

Integrasi *Digital-Based PjBL-STEM* untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains pada Siswa SMP

The Integration of Digital-Based PjBL-STEM to Improve Science Process Skill on Junior High School Students

Sutanto^{*}, Mohammad Masykuri, Sukarmin

Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Corresponding author: ndelikdigital@gmail.com

Abstract: Education is essentially an activity carried out by students producing changes in themselves. STEM-based learning (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) can train students to apply their knowledge and improve science process skills in learning using digital technology. Learning model recommended for use in the Merdeka Curriculum is a student-centred learning model, one of which is the Project Based Learning (PjBL). This study will analyse the influence of STEM education integrated with a digital-based PjBL model on improving students' science process skills. This research uses the meta-analysis method. Research data were obtained from national and international journals. The meta-analysis study is based on indicators of science process skills. Based on secondary data review, it shows that the integration of PjBL with digital-based STEM can be maximally implemented if the teacher is directly involved in learning, where the teacher acts as an inspirer, motivator, and facilitator. The learning stages of integrating PjBL with digital-based STEM starting from the design process to presenting the results can improve students' science process skills. The integration of PjBL with digital-based STEM must be well prepared, starting from the use of learning strategies must be well designed and the dimensions of the assessment must be carefully selected so that the use of multidisciplinary learning is expected to be well realized in secondary education.

Keywords: Digital-based, project-based learning, STEM, science process skill.

1. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan sarana yang paling efektif untuk menyongsong masa depan yang cerah. Dalam menghadapi kecanggihan teknologi dan komunikasi yang terus berkembang, peningkatan sumber daya manusia juga perlu terus diupayakan untuk membentuk manusia yang cerdas, terampil, mandiri, dan berakhlak mulia. Peran pendidikan begitu sentral sebagai peniup angin perubahan yang dapat membawa suatu bangsa ke arah yang lebih baik. Pemerintah selalu berupaya untuk meningkatkan kualitas pendidikan, terutama pada pendidikan formal. Proses pembelajaran pada satuan pendidikan diselenggarakan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif. Memberikan ruang yang cukup sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik. Setiap satuan pendidikan melakukan perencanaan pembelajaran, pelaksanaan proses pembelajaran, dan penilaian proses pembelajaran untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pencapaian kompetensi lulusan. Oleh karena itu, guru perlu memahami model, pendekatan, metode, dan strategi yang digunakan dalam mengembangkan proses pembelajaran di kelas.

Sains merupakan pengetahuan yang dipelajari dari fenomena alam berupa fakta, konsep, atau prinsip yang diperoleh dari hasil eksperimen atau observasi untuk kemudian disimpulkan (Diawati, 2019). Pembelajaran Sains menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Pembelajaran ini diarahkan untuk mencari tahu dan berbuat sehingga dapat membantu siswa untuk memahami alam sekitar (Evitasaki & Nurjanah, 2019). Di sisi lain, Sains dapat menumbuhkan rasa ingin tahu, sikap positif, dan kesadaran untuk berperan aktif dalam memelihara, menjaga, dan melestarikan lingkungan alam. Tantangan seorang pendidik adalah memberikan model dan pendekatan dalam pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menghubungkan pengetahuan dan keterampilan untuk mengoptimalkan kemampuan berpikir, daya analisis, keaktifan, dan pengetahuan peserta didik. Oleh karena itu, guru perlu melakukan inovasi terhadap model, pendekatan, metode, dan strategi pembelajaran. Salah satu model

pembelajaran inovatif yang cocok digunakan dalam proses pembelajaran dengan muatan mata pelajaran Sains di kelas adalah model *Project-based Learning*.

Keterampilan proses sains sangat penting untuk diterapkan dalam pembelajaran karena dapat mengarahkan siswa pada perkembangan mental, fisik, dan sosial (Juhji & Nuangchalerm, 2020). Keterampilan proses sains dikembangkan melalui kegiatan-kegiatan yang melibatkan perumusan hipotesis, prediksi, perencanaan, percobaan, interpretasi, dan komunikasi (Indriani & Mercuriani, 2019). Dengan menerapkan keterampilan tersebut dalam pembelajaran, siswa dapat menemukan sendiri apa yang mereka pelajari dan mengembangkan pemahaman konten, sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik dan menyenangkan (Handayanto & Dasna, 2018).

