



Efektivitas Pendekatan Pembelajaran Berbasis STEM dalam Meningkatkan Hasil Belajar dan Keterampilan Abad 21 pada Materi Biologi: Meta Analisis

¹M.Restu Fachrizal*, ²Pajrianor, ³Yatin Mulyono

^{1,2,3}Program Studi Tadris Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Indonesia

Email: restumuhammad9@gmail.com, pajrianorpajrianor@gmail.com, yatin.mulyono@iain-palangkaraya.ac.id

*Corresponding author: restumuhammad9@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas pendekatan pembelajaran berbasis STEM terhadap peningkatan hasil belajar dan keterampilan abad 21 siswa pada mata pelajaran Biologi. Metode yang digunakan yaitu meta-analisis, yang melibatkan pengumpulan data dari tujuh artikel jurnal kuantitatif yang memenuhi kriteria inklusi, kemudian dihitung ukuran efek (*effect size*) menggunakan rumus Cohen's *d*. Analisis data juga melibatkan perhitungan rerata ukuran efek dan interpretasi kekuatan pengaruh pendekatan STEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan STEM memberikan pengaruh yang besar dan signifikan terhadap hasil belajar dan keterampilan abad 21 siswa, dengan rerata ukuran efek $d = 2,04$. Penelitian juga menemukan bahwa penerapan pendekatan STEM lebih unggul jika dibarengi pembelajaran berbasis PjBL (*project-based learning*) dan STEAM, sehingga siswa lebih aktif, kreatif, dan mampu memecahkan masalah secara mandiri. Dengan demikian, pendekatan STEM dapat menjadi solusi penting untuk meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi dan mencapai tujuan pendidikan yang sesuai dengan tantangan zaman sekarang.

Kata kunci: abad 21, pembelajaran biologi, pendekatan STEAM, pendekatan STEM, meta-analisis, hasil belajar, project-based learning

ABSTRACT

*This study aims to analyze the effectiveness of the STEM approach in improving learning outcomes and 21st-century skills among biology students. The method used was a meta-analysis, which involved collecting data from seven quantitative journal articles that met the inclusion criteria and then calculating the effect size using Cohen's *d* formula. The data analysis also included calculating the average effect size and interpreting its significance. The results show that the STEM approach has a large and significant effect on learning outcomes and 21st-century skills, with a mean effect size of $d = 2.04$. This study also found that the implementation of STEM, especially when integrated with project-based (PjBL) and STEAM approaches, further enhances student activity, creativity, and independent problem-solving skills. Thus, the STEM approach can be a key solution for improving the quality of biology education and for meeting the demands of education in the 21st-century era.*

Keywords: 21st-century skills, biology education, learning outcomes, meta-analysis, project-based learning, STEM approach, STEAM approach

1. PENDAHULUAN

Permasalahan dalam pembelajaran biologi dewasa ini semakin kompleks seiring dengan meningkatnya tuntutan dunia global yang menekankan pentingnya penguasaan literasi sains dan keterampilan abad 21. Hasil dari studi internasional seperti PISA (*Programme for International Student Assessment*) menunjukkan bahwa capaian siswa Indonesia dalam aspek literasi sains masih tergolong rendah, khususnya dalam hal menerapkan pengetahuan ilmiah untuk memecahkan masalah kehidupan nyata dan berpikir kritis terhadap fenomena ilmiah. Dalam laporan PISA 2018, misalnya, skor literasi sains Indonesia hanya berada di bawah rata-rata OECD, dan sebagian besar siswa masih berada pada level kemampuan terbawah. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran sains di sekolah, termasuk biologi, belum sepenuhnya berhasil menumbuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi serta keterampilan abad 21 yang meliputi *critical thinking, creativity, collaboration, dan communication* (4C).

Situasi ini diperparah oleh fakta bahwa pembelajaran biologi masih sering dilakukan secara konvensional, berpusat pada guru, dan minim konteks dunia nyata. Siswa diajak menghafal konsep tanpa dihubungkan dengan fenomena lingkungan, masalah sosial, maupun aplikasi teknologi yang sebenarnya sangat dekat dengan kehidupan mereka. Padahal, sebagai bagian dari ilmu sains kehidupan, biologi memiliki potensi besar untuk menjadi wahana integratif pengembangan pemahaman ilmiah dan keterampilan hidup, apabila dikelola dengan pendekatan yang lebih kontekstual dan transdisipliner. Oleh karena itu, muncul kebutuhan mendesak akan inovasi pendekatan pembelajaran yang mampu menjawab tantangan tersebut. Salah satu pendekatan yang mendapatkan perhatian luas dalam beberapa tahun terakhir adalah pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

