project based learning. Pembelajaran Berbasis Proyek telah menjadi pendekatan pendidikan yang banyak digunakan beberapa tahun terakhir disebabkan pembelajaran yang berpusat pada siswa (Tasci, 2015). Penggunaan model pembelajaran ini sudah disarankan sejak diluncurkannya kurikulum 2013 sebagai salah satu model pembelajaran inovatif yang bisa digunakan guru. Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) mengacu pada model inquiry-based instructional yang melibatkan peserta didik dalam konstruksi pengetahuan dengan meminta mereka menyelesaikan proyek yang bermakna dan mengembangkan produk dunia nyata (Brundiers & Wiek, 2013; Guo et al., 2020; Krajcik & Shin, 2014). Pembelajaran berbasis proyek adalah model pembelajaran yang melibatkan siswa dalam suatu kegiatan (proyek) yang menghasilkan suatu produk. Keterlibatan siswa dimulai dari perencanaan, perancangan, pelaksanaan, dan pelaporan hasil kegiatan berupa produk dan laporan pelaksanaan (Ayuni et al., 2022). Pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek akan lebih baik jika diintegrasikan dengan pendekatan STEM.

STEM merupakan sebuah pendekatan interdisipliner antara sains, teknologi, teknik dan matematika, didalamnya terdapat empat aspek yang bersesuaian dengan pembelajaran berbasis masalah yang dapat menciptakan pembelajaran yang aktif dan menyatukan konsep yang abstrak dari setiap aspek (Force, 2014; Rochim et al., 2021; Siahaan et al., 2020). STEM sebagai pendekatan integratif menyelidiki proses belajar mengajar antara dua atau lebih bidang matapelajaran (Sanders, 2009; Shiva Irfana, Dwi Yulianti, 2019). Pendekatan STEM merupakan pembelajaran dengan menggunakan pengalaman melalui kegiatan berproyek, salah satu tujuannya untuk melatih keterampilan pemecahan masalah pada kehidupan sehari-hari (Kristiani et al., 2017). Hasil penelitian (Mu'minah & Aripin, 2019) menunjukkan penerapan pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan keterampilan abad ke-21 terutama pada keterampilan kolaborasi dengan sangat baik. Pendekatan STEM memiliki pengaruh positif pada keterampilan pemecahan masalah siswa, komunikasi, kerja sama, teknologi informasi, kepemimpinan, manajemen diri, dan tanggung jawab (Baran et al., 2021; Netwong, 2018). Integrasi pendekatan STEM dapat membantu siswa dalam menganalisis dan memecahkan permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari (Izza & Hartono, 2021).

Pengintegrasian pendekatan STEM pada model pembelajaran project based learning merupakan salah satu inovasi yang dapat dilakukan guru untuk melatih keterampilan proses sains (Bhakti et al., 2020). Hasil penelitian (Lou et al., 2017) menemukan pembelajaran PjBL yang terintegrasi pendekatan STEM memberikan pengaruh positif pada kreativitas, rasa ingin tahu,

petualangan dan tantangan. (Rahmawati et al., 2021) menemukan dampak positif dari pembelajaran PjBL-STEM untuk mengembangkan berpikir kritis siswa pada pembelajaran kimia.

STEM PjBL di sekolah menengah meningkatkan self-efficacy siswa untuk mencapai tingkat prestasi yang lebih tinggi yang merupakan persyaratan pendidikan untuk peluang kerja di masa depan (Samsudin et al., 2020). Agar pembelajaran PjBL terintegrasi pendekatan STEM terarah, guru dapat menggunakan bahan ajar yang dapat dibagikan kepada siswa. Terdapat berbagai macam jenis bahan ajar yaitu diantaranya, buku pelajaran, modul handout, LKS, dan bahan ajar jenis lainnya yang pada saat ini banyak digunakan di berbagai sekolah (Indariani et al., 2018). Distribusi bahan ajar di Indonesia saat ini tidak sebanding dengan jumlah sekolah, serta bahan ajar yang ada mempunyai banyak kekurangan misalnya mudah rusak, monoton, dan membutuhkan ruang yang banyak, sehingga tidak menarik bagi siswa (Utami & Atmojo, 2021).