Beberapa model pembelajaran dapat membantu mengaktifkan siswa dalam membangun sikap mandiri siswa. *Project Based Learning (PjBL)* merupakan salah satu desain pembelajaran yang dapat memberdayakan aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik sehingga dapat meningkatkan keterampilan siswa (Okilanda *et al.*, 2023). PjBL merupakan model pembelajaran yang mendorong siswa untuk aktif, mampu mengimplementasikan pengetahuan mereka, dan mengembangkan berbagai keterampilan berpikir dan keterampilan konkret (Sukacke *et al.*, 2022). Penelitian sebelumnya oleh Bariyah & Sugandi (2022) dan Nurdiansah & Makiyah (2021) menunjukkan bahwa pembelajaran PjBL dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa.

Selain implementasi pembelajaran PjBL, pendekatan pembelajaran yang tepat juga diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara pengetahuan akademis dan aplikasi nyata. Pendekatan yang dimaksud adalah implementasi pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) (Zizka *et al.*, 2021; Chan, 2022). STEM mengarahkan siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah, dan kemampuan berkolaborasi (Topsakal, Yalcin, & Cakir, 2022). Pembelajaran STEM untuk siswa tidak hanya bersifat teoritis tetapi juga mencakup praktik dalam bentuk proyek, sehingga siswa memperoleh pembelajaran langsung dan sesuai dengan esensi sains (Juškevičienė, Dagienė, & Dolgopolas, 2021).

Salah satu alternatif untuk memaksimalkan hasil belajar adalah dengan mengintegrasikan PjBL dan STEM. Pengintegrasian ini diharapkan dapat saling melengkapi dan mendukung serta mengoptimalkan keterampilan proses sains siswa. Integrasi STEM dan model PjBL mampu menghasilkan pembelajaran yang bermakna, meningkatkan minat belajar, dan memecahkan masalah serta mendukung karir (Baran *et al.*, 2021; AlAli, 2024). Efektivitas STEM telah terbukti dalam peningkatan kualitas pembelajaran (Utomo *et al.*, 2020; Acan & Acan, 2019).

Pemanfaatan media pembelajaran dalam proses pembelajaran dapat mengoptimalkan penyampaian materi kepada siswa (Katona *et al.*, 2022). Berbagai penelitian tentang model pembelajaran PjBL berbasis digital menunjukkan adanya peningkatan penguasaan konsep, motivasi belajar, dan hasil belajar siswa (Eliaumra *et al.*, 2024). Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi model PjBL dengan STEM berbasis digital (*digital-based PjBL-STEM*) untuk menguji pencapaian hasil belajar dalam konteks keterampilan proses sains siswa. Penelitian ini bertujuan untuk Penelitian ini akan menganalisis seberapa besar pengaruh integrasi pendidikan STEM dengan model PjBL berbasis digital terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa.

2. METODE

Desain Penelitian

Desain penelitian ini menggunakan pendekatan meta-analisis kelompok kontras. Pendekatan ini digunakan untuk menguji efektivitas model *digital-based PjBL-STEM* terhadap keterampilan proses sains siswa. Secara umum, prosedur dalam penelitian meta analisis ini mengacu pada Retnawati *dkk.* (2018), antara lain; 1) Menentukan kriteria inklusi, 2) Pengumpulan dan pengkodean data, dan 3) Analisis data.

Kriteria Inklusi

Penentuan kriteria inklusi untuk memfasilitasi pencarian studi pada tahap selanjutnya. Berbagai riset yang terkumpul dalam pencarian awal kemudian dikaji dan dievaluasi dengan menggunakan kriteria inklusi yang ditetapkan untuk diikutsertakan dalam meta-analisis dan evaluasi lebih lanjut. Kriteria inklusi yang ditetapkan dalam meta-analisis ini meliputi: 1) Tahun publikasi berkisar antara 2019 hingga 2023; 2) Artikel harus ditulis dalam bahasa Inggris; 3) Penelitian menggunakan metode penelitian eksperimental atau kuasi-eksperimental; 4) Setidaknya ada 1 kelompok eksperimen dengan model PjBL dan/atau STEM campuran dan kelompok pembanding sebagai kelompok kontrol dengan pembelajaran konvensional; 5) Penelitian harus melaporkan rata-rata, standar deviasi, dan jumlah sampel dari setiap kelompok eksperimen dan kelompok kontrol; atau ukuran sampel dan nilai-t; atau ukuran sampel dan nilai-p; atau ukuran sampel dengan nilai-F.