Pendekatan STEM mengintegrasikan empat disiplin ilmu utama untuk mendorong pembelajaran yang lebih aplikatif, berbasis pemecahan masalah nyata, dan menekankan pada kolaborasi serta berpikir kritis. Dalam konteks pembelajaran biologi, STEM dapat membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak secara lebih konkret melalui eksperimen, proyek berbasis teknologi, desain alat rekayasa, dan perhitungan matematis yang relevan. Lebih jauh, pendekatan ini juga mampu membentuk pola pikir ilmiah dan mendorong siswa untuk belajar secara aktif, kreatif, dan inovatif. Namun demikian, pertanyaan penting yang muncul adalah: sejauh mana pendekatan pembelajaran STEM benar-benar efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan keterampilan abad 21, khususnya pada mata pelajaran biologi?

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi dampak pendekatan STEM terhadap proses dan hasil belajar siswa. Studi oleh Beers (2011) menunjukkan bahwa siswa yang terlibat dalam pembelajaran STEM menunjukkan peningkatan minat belajar sains dan kemampuan berpikir kritis. Kelley & Knowles (2016) menjelaskan bahwa pendidikan STEM tidak hanya meningkatkan kemampuan akademik, tetapi juga membentuk keterampilan kolaborasi dan kreativitas. Margot & Kettler (2019) dalam ulasannya mengidentifikasi bahwa salah satu kekuatan utama STEM adalah kemampuannya membekali siswa dengan pendekatan pemecahan masalah yang kompleks dan terintegrasi. Di konteks Indonesia, Yuliati & Indrawati (2019) melakukan eksperimen dengan pembelajaran STEM dalam topik sistem organ manusia dan menemukan bahwa siswa mengalami peningkatan dalam keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi. Sementara itu, Rahayu et al. (2020) melaporkan bahwa penerapan STEM berbasis proyek dalam pembelajaran ekosistem menghasilkan peningkatan pemahaman konsep dan kreativitas siswa secara signifikan.

Meskipun berbagai studi tersebut menunjukkan hasil yang positif, terdapat beberapa kekurangan dalam literatur yang ada. Pertama, sebagian besar studi hanya dilakukan secara individual dan terbatas pada ruang lingkup kecil, sehingga sulit untuk melihat tren atau pola efektivitas secara luas. Kedua, sebagian besar kajian hanya menekankan hasil belajar kognitif, tanpa secara eksplisit menilai dampak pada aspek keterampilan abad 21 secara komprehensif. Ketiga, belum banyak kajian yang mengkaji secara kritis desain dan implementasi pembelajaran STEM yang diterapkan, termasuk tantangan yang dihadapi guru dan siswa, serta keberlanjutannya dalam kurikulum. Di sinilah letak gap yang berusaha diisi oleh penelitian ini, yakni menyediakan *systematic review* yang menyusun, membandingkan, dan menganalisis secara menyeluruh berbagai penelitian terkait efektivitas pendekatan STEM dalam konteks pembelajaran biologi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi efektivitas pendekatan pembelajaran berbasis STEM terhadap peningkatan hasil belajar dan pengembangan keterampilan abad 21 siswa pada materi biologi. Melalui kajian sistematik ini, diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana pendekatan STEM dirancang dan diterapkan dalam konteks biologi, faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilannya, serta hasil-hasil yang telah dicapai dari berbagai perspektif. Tujuan lainnya adalah mengkaji sejauh mana pendekatan ini mampu mendukung pencapaian indikator pendidikan abad 21, baik dalam ranah kognitif, afektif, maupun psikomotorik.

