

Eksplorasi keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa pada pembelajaran IPAS terintegrasi STEAM melalui model PjBL

**Lukman Nasrudin¹, Fadhil Nur Hidayat^{2*}, Elvandari Maulana³, M. Choirul Muzaini⁴,
Nugroho Noto Suseno⁵**

^{1,2,3,4}Program Studi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, STIT Al Mubarak Bandar Mataram, Lampung Tengah, Indonesia

⁵Program Studi Pendidikan Agama Islam, UIN Jurai Siwo Lampung, Kota Metro, Indonesia

*email korespondensi: kisangga1986@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi implementasi pembelajaran IPAS terintegrasi STEAM melalui model PjBL berbasis asset-based thinking, guna merespons kesenjangan penerapan STEAM pada sekolah dasar dengan keterbatasan sumber daya, serta mendeskripsikan profil keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. Penelitian kualitatif dengan rancangan studi kasus ini dilaksanakan di SDN 5 Mataram Ilir pada Mei-Juni 2026, melibatkan seorang kepala sekolah, seorang guru IPAS, dan tiga siswa kelas IV usia sekolah dasar. Hasil penelitian mendapatkan tiga temuan utama. Pertama, pemanfaatan aset lingkungan lokal dan media visual secara integratif terbukti menyediakan konteks nyata yang mendukung pelaksanaan proyek STEAM-PjBL, alih-alih bergantung pada fasilitas yang ideal. Kedua, praktik pembelajaran tersebut memfasilitasi munculnya perilaku berpikir kritis di mana siswa membangun penjelasan kausal berdasarkan pengamatan empiris serta kolaborasi aktif yang ditandai oleh interdependensi dan penyelesaian konflik kelompok. Ketiga, konsistensi implementasi masih dibatasi oleh hambatan konseptual, meliputi keterbatasan pemahaman teoretis guru mengenai kerangka utuh STEAM, kebingungan kognitif siswa dalam memadukan muatan IPA dan IPS, serta kesenjangan persepsi terkait evaluasi proyek. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini merekomendasikan penerapan strategi pemetaan konsep (concept mapping) secara eksplisit dan transparansi kriteria penilaian, serta menyarankan studi komparatif lanjutan guna memperluas pemahaman adaptasi STEAM-PjBL di berbagai konteks demografi Pendidikan.

Kata Kunci: IPAS; STEAM; Project-Based Learning; Berpikir Kritis; Kolaborasi

Abstract

Exploring students' critical thinking and collaboration skills in STEAM-integrated IPAS learning using the PjBL model. This study aims to explore the implementation of STEAM-integrated IPAS learning through the PjBL model based on asset-based thinking, responding to the gap in STEAM application in resource-constrained elementary schools, and to describe students' critical thinking and collaboration profiles. This qualitative case study was conducted at SDN 5 Mataram Ilir from May to June 2026, involving one principal, one fourth-grade IPAS teacher, and three elementary-age students. The results highlight three main findings. First, the integrative use of local environmental assets and visual media provided a concrete context supporting STEAM-PjBL projects, rather than relying on ideal laboratory facilities. Second, the instructional practices facilitated the emergence of critical thinking behaviors where students constructed causal explanations based on empirical observations as well as active collaboration characterized by interdependence and group conflict resolution. Third, the consistency of implementation was limited by conceptual barriers, including the teacher's limited theoretical understanding of the complete STEAM framework, students' cognitive confusion in integrating science and social studies contents, and perception gaps regarding project evaluation. Based on these findings, this study recommends the explicit application of concept mapping strategies and transparent assessment criteria, and suggests further comparative studies to broaden the understanding of STEAM-PjBL adaptation across various educational demographic contexts.