Pengumpulan dan *Screening* Literatur



Tahap pengumpulan studi yang relevan menggunakan database online seperti Google Scholar, ERIC, Elsevier, SAGE, dan SpringerLink. Kata kunci yang digunakan dalam mencari literatur yang relevan adalah “Pengaruh *Digital-based PjBL-STEM* terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa”. Penyaringan literatur digunakan untuk menilai apakah literatur yang terkumpul memenuhi syarat atau tidak untuk digunakan sebagai bahan untuk melakukan meta analisis. Penyaringan literatur dilakukan dengan mengacu pada kriteria inklusi yang telah ditetapkan. Liberati et al. (2009) mengungkapkan bahwa proses penyaringan dapat melalui empat tahap yang dipandu oleh *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)*. Protokol PRISMA dapat meningkatkan kualitas pelaporan kualitas pelaporan.

Hasil identifikasi menghasilkan 40 artikel jurnal internasional yang berhasil dikumpulkan mengenai pengaruh penerapan integrasi PjBL dan STEM. Tahap penyaringan menghasilkan sejumlah artikel penelitian primer, namun 5 artikel dieksklusi karena adanya duplikasi dan tidak memenuhi kriteria inklusi kriteria inklusi (desain penelitian dan jenis publikasi tidak sesuai). Kemudian, 10 artikel dikeluarkan karena informasi statistik yang tidak mencukupi dan bahasa yang tidak sesuai dalam artikel. artikel. Proses ini menghasilkan 25 arytikel utama yang memenuhi kriteria kelayakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Artikel yang dipilih adalah 25 artikel jurnal internasional yang diberi kode A1 sampai A25. Table di bawah ini merupakan kode dan effect size dari 25 jurnal.

Tabel 1. Kode Artikel dan *Effect Size*

Kode	<i>Effect Size</i>
A1	0,51
A2	0,81
A3	1,33
A4	0,82
A5	0,55
A6	2,19
A7	1,63
A8	0,39
A9	0,84
A10	1,26
A11	3,2
A12	1,13
A13	0,29
A14	0,51
A15	8,79
A16	1,09
A17	4,4
A18	0,27
A19	0,4
A20	0,2
A21	0,5
A22	1,58
A23	3,04
A24	0,54
A25	0,8

Pengaruh model digital-based PjBL-STEM terhadap keterampilan proses sains diperoleh dari perhitungan ukuran efek dari masing-masing artikel. Nilai rata-rata ukuran efek berdasarkan jenis keterampilan proses sains dari 25 artikel adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Ukuran Efek *Digital-based PjBL-STEM* terhadap Keterampilan Proses Sains

Keterampilan Proses Sains	Kode Artikel	ES	Rata-rata Ukuran Efek	Kategori			
<i>Observing</i>	A2	0,81	1,44	Tinggi			
	A3	1,33					
	A4	0,82					
	A6	2,19					
	A10	1,26					
	A16	1,09					
	A17	4,4					
	A18	0,27					
	A25	0,8					
	<i>Classifying & Predicting Indicator</i>	A1			0,51	1,68	Tinggi
A5		0,55					
A7		1,63					
A9		0,84					
A11		3,2					
A12		1.13					
A14		0,51					
A15		8,79					
A19		0,4					
A20		0,2					
A21		0,5					
A23		3,04					
<i>Concluding & Communicating</i>		A8	0,39	0,76	Sedang		
		A13	0,29				
	A22	1,58					
	A24	0,8					

Tabel 2 diatas menjelaskan bahwa model *digital-based PjBL-STEM* berpengaruh pada keterampilan proses sains siswa pada aspek *observing* dan aspek *classifying and predicting indicator* pada kategori tinggi. Sedangkan aspek *concluding and communicating* berada pada kategori sedang. Jadi, model *digital-based PjBL-STEM* efektif untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa.