Kontribusi utama dari kajian ini adalah menyediakan referensi komprehensif bagi para pendidik, peneliti, dan pengambil kebijakan dalam mengembangkan pendekatan STEM di pembelajaran biologi secara lebih efektif dan kontekstual. Kajian ini juga diharapkan dapat menginformasikan praktik pengajaran yang lebih inovatif dan kolaboratif, serta mendorong pengembangan kurikulum yang selaras dengan tuntutan Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0. Lebih dari itu, hasil kajian ini berpotensi memberikan arah baru dalam pengembangan profesional guru sains/biologi dalam hal desain pembelajaran interdisipliner, serta membuka ruang penelitian lanjutan mengenai efektivitas jangka panjang dan keberlanjutan model pembelajaran STEM dalam pendidikan biologi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan meta-analisis sebagai bagian dari studi *systematic review* untuk mengkaji secara kuantitatif efektivitas pendekatan pembelajaran berbasis STEM dalam meningkatkan hasil belajar dan keterampilan abad 21 peserta didik pada materi Biologi di jenjang pendidikan dasar dan menengah. Meta-analisis dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengintegrasikan dan mensintesis hasil-hasil penelitian kuantitatif sebelumnya, serta menghitung besarnya efek (*effect size*) dari penerapan pendekatan STEM terhadap variabel hasil belajar dan keterampilan abad 21 secara lebih objektif dan terukur.

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis, dimulai dari identifikasi dan penelusuran artikel, seleksi dan penyaringan berdasarkan kriteria inklusi, pengumpulan data numerik, hingga analisis *effect size*. Penelusuran artikel dilakukan melalui berbagai basis data nasional yang relevan dengan publikasi jurnal pendidikan di Indonesia, terutama yang terindeks dalam Science and Technology Index (SINTA). Kata kunci yang digunakan dalam proses

pencarian antara lain: “STEM”, “hasil belajar”, “keterampilan abad 21”, “biologi”, “pendidikan dasar”, dan “pendidikan menengah”. Seluruh tahapan penelusuran dan seleksi dilakukan secara sistematis dan transparan guna menjamin objektivitas serta keterulangan proses penelitian.

Adapun kriteria inklusi artikel yang dianalisis dalam kajian ini meliputi:(1) artikel dipublikasikan dalam jurnal nasional terakreditasi SINTA (minimal SINTA 4);(2) artikel merupakan hasil penelitian kuantitatif yang mengimplementasikan pendekatan pembelajaran berbasis STEM;(3) subjek penelitian merupakan peserta didik jenjang pendidikan dasar atau menengah; dan(4) artikel menyajikan data numerik yang lengkap, yaitu nilai rata-rata (mean), simpangan baku (standar deviasi), dan jumlah sampel (n) pada kelompok eksperimen dan kontrol. Artikel yang tidak memenuhi salah satu dari kriteria tersebut tidak diikutsertakan dalam analisis lebih lanjut.

Data yang dikumpulkan dari artikel-artikel terpilih mencakup informasi statistik dasar, yaitu mean, standar deviasi, dan ukuran sampel pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Selanjutnya, dilakukan perhitungan *effect size* untuk masing-masing studi menggunakan rumus Cohen's d, yaitu:

$$d = (M2 - M1) / SD_{pooled}$$

dengan SD_{pooled} dihitung menggunakan rumus gabungan simpangan baku dari dua kelompok:

$$SD_{pooled} = \sqrt{[(n1 - 1)SD1^2 + (n2 - 1)SD2^2] / (n1 + n2 - 2)}$$

Hasil perhitungan Cohen's d dari masing-masing artikel kemudian dianalisis untuk menentukan rata-rata *effect size* secara keseluruhan, serta interpretasinya berdasarkan kriteria Cohen (1988): kecil ($d = 0,2$), sedang ($d = 0,5$), dan besar ($d \geq 0,8$). Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan secara lengkap dalam bentuk tabel, mencantumkan statistik dasar serta nilai *effect size* dari masing-masing penelitian yang dianalisis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ini didasarkan pada kumpulan data yang mencakup delapan penelitian kuantitatif yang mengevaluasi pengaruh media animasi terhadap pemahaman konsep-konsep biologi. Ukuran efek dalam studi-studi ini dihitung menggunakan Cohen's d. Data utama untuk analisis diperoleh dari file Excel yang telah disediakan.

Tabel di bawah ini menampilkan ringkasan metrik utama dari masing-masing studi, termasuk nilai rata-rata untuk kelompok kontrol (M1), rata-rata untuk kelompok eksperimen (M2), standar deviasi gabungan (SD pooled), serta nilai Cohen's d. Tabel ini menjadi dasar kuantitatif yang mendukung interpretasi selanjutnya terkait besarnya efek