Keywords: IPAS; STEAM; Project-Based Learning; Critical Thinking; Collaboration

Pendahuluan

Pendidikan pada abad ke-21 menuntut peserta didik untuk memiliki berbagai keterampilan penting, di antaranya kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi, kemampuan ini sangat diperlukan agar siswa mampu menghadapi berbagai tantangan zaman yang terus berkembang (Om-On et al., 2026; Thornhill-Miller et al., 2023; Wardani & Fiorintina, 2023). Pada jenjang sekolah dasar, fase ini menjadi fondasi awal bagi anak dalam mengembangkan aspek kognitif maupun sosialnya (Cherukunnath & Singh, 2022; Dörrenbächer-Ulrich et al., 2024). Sejalan dengan hal tersebut, penerapan Kurikulum Merdeka memberikan keleluasaan bagi satuan pendidikan untuk merancang pembelajaran yang lebih fleksibel, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik (Anisa & Fatmariza, 2026; Riyanti et al., 2026). Kebijakan ini menjadikan muatan Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) sebagai salah satu bidang yang strategis untuk membangun pemahaman yang utuh mengenai alam dan lingkungan sosial sekitar (Hanif et al., 2024; Helzi et al., 2024; Hidayat & Munir, 2026). Namun pada kenyataannya, pelaksanaan pembelajaran IPAS di sekolah dasar sering kali belum berjalan secara optimal, proses pembelajaran di kelas masih banyak yang menggunakan metode konvensional dan berpusat pada guru, sehingga siswa cenderung pasif serta terbiasa menghafal konsep tanpa memahami makna penerapannya secara nyata (Sager et al., 2025; Unawekla et al., 2026; Yulia Maftuhah Hidayati et al., 2026). Hal ini berdampak pada rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa, seperti kemampuan merumuskan pertanyaan analitis dan menyusun argumen berdasarkan bukti (Adhelacahya et al., 2023; Imron et al., 2025). Selain itu, kegiatan pembelajaran yang masih terkotak-kotak kurang memberikan ruang bagi siswa untuk melatih keterampilan sosial dan kerja sama secara efektif (Fadhil Nur Hidayat et al., 2023; Lidiawati et al., 2025; Romanovska & Novak, 2024).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan penerapan model pembelajaran yang inovatif, salah satunya adalah *Project-Based Learning* (PjBL). Model PjBL menempatkan siswa sebagai subjek utama yang aktif menyelesaikan tugas atau proyek berbasis masalah nyata, melalui sintaks PjBL, peserta didik dilibatkan secara langsung mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi proyek (Al-Shawabkeh et al., 2026; Farrow et al., 2024; Sukackè et al., 2022). Proses ini secara bersamaan dapat melatih kerja sama kelompok, kemampuan komunikasi, serta pemecahan masalah, agar hasilnya lebih maksimal, model PjBL dapat dipadukan dengan pendekatan interdisipliner STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) (Retno et al., 2025; Supianti et al., 2025). Pendekatan ini menggabungkan lima bidang ilmu secara terpadu, di mana siswa tidak hanya mempelajari sains secara teoretis, tetapi juga memanfaatkan teknologi, merancang rekayasa sederhana, mengeksplorasi unsur seni, serta menerapkan matematika dalam menyelesaikan proyek belajarnya (Al-Qoyyim & Kurniawan, 2025; Oanh & Dang, 2025; Wised & Inthanon, 2024).

Sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas dari integrasi STEAM dan PjBL dalam dunia pendidikan. Putri & Nisa (2025) menyatakan bahwa pendekatan STEAM mampu meningkatkan motivasi dan kreativitas siswa melalui eksplorasi langsung terhadap fenomena alam (Putri & Nisa', 2025). Filipe et al., (2024) juga menegaskan bahwa PjBL merupakan model yang efektif untuk melatih keterampilan abad ke-21 karena mendorong siswa belajar secara mandiri (Filipe et al., 2024). Selain itu, Maharani et al., (2026) membuktikan bahwa penggunaan media visual berbasis digital dapat meningkatkan daya serap konsep sains pada siswa (Maharani et al., 2026). Sedangkan Nur Ismiyati (2024) serta Sukmawati et al., (2023) turut mengonfirmasi bahwa elemen rekayasa dan seni memperkuat kreativitas siswa (Ismiati, 2024; Sukmawati et al., 2023), sementara Ananda et al., (2023) menjelaskan bahwa kolaborasi berbasis STEAM memperkuat nalar kritis siswa melalui diskusi antarkelompok (Ananda et al., 2023).

Ditinjau dari berbagai studi penelitian, telah banyak membahas tentang STEAM dan PjBL, tetapi masih terdapat kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut, sebagian besar penelitian sebelumnya mengasumsikan penerapan STEAM pada kondisi yang ideal, seperti ketersediaan fasilitas laboratorium yang memadai atau dukungan biaya yang besar, sehingga kurang sesuai jika diterapkan di sekolah dengan keterbatasan sumber daya (Filipe et al., 2024; Muntamah et al., 2023; Segarra-Morales & Juca-Aulestia, 2024; Siregar et al., 2023). Temuan tersebut menunjukkan bahwa STEAM-PjBL memiliki landasan empiris yang kuat sebagai pendekatan pembelajaran untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21. Meskipun demikian, terdapat perbedaan fokus antara penelitian terdahulu dengan kebutuhan implementasi pembelajaran pada sekolah dasar yang memiliki keterbatasan sumber daya. Penelitian tentang STEAM-PjBL pada umumnya lebih menekankan efektivitas model terhadap hasil belajar, kreativitas, motivasi, berpikir kritis, atau keterampilan kolaboratif, sementara aspek bagaimana sumber daya lokal yang tersedia dapat diidentifikasi dan dimanfaatkan sebagai aset pembelajaran belum banyak mendapatkan perhatian. Dengan kata lain, penelitian terdahulu lebih banyak berorientasi pada *what STEAM-PjBL can improve*, sedangkan aspek *how STEAM-PjBL can be implemented by utilizing available assets in resource-constrained contexts* masih relatif kurang dieksplorasi.