Berdasarkan 25 artikel penelitian yang dianalisis, menunjukkan bahwa semua artikel melaporkan bahwa *digital-based PjBL-STEM* lebih efektif daripada pembelajaran tradisional. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Saimon *et al.* (2023) menemukan bahwa penerapan *digital-based PjBL-STEM* memiliki pengaruh yang kecil terhadap keterampilan proses sains, sedangkan hasil penelitian lain menemukan bahwa *digital-based PjBL-STEM* memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil belajar (Winarni *et al.*, 2023), kemampuan berpikir tingkat tinggi (Hujjatusnaini *dkk.*, 2022), berpikir kritis (Aliftika *dkk.*, 2021). Meskipun temuan sebelumnya menunjukkan hasil yang berbeda, *digital-based PjBL-STEM* diidentifikasi lebih baik daripada pembelajaran tradisional. Sementara itu, pembelajaran matematika yang dilakukan oleh Ramadhani & Fitri (2020) juga menunjukkan hasil yang berbeda. Dalam eksperimennya, mereka menemukan bahwa *digital-based PjBL-STEM* memiliki pengaruh yang sedang jika dibandingkan dengan *blended learning* (BL), namun *digital-based PjBL-STEM* memiliki pengaruh yang besar jika dibandingkan dengan pembelajaran langsung. Meskipun hasil eksperimennya berbeda, namun pembelajaran matematika *digital-based PjBL-STEM* lebih baik dibandingkan dengan BL dan pembelajaran langsung. Selanjutnya, pada bidang studi lain, seperti pembelajaran geografi (Putra *et al.*, 2021), pembelajaran teknologi (Mursid *et al.*, 2022), dan pembelajaran bahasa (Telaumbanua, 2022), ditemukan bahwa *digital-based PjBL-STEM* memberikan pengaruh yang besar jika dibandingkan dengan pembelajaran tradisional. Hasil ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan *digital-based PjBL-STEM* lebih baik daripada pembelajaran tradisional.

Digital-based PjBL-STEM merupakan integrasi dari model pembelajaran STEM dan pembelajaran berbasis proyek dengan media digital. Model ini dikembangkan dengan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa. Siswa secara aktif menemukan dan memecahkan masalah melalui investigasi dan eksperimen. Model ini menekankan pada aspek intensitas waktu yang difasilitasi dengan *blended learning* dengan konsep yang tidak terbatas, baik ruang maupun waktu sehingga dapat mendukung proses pembelajaran yang aktif (Yustina *et al.*, 2020; Tong & Wei, 2020). Model pembelajaran ini memiliki karakteristik memanfaatkan sumber daya daring untuk mendukung pelaksanaan proses pembelajaran proyek (Li & Wang, 2022).

Setelah penerapan pembelajaran *Digital-based PjBL-STEM*, keterampilan proses sains siswa berada pada kategori “tinggi”. Melalui *Digital-based PjBL-STEM* yang dikembangkan, siswa diajarkan untuk mencari data melalui kegiatan dan langkah-langkah pemecahan masalah secara rinci dan sistematis sehingga siswa dapat menjawab berbagai pertanyaan yang bervariasi, sehingga semua indikator keterampilan proses sains yaitu indikator *observing, classifying and predicting indicators, concluding and communicating*.



Siswa juga mampu membuat produk yang berhubungan dengan materi dengan baik. Dengan membuat produk sendiri, guru dapat mengembangkan minat dan kreativitas belajar siswa. Pemahaman siswa terhadap materi juga dapat berkembang dengan baik. Pembelajaran *Digital-based PjBL-STEM* siswa dapat belajar dalam empat aspek yaitu sains, teknologi, teknik dan matematika dari produk yang mereka buat. Konsep sains mereka dapatkan dari materi. Konsep teknologi mereka dapat mengaplikasikan produk yang sesuai dengan perkembangan teknologi saat ini. Konsep rekayasa yang diperoleh siswa, siswa mampu menciptakan alat sendiri. Konsep matematika yang mereka pelajari adalah siswa mampu menghitung rumus dan dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

Implementasi aspek engineering pada LKS berbasis STEM berupa proyek pembuatan alat sederhana yang diberikan kepada siswa. Proyek pembuatan alat sederhana dalam LKS berbasis STEM bertujuan untuk membantu siswa memahami konsep sains yang diterapkan dalam alat tersebut dan melibatkan siswa secara aktif membangun pengalaman belajarnya. Sejalan dengan prinsip teori belajar konstruktivisme yang memusatkan proses pembelajaran yang dialami secara langsung untuk membentuk konsep pembelajaran dan pemahaman.