Perlu inovasi dalam perancangan dan pengembangan bahan ajar salah satunya mengaplikasikan teknologi informasi melalui bahan ajar digital. Bahan ajar digital merupakan komponen penting dalam tercapainya tujuan pembelajaran (Prastyo et al., 2021). Bahan ajar digital dapat digunakan sebagai alat komunikasi antara guru dan siswa dalam proses pembelajaran tatap maya maupun pembelajaran tatap muka. Penggunaan bahan ajar digital efektif untuk pembelajaran mandiri, sehingga siswa masih bisa belajar walaupun tidak didampingi guru (Mella et al., 2022).

Langkah awal dalam proses pengembangan bahan ajar digital dalam melakukan analisis kebutuhan. Penelitian ini difokuskan pada kebutuhan guru dan siswa terhadap bahan ajar digital dalam pembelajaran. Kontribusi penelitian ini adalah sebagai acuan dalam pengembangan bahan ajar digital berbasis model pembelajaran project based learning yang terintegrasi pendekatan STEM. Bahan ajar ini diperuntukkan pada siswa kelas X fase E yang telah menggunakan kurikulum merdeka dalam proses pembelajarannya.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan menyebar angket wawancara secara online menggunakan google form pada guru dan siswa. Pengambilan data dilakukan terhadap guru dan siswa kelas X Fase E SMAN 2 Bukittinggi. Angket guru digunakan untuk mengetahui proses pembelajaran yang dilakukan guru, bahan ajar yang pernah digunakan guru, penggunaan model pembelajaran PjBL serta penggunaan STEM dalam pembelajaran. Sedangkan angket siswa digunakan untuk mendeskripsikan pembelajaran yang mereka alami dan perangkat pembelajaran apa saja yang sudah digunakan guru dalam pembelajaran. Selain itu, angket siswa juga mendeskripsikan pendapat mereka terkait kebutuhan mereka terhadap bahan ajar digital yang berbasis Langkah-langkah model pembelajaran project based learning dan diintegrasikan dengan pendekatan STEM.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil penelitian diperoleh dari angket wawancara guru dan kuisisioner siswa. Responden merupakan 2 orang guru dan 50 orang Siswa kelas X Fase E SMAN 2 Bukittinggi. Hasil wawancara dengan guru menggunakan pertanyaan singkat yang dikirim melalui google form diperoleh bahwa dari 2 guru SMAN 2 Bukittinggi yang mengisi angket, keduanya merupakan guru yang sudah mengajar lebih dari 10 tahun, salah satu diantara mereka telah mengajar menggunakan kurikulum merdeka. Jawaban wawancara terikait pembelajaran dilaksanakan dan bahan ajar yang digunakan guru dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kebutuhan Guru

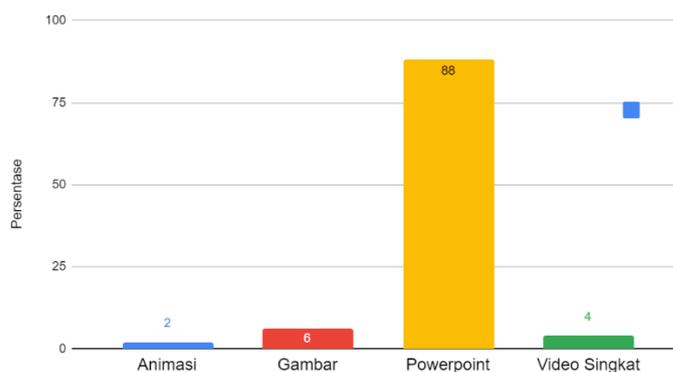
No	Pertanyaan I	Jawaban
1	Kurikulum yang Bapak/Ibu gunakan saat ini?	50% Guru menjawab sudah menggunakan kurikulum Merdeka
2	Model pembelajaran apa saja yang Bapak/Ibu gunakan dalam proses pembelajaran dengan kurikulum merdeka?	50 % guru menjawab sudah menggunakan model pembelajarn <i>Project Based Learning</i> .
3	Bahan ajar apa sajakah yang Bapak/Ibu manfaatkan ketika pembelajaran di kelas?	Bahan ajar cetak dan Elektronik dalam bentuk Modul, LKPD
4	Berikan alasan kenapa Bapak/Ibu telah memilih bahan ajar untuk digunakan?	100 % guru menjawab dapat membantu dalam proses pembelajaran untuk mencapai tujuan yang diharapkan serta memudahkan penyampaian materi dan pengelolaan kelas
5	Sepegetahuan Bapak/Ibu bagaimana kemampuan siswa setelah menggunakan bahan ajar yang digunakan ?	100 % guru setuju kemampuan siswa meningkat dan siswa lebih mudah menguasai pembelajaran.
6	Bagaimana buku pegangan siswa jika dilihat dari aspek penampilan dan kelengkapan muatan informasinya?	<ul style="list-style-type: none"> • Belum menarik untuk semua jenis gaya belajar siswa, informasi yang ada belum lengkap • Penampilan perlu dibuat lebih menarik • Muatan informasi kontekstual yang perlu ditambahkan
7	Dalam Menyusun tugas proyek, apakah Bapak/Ibu membekali siswa dengan LKPD yang sesuai dengan Langkah-langkah Pjbl?	100 % guru sudah membekali siswa dengan LKPD yang sesuai dengan Langkah PjBL
8	Apakah bapak ibu menerapkan STEM dalam pembelajaran berbasis proyek?	50% guru yang melaksanakan pembelajaran berbasis PjBL telah menggunakan STEM
9	Apakah dibutuhkan dalam pembelajaran diterapkan bahan ajar digital yang bisa diakses siswa menggunakan smartphone untuk pembelajaran dikelas?	100 % guru menyatakan bahan ajar digital dibutuhkan untuk pembelajaran di kelas, karena masih minim
10	Apakah dibutuhkan dalam pembelajaran diterapkan bahan ajar digital yang bisa	100 % guru menyatakan bahan ajar digital dibutuhkan untuk pembelajaran mandiri