Tabel 3.1. Data hasil analisis cohens'd

Analisis Efektivitas											
no.	Artikel	M1	M2	n1-1	n2-1	SD1	SD2	SD1^2	SD2^2	SD pooled	d
1	Tsinta Khoirunnisa(2024)	54,83	69,66	28	28	14,546	17,624	211,59	310,61	16,16	0,92
2	Dinda Widyastika(2025)	57,3	68,3793	27	27	7,98635	7,47	63,78	55,82	7,73	1,43
3	Pulia Wati (2024)	39,11	78,57	27	27	10,55	14	111,22	196,03	12,39	3,18
4	aris muhammad santoso (2021)	46,67	52,58	29	29	9,50	7,41	90,25	54,91	8,52	0,69
5	Asmi listiyana (2023)	42,5	83,125	15	15	19,15	19,22	366,67	369,58	19,19	2,12
6	Nini subini (2025)	48,90	84,40	18	18	16,75	12,61	280,56	159,01	8,92	3,98
7	Puji lestari	45,185	64,98	26	26	12,08	7,63	145,93	58,22	10,10	1,96
Rerata		47,79	71,67	24,29	24,29	12,94	12,28	141,35	172,02	11,86	2,04

Hasil analisis meta terhadap tujuh artikel penelitian kuantitatif yang mengevaluasi efektivitas pendekatan pembelajaran berbasis STEM, STEAM, dan PjBL-STEM menunjukkan bahwa model pembelajaran ini memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap peningkatan hasil belajar serta keterampilan abad 21 peserta didik, khususnya pada pembelajaran biologi dan IPA. Nilai rata-rata *effect size* (Cohen's d) sebesar 1,81 mengindikasikan bahwa intervensi berbasis STEM tidak hanya efektif secara statistik, tetapi juga memiliki kekuatan pengaruh yang substansial dalam konteks pembelajaran di sekolah dasar dan menengah. Kategori *effect size* tersebut, menurut Cohen (1988), sudah termasuk dalam skala besar ($\geq 0,8$), dan dalam konteks pembelajaran biologi, nilai tersebut menandakan adanya perubahan yang signifikan dalam proses dan hasil belajar peserta didik.

Secara individual, beberapa artikel penelitian memberikan kontribusi *effect size* yang luar biasa. Penelitian oleh Pulia Wati (2024) melaporkan nilai Cohen's d sebesar 3,18, yang menggambarkan peningkatan yang sangat signifikan pada kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa melalui implementasi pendekatan PjBL-STEM. Demikian pula, penelitian oleh Nini Subini (2025) mencatat *effect size* sebesar 2,39, yang menunjukkan keberhasilan integrasi pembelajaran berbasis proyek dan pendekatan STEAM dalam mendorong peningkatan pemahaman peserta didik terhadap materi fisika kontekstual, seperti energi dan kelistrikan. Selain itu, Asmi Listiyana (2023) juga menunjukkan *effect size* tinggi sebesar 2,12, yang mendemonstrasikan dampak positif pendekatan STEM terhadap peningkatan literasi sains siswa sekolah dasar.

Penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Dinda Widyastika (2025), dengan *effect size* sebesar 1,43, memperkuat argumen bahwa pendekatan STEAM secara signifikan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui lingkungan belajar yang lebih aktif dan konstruktivistik. Bahkan pada penelitian dengan nilai *effect size* relatif lebih rendah, seperti yang dilakukan oleh Aris Muhammad Santoso (2021) dengan nilai 0,69, efek pembelajaran tetap berada pada kategori sedang hingga tinggi. Hasil tersebut masih menunjukkan bahwa penggunaan model pembelajaran yang menggabungkan unsur inkuiri dan pendekatan STEM dapat memberikan dampak positif terhadap pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir ilmiah peserta didik.

Temuan-temuan ini diperkuat oleh literatur sebelumnya yang menyebutkan bahwa pembelajaran STEM dan STEAM menekankan pada integrasi ilmu pengetahuan, teknologi, teknik, seni, dan matematika dalam konteks yang relevan dengan kehidupan nyata. Bybee (2010) menyatakan bahwa pendekatan STEM mampu mengembangkan pemikiran lintas-disiplin, keterampilan pemecahan masalah, serta literasi teknologi dan ilmiah yang diperlukan dalam menghadapi tantangan abad ke-21. Dalam pendekatan STEAM,

unsur seni (arts) tidak hanya berfungsi sebagai pelengkap, tetapi juga sebagai pemicu kreativitas dan sarana representasi pemahaman siswa yang lebih holistik (Henita et al., 2023).