Penerapan *Digital-based PjBL-STEM* merupakan solusi yang relevan dengan kondisi lingkungan saat ini sehingga dapat mendukung peningkatan prestasi belajar siswa dibandingkan dengan model pembelajaran tradisional. *Digital-based PjBL-STEM* dapat memberikan lingkungan belajar yang fleksibel lingkungan belajar yang fleksibel, meningkatkan motivasi siswa, dan memfasilitasi peninjauan dan kontrol belajar. Selain itu, dapat memecahkan masalah secara profesional secara mandiri dan meningkatkan meningkatkan proyek kerja kolaboratif siswa (Wahyudi, 2020). *Digital-based PjBL-STEM* memfasilitasi waktu belajar siswa secara maksimal untuk terlibat dan terlibat dan bekerja secara langsung sehingga pembelajaran lebih efektif dan efisien. Hal ini sesuai dengan pernyataan Telaumbanua (2020) yang menyatakan bahwa proses pembelajaran akan lebih efektif dan efisien jika siswa diberi kesempatan lebih banyak untuk terlibat dan bekerja secara langsung (Telaumbanua, 2022). *Digital-based PjBL-STEM* juga memfasilitasi waktu belajar yang maksimal untuk dapat bertukar bertukar pikiran dengan teman dan mencari informasi yang mendalam untuk mendukung mendukung ide yang disampaikan (Mutakinati et al., 2018). *Digital-based PjBL-STEM* memberikan kesempatan bagi siswa untuk berkreasi dan belajar di mana saja tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu (Telaumbanua, 2022). Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa proses pembelajaran akan lebih efektif dan efisien jika siswa diberi kesempatan lebih banyak untuk terlibat langsung dan bekerja.

4. SIMPULAN

Berdasarkan kajian teori dan analisis hasil penelitian yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa. Model pembelajaran Digital-based PjBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa dibandingkan dengan model pembelajaran project based learning saja. Model pembelajaran Digital-based PjBL-STEM mampu membuat proses pembelajaran menjadi lebih aktif, kreatif dan menyenangkan. Model pembelajaran Digital-based PjBL-STEM memungkinkan siswa untuk lebih aktif dan tanggap dalam menghadapi permasalahan yang ada di lingkungan sekitar, serta lebih kreatif dibandingkan dengan model pembelajaran berbasis proyek saja. Melalui model pembelajaran Digital-based PjBL-STEM, siswa mampu mendefinisikan konsep pembelajaran dan menghubungkannya dengan aplikasi di kehidupan nyata. Model pembelajaran Digital-based PjBL-STEM mampu memberikan pengaruh untuk meningkatkan ketrampilan proses sains siswa.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada panitia seminar dan reviewer atas kesempatan serta masukan berharga yang telah diberikan. Terima kasih juga kepada rekan-rekan peneliti dan institusi yang mendukung dalam proses penulisan literatur review ini. Semoga artikel ini dapat berkontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Acan, S. C., & Acan, N. L. (2019). Music notes to amino acid sequence: A STEAM approach to study protein structure. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(6), 669-671
- AlAli, R. (2024). Enhancing 21st Century Skills Through Integrated STEM Education Using Project-Oriented Problem-Based Learning. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 53(2), 421-430.
- 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.
- Bariyah, I. L. N., & Sugandi, M. K. (2022, October). Project Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Pada Konsep Ekosistem. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan* (Vol. 4, pp. 135-144).
- Chan, R. C. (2022). A social cognitive perspective on gender disparities in self-efficacy, interest, and aspirations in science, technology, engineering, and mathematics (STEM): The influence of cultural and gender norms. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-13.