No	Pertanyaan I	Jawaban
	diakses siswa menggunakan smartphone untuk belajar mandiri?	

Bersasarkan Tabel 1. Guru sudah melaksanakan model pembelajaran project based learning dalam menerapkan kurikulum merdeka. Pada proses pembelajaran, guru sudah membekali peserta didik dengan bahan ajar berupa modul baik cetak maupun elektronik. Berdasarkan pendapat guru, penggunaan bahan ajar dapat meningkatkan kemampuan peserta didik. Pernyataan ini sejalan dengan penelitian (Santana et al., 2019) yang menyatakan bahwa terdapat respon positif dari pengguna bahan ajar digital. Namun, pertanyaan mengenai pendapat guru tentang buku pegangan siswa yang diberikan masih belum menarik, dan belum bisa digunakan untuk semua gaya belajar siswa. Selain itu, masih ada informasi dalam buku pegangan siswa masih belum kontekstual serta penampilannya yang belum menarik. Hal ini menunjukkan bahwa dibutuhkan inovasi dalam bahan ajar yang digunakan guru.

Guru-guru dalam menerapkan model pembelajaran project based learning sudah membekali siswa dengan bahan ajar berupa LKPD yang disusun sendiri oleh guru. Namun, bahan ajar tersebut diakui belum dapat mengembangkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan tugas proyek yang diberikan. Untuk keterlaksanaan pendekatan STEM, salah satu guru sudah melaksanakan, dan satu lagi belum. Sementara, hasil penelitian menunjukkan bahwa STEM-PjBL dapat meningkatkan literasi sains, motivasi, pemahaman materi, kemampuan berpikir kreatif efektivitas, pembelajaran bermakna, dan menunjang karir masa depan (Kartini et al., 2023). Pertanyaan terkait kebutuhan bahan ajar digital berbasis PjBL yang diintegrasikan pendekatan STEM guru-guru menjawab dibutuhkan karena masih sedikit sekali dan untuk belajar mandiri dirumah juga dibutuhkan bahan ajar yang mudah diakses oleh siswa melalui smartphone mereka.

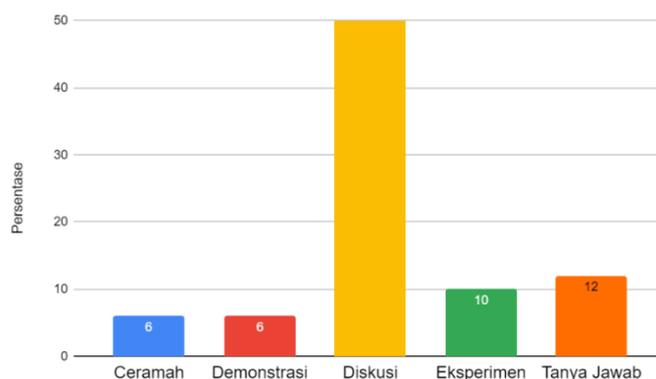
Analisis kebutuhan siswa terhadap bahan ajar digital berbasis PjBL terintegrasi STEM diperoleh melalui angket survei terhadap 50 orang siswa SMAN 2 Bukittinggi. Siswa diberikan angket tentang pembelajaran selama ini dan bahan ajar yang digunakan guru selama pembelajaran. Pertanyaan terkait sumber belajar yang digunakan guru dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Media Pembelajaran yang Digunakan Guru dalam Pembelajaran