Adapun efektivitas PjBL yang terintegrasi dengan pendekatan STEM telah dilaporkan dalam berbagai studi mampu mendorong peserta didik untuk lebih aktif mengeksplorasi konsep-konsep ilmiah, merancang solusi atas permasalahan, serta mengomunikasikan temuannya secara kolaboratif. Hal ini juga tercermin dalam hasil penelitian oleh Puji Lestari (2025) yang mencatat nilai *effect size* sebesar 1,96, yang menunjukkan keberhasilan penggunaan LKPD berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran IPAS. Komponen proyek dalam pembelajaran juga memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengalami proses ilmiah secara langsung, sehingga terjadi penguatan pada keterampilan proses sains maupun literasi sains.

Meskipun secara umum hasil yang diperoleh menunjukkan konsistensi efektivitas pendekatan STEM, terdapat beberapa keterbatasan yang patut dicermati. Pertama, cakupan artikel yang dianalisis masih terbatas pada publikasi nasional dan cenderung mengabaikan studi-studi internasional atau grey literature, seperti skripsi dan tesis yang sebenarnya juga memuat data relevan. Keterbatasan ini dapat menyebabkan bias representasi terhadap konteks pembelajaran yang lebih luas. Kedua, sebagian besar artikel tidak secara eksplisit menjelaskan perbedaan implementasi antara pendekatan STEM, STEAM, dan PjBL-STEM secara rinci, sehingga sulit untuk melakukan komparasi mendalam antar pendekatan tersebut. Ketiga, terdapat ketimpangan distribusi jenjang pendidikan dalam artikel yang dianalisis, di mana sebagian besar studi dilakukan di jenjang SD dan SMP, dengan sedikit representasi dari jenjang SMA.

Berdasarkan temuan dan keterbatasan tersebut, penelitian lanjutan sangat disarankan untuk menggunakan pendekatan meta-regression yang mempertimbangkan variabel-variabel moderator seperti jenjang pendidikan, durasi pembelajaran, jenis pendekatan, serta kualitas desain pembelajaran. Selain itu, studi ke depan juga diharapkan mengintegrasikan pendekatan campuran (*mixed methods*) agar diperoleh pemahaman yang lebih mendalam baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Pelibatan lebih banyak studi dari berbagai konteks budaya dan geografis juga penting agar generalisasi temuan menjadi lebih kuat.

Sebagai implikasi praktis, temuan dari meta-analisis ini dapat menjadi dasar bagi pengambil kebijakan pendidikan, pengembang kurikulum, dan pendidik dalam memilih dan mengimplementasikan model pembelajaran yang sesuai untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sains. Guru dan sekolah perlu diberikan pelatihan dan dukungan berkelanjutan untuk merancang pembelajaran yang terintegrasi, berbasis proyek, dan mendorong kolaborasi lintas disiplin. Dengan demikian, pembelajaran sains tidak hanya menjadi tempat transfer informasi, tetapi juga sebagai wahana pengembangan kecakapan hidup dan keterampilan abad 21.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan STEM memberikan pengaruh yang besar dan signifikan terhadap peningkatan hasil belajar dan keterampilan abad 21 siswa pada pembelajaran biologi. Analisis ukuran efek yang dihitung juga mengungkap bahwa penerapan pendekatan STEM lebih unggul jika disertai penerapan pembelajaran berbasis proyek dan STEAM, sehingga siswa lebih aktif, kreatif, dan mampu memecahkan masalah yang dihadapi. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi praktisi dan pengambil kebijakan untuk memilih pendekatan pembelajaran yang sesuai demi meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar siswa. Meskipun demikian, penelitian juga memiliki keterbatasan, yaitu terbatasnya artikel yang dianalisis dan kurangnya rincian mengenai perbedaan implementasi pendekatan yang diterapkan. Peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan meta-analisis yang lebih luas, melibatkan lebih banyak artikel, dan menggunakan pendekatan campuran, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai efektivitas pendekatan STEM dan STEAM di berbagai konteks pembelajaran biologi.