- Diawati, L. P., Ardana, I. K., & Agustika, G. N. S. (2019). Pengaruh Model Children's Learning In Science Berbantuan Media Audio Visual Terhadap Kompetensi Pengetahuan IPA. *Mimbar Ilmu*, 24(1), 96–104.
- Eliaumra, E., Samaela, D. P., Gala, I. N., & Rurua, S. F. (2024). Development of Digital Literacy-Based Project Based Learning Assessment Models to Improve High School Students' Creative Thinking Abilities. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 572-582.
- Evitasari, A. D., & Nurjanah, T. (2019). *Optimalisasi Hasil Belajar Ipa Melalui Model Project Based Learning Pada Peserta Didik Kelas IV. April*, 59–65.
- Handayanto, S. K., & Dasna, I. W. (2018). Pengaruh learning cycle 5E terhadap keterampilan proses sains peserta didik kelas VIII. *Jurnal Pendidikan*, 3(3), 286–290.
- Indriani, D., & Mercuriani, I. S. (2019). Experiential learning model with mind mapping on fungi: how to improve science process skills?. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(2), 223-237.
- Juhji, J., & Nuangchaleram, P. (2020). Interaction between science process skills and scientific attitudes of students towards technological pedagogical content knowledge. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(1), 1-16.
- Juškevičienė, A., Dagienė, V., & Dolgopolas, V. (2021). Integrated activities in STEM environment: Methodology and implementation practice. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 209-228.
- Katona, B., Venkataragavan, J., Nina, E., Ulrika, B., & Björn, O. (2022). Use of visual learning media to increase student learning motivation. *World Psychology*, 1(3), 161-176.
- Li, S., & Wang, W. (2022). Effect of blended learning on student performance in K-12 settings: A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.12696>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Annals of internal medicine*, 151(4), W-65.
- Mursid, R., Saragih, A. H., & Hartono, R. (2022). The Effect of the Blended Project-Based Learning Model and Creative Thinking Ability on Engineering Students' Learning Outcomes. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 10(1), 218-235.
- Nurdiansah, I., Makiyah, Y. S., Fisika, P., & Siliwangi, U. (2021). Efektivitas Modul Hybrid Project Based Learning (H-Pjbl) Berbasis Laboratorium Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 7(2), 104-110.
- Okilanda, A., Suganda, M. A., Mardesia, P., Suryadi, D., Wahyuni, D., Widyastuti, S. R., Samodra, J., Touvan, Y. & Kurniawan, F. (2023). Blended learning and online learning with project-based learning: Do they affect cognition and psychomotor learning achievement in physical conditions?. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 50.
- Putra, A. K., Sumarmi., Deffinika, I., & Islam, M. N. (2021). The effect of blended projectbased learning with stem approach to spatial thinking ability and geographic skill. *International Journal of Instruction*, 14(3), 685-704.
- Ramadhani, R., & Fitri, Y. (2020). A Project-based learning into flipped classroom for ePUB3 electronic mathematics learning module (eMLM)-based on course design and implementation. *Universal Journal of Educational Research*, 8(7), 3119-3135
- Retnawati, H., dkk. (2018). *Pengantar Analisis Meta*. Yogyakarta : Parama Publishing
- Saimon, M., Lavicza, Z., Houghton, T., & Rahmadi, I. (2023). A model for integrating microgames in teaching primary education for sustainable development. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*.
- Sukackė, V., Guerra, A. O. P. D. C., Ellinger, D., Carlos, V., Petronienė, S., Gaižiūnienė, L., Blanch, S. Marba-Taladda, A. & Brose, A. (2022). Towards active evidence-based learning in engineering education: A systematic literature review of PBL, PjBL, and CBL. *Sustainability*, 14(21), 13955.
- Telaumbanua, S. (2022). The Effect of Project Based Blended Learning Towards Negotiation Text Writing Ability Moderated by Learning Motivation. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 14(2), 2327-2334.
- Tong, Y., & Wei, X. (2020). Teaching design and practice of a projectbased blended learning model. *International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)*, 12(1), 33-50.
- Topsakal, İ., Yalçın, S. A., & Çakır, Z. (2022). The effect of problem-based stem education on the students' critical thinking tendencies and their perceptions for problem solving skills. *Science Education International*, 33(2), 136-145.
- Utomo, A. P., Hasanah, L., Hariyadi, S., & Narulita, E. (2020). The effectiveness of steam-based biotechnology module equipped with flash animation for biology learning in high school. *International Journal of Instruction*, 13(2), 463-476
- Wahyudi, W. (2020). The effectiveness of sharing blended projectbased learning (SBPBL) model implementation in operating system course. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(5), 202-211
- Winarni, E. W., Karpudewan, M., Karyadi, B., & Gumono, G. (2022). Integrated PjBL-STEM in Scientific Literacy and Environment Attitude for Elementary School. *Asian Journal of Education and Training*, 8(2), 43-50.
- Yustina, Y., Syafii, W., & Vebrianto, R. (2020). The Effects of Blended Learning and Project-Based Learning on Pre-Service Biology Teachers Creative Thinking through Online Learning in the Covid-19 Pandemic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 408-420.
- Zizka, L., McGunagle, D. M., & Clark, P. J. (2021). Sustainability in science, technology, engineering and mathematics (STEM) programs: Authentic engagement through a community-based approach. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123715.