Pada Gambar 2, tampak hampir semua siswa menjawab guru menggunakan powerpoint dalam pembelajaran. Hanya beberapa siswa yang menjawab bahwa guru memberikan video singkat sebagai

media pembelajaran. Hasil ini menunjukkan, dibutuhkan pembaharuan penggunaan media pembelajaran. Media pembelajaran dapat diinputkan dalam bahan ajar dan dapat diakses siswa selama proses pembelajaran ataupun untuk belajar mandiri. Seorang guru idealnya mampu mengembangkan bahan ajar dan media pembelajaran berupa multimedia interaktif, yang dapat diakses melalui perangkat digital (Smaragdina et al., 2020). Kemampuan guru ini mengimbangi kemampuan digital siswa sebagai generasi digital native yaitu generasi yang tumbuh dan berkembang di era teknologi informasi yang juga berkembang pesat. Metode pembelajaran yang diberikan guru dalam pembelajaran termasuk salah satu poin yang dianalisis, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Metode Pembelajaran yang Digunakan Guru dalam Pembelajaran

Guru sudah melakukan metode pembelajaran yang beragam, dan paling banyak siswa menjawab metode diskusi. Dari hasil ini tampak bahwa di sekolah ini sudah terbentuk budaya diskusi, sehingga mudah menggunakan model pembelajaran inovatif seperti PjBL. Analisis dilanjutkan dengan pendapat siswa tentang ketuntasan siswa terhadap bahan ajar digital berbasis model pembelajaran PjBL terintegrasi pendekatan STEM. Temuan ini didukung dengan penelitian (Ashari et al., 2021) bahwa model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM dapat memperbaiki kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Hasil jawaban siswa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kebutuhan Siswa terhadap Bahan Ajar Digital

No	Hasil Analisis Kebutuhan Siswa
1	88 % siswa sudah mempunyai sumber belajar
2	Hanya 1 % siswa yang mempunyai sumber belajar digital seperti buku elektronik
3	56 % siswa meyakini bahwa sumber belajar yang digunakan saat ini sudah cukup sebagai sumber belajar.
4	52 % siswa berpendapat bahwa isi materi dalam buku paket sulit dipahami
5	98 % siswa menyenangi pembelajaran dengan menggunakan media pembelajaran
6	90 % siswa memerlukan sumber belajar yang lebih mudah dipahami secara mandiri
7	92 % siswa ingin mencoba menggunakan bahan ajar digital yang bisa diakses melalui gedge (HP atau laptop)

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa hampir seluruh siswa sudah mempunyai sumber belajar. Akan tetapi, hanya 1% yang mempunyai bahan ajar digital. siswa mengalami kesulitan memahami

sumber belajar yang digunakan yaitu buku paket yang diberikan guru. Kondisi ini menunjukkan bahwa di SMAN 2 Bukittinggi dibutuhkan pengembangan bahan ajar digital untuk menunjang pembelajaran siswa. Sesuai dengan hasil penelitian (Prastyo et al., 2021) bahwa bahan ajar digital efektif dalam menunjang proses pembelajaran Geografi, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa bahan ajar digital ini membantu memudahkan siswa dalam memahami materi Mobilitas Penduduk dan Ketenagakerjaan.

Analisis selanjutnya mengenai kebutuhan siswa pada media pembelajaran, sumber belajar digital untuk belajar mandiri maupun di kelas, diperoleh hasil bahwa 98% siswa menyenangi pembelajaran menggunakan media pembelajaran, 90% siswa memerlukan sumber belajar yang lebih mudah dipahami, dan 92% siswa ingin mencoba menggunakan bahan ajar digital. Media pembelajaran yang beragam dapat dimasukkan dalam bahan ajar digital dapat beragam, bisa berupa gambar, video, animasi bergerak. Selain itu, dapat juga dimasukkan evaluasi dalam bentuk kuis menggunakan google form, quizizz maupun kahoot. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Gan et al., 2015) bahwa teknologi informasi dalam pembelajaran dapat meningkatkan minat siswa yang memberikan dampak pada hasil belajar dan prestasi siswa.