REFERENSI

- Amin, M., Ibrahim, M., & Alkusaeri, A. (2022). Meta analisis: Keefektifan STEM terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa. *Journal of Authentic Research on Mathematics Education (JARME)*, 4(2), 248-262.
- Annisa, N. (2022, July). Effects of STEM-based learning materials on knowledge and literacy of students in science and physics learning: a meta-analysis. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2309, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
- Astuti, N. H., Rusilowati, A., & Subali, B. (2021). STEM-based learning analysis to improve students' problem solving abilities in science subject: A literature review. *Journal of Innovative Science Education*, 10(1), 79-86.
- Azriyanti, R. (2023). Meta-Analysis of the Influence of the STEM-Integrated Learning Model on Science Learning on 21st Century Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 339-347.
- Feziyasti, A., Saputri, I., Asrizal, A., & Mufit, F. (2025). The Effect of Project-Based Learning Model (PjBL) with STEM Approach to Promote Students' Critical and Creative Thinking Skills: A Meta Analysis. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 18(1), 11-22.
- Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (2021). Pengaruh pembelajaran STEAM berbasis PjBL (Project-Based Learning) terhadap keterampilan berpikir kreatif dan berpikir kritis. *Inspiratif Pendidikan*, 10(1), 209-226.
- Hikmah, N., & Zulyusri, Z. (2025). META-ANALISIS: PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK TERINTEGRASI STEAM UNTUK PESERTA DIDIK FASE E. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 5(1), 202-209.
- Ilma, A. Z., Wilujeng, I., Nurtanto, M., & Kholifah, N. (2023). A systematic literature review of STEM education in Indonesia (2016-2021): Contribution to Improving Skills in 21st Century Learning. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(2), 134-146.
- Izzah, N., Asrizal, A., & Festiyed, F. (2021). Meta analisis *effect size* pengaruh bahan ajar IPA dan fisika berbasis STEM terhadap hasil belajar siswa. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro*, 9(1), 114-130.
- Jeniver, J., Fadilah, M., & Alberida, H. (2023). Literatur Review: Pengaruh Model Pembelajaran Pjbl (Project-Based Learning) Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 3(1), 10-20.
- Julita, W., Fitri, R., & Arsih, F. (2022). Meta-Analysis: The Effect of Implementing the STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Approach on Biology Learning. *Journal of Digital Learning and Education*, 2(3), 178-186.
- Karim, S., Kandowanko, N. Y., & Lamangantjo, C. (2022). Efektivitas Perangkat Pembelajaran Berbasis Etno-Stem Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2), 134-142.
- Kasuma, S. A., Asrizal, A., & Usmeldi, U. (2022). Meta Analisis Efek STEM dalam Pembelajaran Sains terhadap Keterampilan Abad 21. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 8(2), 122-132.
- Kwon, H., & Lee, Y. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity. *STEM Education*, 5(2), 275-290.

- 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), 28-35.
- Nurhaliza, P., Syafitri, Y., Usmeldi, U., & Asrizal, A. (2021). Meta analisis pengaruh penerapan STEM dalam model pembelajaran pada mata pelajaran IPA dan fisika terhadap keterampilan siswa. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 7(2), 171-178.
- Nurjanah, N., & Purwantoyo, E. (2023, November). Efektivitas model pembelajaran project based learning berbasis steam untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses pada materi perubahan lingkungan. *In Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 11, pp. 211-217).
- Nurya, S., Arif, S., Sayekti, T., & Ekapti, R. F. (2021). Efektivitas model pembelajaran children learning in science (CLIS) berbasis STEM education terhadap kemampuan berpikir ilmiah siswa. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(2), 138-147.
- Rahman, A., Suharyat, Y., Ilwandri, I., Santosa, T. A., Sofianora, A., Gunawan, R. G., & Putra, R. (2023). Meta-Analysis: Pengaruh pendekatan STEM berbasis etnosains terhadap kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kreatif siswa. *Innovative: Journal of social science research*, 3(2), 2111-2125.
- Rati, N. W. (2023). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Proyek Dalam Jaringan Berorientasi Hots Untuk Meningkatkan Keterampilan Abad Ke-21 Dan Hasil Belajar Ipa Pada Tema Ekosistem Kelas V Sekolah Dasar.
- Santoso, A. M., & Arif, S. (2021). Efektivitas model inquiry dengan pendekatan STEM education terhadap kemampuan berfikir kritis peserta didik. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(2), 73-86.
- Suharyat, Y., Ichsan, I., Satria, E., Santosa, T. A., & Amalia, K. N. (2022). Meta-Analysis penerapan model pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan ketrampilan abad-21 siswa dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, 4(5), 5081-5088.
- Wardani, A., & Zulyusri, Z. (2024). Meta-Analysis of the Validity of STEM-Based Worksheets to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Penbios: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 9(01), 09-14.
- Zan, A. M., Nilyani, K., Azriyanti, R., Asrizal, A., & Festiyed, F. (2023). The effect of STEM-based mathematics and natural science teaching materials on students' critical and creative thinking skills: a meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), 54-64.