Berdasarkan penelitian, guru sudah memberikan pembelajaran berbasis proyek dan dilengkapi dengan LKPD. Namun, LKPD ini masih perlu pengembangan agar tidak menjadi bahan ajar yang monoton, dengan memasukkan berbagai media pembelajaran yang mendukung seperti gambar, animasi, video, dan evaluasi berbasis digital. Untuk membantu pembuatan proyek, dibutuhkan pendekatan yang mendukung pembelajaran proyek seperti pendekatan STEM. Artinya, baik guru maupun siswa membutuhkan bahan ajar digital berbasis model pembelajaran PjBL terintegrasi pendekatan STEM.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis, baik guru maupun siswa setuju bahwa bahan ajar digital dibutuhkan untuk pembelajaran mandiri maupun pembelajaran di kelas. Seluruh guru setuju bahwa dibutuhkan bahan ajar digital berbasis PjBL terintegrasi pendekatan STEM. Hampir seluruh siswa membutuhkan bahan ajar digital untuk pembelajaran di kelas maupun mandiri.

Penelitian ini merupakan penelitian awal untuk mendeskripsikan apakah dibutuhkan suatu produk pengembangan atau tidak. Disebabkan hasil penelitian menunjukkan dibutuhkan bahan ajar digital berbasis PjBL terintegrasi pendekatan STEM, maka penelitian ini sebaiknya dilanjutkan ke tahap pengembangan.

REFERENSI

Ashari, R. M. R., Suwono, H., & Fachrunnisa, R. (2021). Students HOTS in PjBL based STEM learning in biology classroom: An experimental analysis. *AIP Conference Proceedings*,

- 2330(March). <https://doi.org/10.1063/5.0043256>
- Asrizal, A., Festiyed, F., & Sumarmin, R. (2017). Analisis Kebutuhan Pengembangan Bahan Ajar Ipa Terpadu Bermuatan Literasi Era Digital Untuk Pembelajaran Siswa Smp Kelas Viii. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.24036/jep/vol1-iss1/27>
- Ayuni, M. S., Distrik, I. W., & Viyanti, V. (2022). The Effect of E-LKPD Assisted PjBL-STEM Learning Model on Scientific Reasoning Ability and Argumentation Performance of Class XII Science Students in Renewable Energy Materials. *Physics Education Research Journal*, 4(1), 79–86. <https://doi.org/10.21580/perj.2022.4.2.12634>
- Badan Standar, Kurikulum, dan asesmen pendidikan. (2022). Panduan Pembelajaran dan Asesmen. In *Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi*.
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The Influence of Project-Based STEM (Pjbl-STEM) Applications on the Development of 21st-Century Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798–815. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- Bhakti, Y. B., Astuti, I. A. D., Okyranida, I. Y., Asih, D. A. S., Marhento, G., Leonard, L., & Yusro, A. C. (2020). Integrated STEM Project Based Learning Implementation to Improve Student Science Process Skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1464(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1464/1/012016>
- Brundiers, K., & Wiek, A. (2013). Do we teach what we preach? An international comparison of problem- and project-based learning courses in sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 5(4), 1725–1746. <https://doi.org/10.3390/su5041725>
- Force, S. T. (2014). *Innovate: A Blueprint For Science, Technology, Engineering, And Mathematics In California Public Education*. Californians Dedicated To Education Foundation.
- Gan, B., Menkhoff, T., & Smith, R. (2015). Enhancing students' learning process through interactive digital media: New opportunities for collaborative learning. *Computers in Human Behavior*, 51, 652–663. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.048>
- Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>
- Indariani, A., Amami Pramuditya, S., & Firmasari, S. (2018). PENGEMBANGAN BAHAN AJAR DIGITAL BERBASIS KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA (Bahan Ajar Digital Interaktif pada Materi Pertidaksamaan Nilai Mutlak Linear Satu Variabel). *Eduma: Mathematics Education Learning and Teaching*, 7(2), 89–98. <https://doi.org/10.24235/eduma.v7i2.3670>
- Izza, L., & Hartono, H. (2021). Kemandirian Belajar Siswa dalam Pembelajaran Daring Berbantuan E-Modul Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Ditinjau dari Hasil Belajar Kognitif. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 10(2), 139–145. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej/article/view/54189>

- Kartini, K., Astra, I. M., & Fahdiran, R. (2023). *Project Based Learning (Pjbl) Terintegrasi Stem Menggunakan Microsoft Sway Pada Materi Gerak Parabola Sma Kelas X. XI*(2019), 295–300. <https://doi.org/10.21009/03.1102.pf40>
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). Project-based learning. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences, Second Edition*, 275–297. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.018>
- Kristiani, K. D., Mayasari, T., & Kurniadi, E. (2017). Pengaruh Pembelajaran STEM-PjBL terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif. *Prosiding SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*, 21, 266–274. <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/snpf/article/view/1719>
- Lou, S. J., Chou, Y. C., Shih, R. C., & Chung, C. C. (2017). A study of creativity in CaC 2 steamship-derived STEM project-based learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2387–2404. <https://doi.org/10.12973/EURASIA.2017.01231A>
- Mella, B., Wulandari, I. G. A. A., & Wiarta, I. W. (2022). Bahan Ajar Digital Interaktif Berbasis Problem Based Learning Materi Keragaman Budaya. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 6(1), 127–136. <https://doi.org/10.23887/jppp.v6i1.46368>
- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi Pembelajaran IPA Berbasis STEM Berbantuan ICT untuk Meningkatkan Keterampilan Abad. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 8(2), 28. <https://doi.org/10.35580/sainsmat82107172019>
- Netwong, T. (2018). Development of Problem Solving Skills by Integration Learning Following STEM Education for Higher Education. *International Journal of Information and Education Technology*, 8(9), 639–643. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2018.8.9.1114>
- Prastyo, E. B., Islam, M. N., & Putra, A. K. (2021). Development of STEM-Based Population Mobility and Employment Digital Teaching Materials. *ASANKA: Journal of Social Science And Education*, 2(2), 149–159.
- Rahmawati, Y., Hadinugrahaningsih, T., Ridwan, A., Palimbunga, U. S., & Mardiah, A. (2021). Developing the critical thinking skills of vocational school students in electrochemistry through STEM - Project-based learning (STEM-PjBL). *AIP Conference Proceedings*, 2331. <https://doi.org/10.1063/5.0041915>
- Rochim, R. A., Prabowo, P., & Budiyanto, M. (2021). Analisis Kebutuhan Perangkat Pembelajaran Model PjBL Terintegrasi STEM Berbasis E-Learning di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5370–5378. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1655>
- Samsudin, M. A., Jamali, S. M., Zain, A. N. M., & Ebrahim, N. A. (2020). The effect of STEM project based learning on self-efficacy among high-school physics students. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 94–108. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.15>
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM Education, STEM Mania*. .
- Santana, D., Pratami, G., & Sanjaya, H. (2019). Perancangan Animasi Interaktif ntuk Bahan Ajar Mata Kuliah Biologi Sel Berbasis Desktop Adobe Flash CS6 (Studi Kasus Prodi Pendidikan

- Biologi, FKIP, Universitas Majalengka). *Prosiding SNST Ke-10 Tahun 2019 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*, 1(1), 287–292.
https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/2893
- Shiva Irfana, Dwi Yulianti, W. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics Pada Materi Aritmetika *Unnes Physics Education Journal*, 8(1), 83–89.
- Siahaan, K. W. A., Lumbangaol, S. T. P., Marbun, J., Nainggolan, A. D., Ritonga, J. M., & Barus, D. P. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Multi Representasi terhadap Keterampilan Proses Sains dan Penguasaan Konsep IPA. *Jurnal Basicedu*, 5(1), 195–205. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i1.614>
- Smaragdina, A. A., Nidhom, A. M., Soraya, D. U., & Fauzi, R. (2020). Pelatihan Pemanfaatan dan Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis Multimedia Interaktif untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal KARINOV*, 3(1), 53. <https://doi.org/10.17977/um045v3i1p53-57>
- Tasci, B. G. (2015). Project Based Learning from Elementary School to College, Tool: Architecture. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 186, 770–775.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.130>
- Utami, N., & Atmojo, I. R. W. (2021). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Digital dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 6300–6306.
<https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1716>