Dalam konteks tersebut, konsep asset-based thinking menjadi relevan sebagai landasan konseptual penelitian. Asset-based thinking merupakan perspektif yang memandang individu, lingkungan, fasilitas, budaya, pengetahuan, keterampilan, dan sumber daya yang tersedia bukan semata-mata berdasarkan kekurangannya, tetapi berdasarkan potensi yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam pendidikan, perspektif ini mendorong guru untuk mengidentifikasi dan memanfaatkan sumber daya yang telah tersedia di lingkungan peserta didik sebagai bagian dari proses pembelajaran. Dengan demikian, keterbatasan fasilitas tidak selalu diposisikan sebagai hambatan, tetapi dapat menjadi titik awal untuk mengembangkan pembelajaran yang kontekstual melalui pemanfaatan aset lingkungan sekolah dan masyarakat (Iglesias & González, 2022; Murray-Orr & Mitton, 2023). Perspektif asset-based thinking memiliki keterkaitan erat dengan karakteristik STEAM-PjBL. Proyek dalam pembelajaran STEAM tidak selalu membutuhkan laboratorium atau teknologi yang kompleks, tetapi dapat dikembangkan melalui permasalahan nyata dan sumber daya yang tersedia di lingkungan sekitar.

Dengan demikian, kesenjangan penelitian tidak semata-mata terletak pada penerapan STEAM-PjBL di lokasi atau sekolah yang berbeda, tetapi pada belum terintegrasinya perspektif asset-based thinking dengan implementasi STEAM-PjBL dalam pembelajaran IPAS sekolah dasar yang memiliki keterbatasan sumber daya, serta belum banyaknya kajian yang secara bersamaan mengeksplorasi keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik dalam konteks tersebut. Posisi penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena menempatkan aset lingkungan lokal sebagai bagian dari pendekatan konseptual dalam implementasi STEAM-PjBL, bukan sekadar sebagai media atau bahan tambahan pembelajaran. Dan juga Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pengungkapan secara empiris mengenai praktik nyata pelaksanaan pembelajaran IPAS terintegrasi STEAM melalui model PjBL yang memanfaatkan aset atau fasilitas lingkungan lokal, serta pemetaan profil keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik di sekolah dasar. Berdasarkan latar belakang dan identifikasi kesenjangan penelitian tersebut, artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi proses implementasi pembelajaran IPAS terintegrasi STEAM melalui model PjBL, mendeskripsikan profil keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa, serta menganalisis faktor pendukung dan penghambatnya secara mendalam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur pendidikan dasar dan memberikan masukan yang bermanfaat bagi guru dalam merancang pembelajaran yang lebih inovatif.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus, pendekatan ini dipilih untuk mengeksplorasi secara mendalam keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa dalam pembelajaran IPAS yang mengintegrasikan pendekatan STEAM melalui model *Project-Based Learning* (PjBL) secara holistik (Sugiyono, 2017). Penelitian dilaksanakan di SDN 5 Mataram Ilir, Kabupaten Lampung Tengah, pada Mei-Juni 2026. Lokasi dipilih secara purposif dengan pertimbangan bahwa sekolah telah mengimplementasikan Kurikulum Merdeka, memiliki sarana teknologi pendukung, serta lingkungan alam yang potensial sebagai sumber belajar kontekstual.

Partisipan Penelitian

Partisipan ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan keterlibatan langsung dalam pembelajaran IPAS dan kesediaan berpartisipasi aktif. Partisipan terdiri atas satu kepala sekolah, satu guru IPAS kelas IV, dan tiga siswa kelas IV yang dipilih berdasarkan keragaman tingkat partisipasi akademik. Pemilihan partisipan mempertimbangkan peran dan keterlibatan masing-masing dalam kondisi pembelajaran yang dikaji. Kepala sekolah dipilih sebagai sumber informasi mengenai kondisi sekolah, dukungan institusional, serta faktor pendukung dan penghambat pembelajaran. Guru IPAS dipilih karena terlibat langsung dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran STEAM-PjBL, sedangkan tiga siswa dipilih untuk memperoleh informasi mengenai pengalaman belajar dan keterampilan berpikir kritis serta kolaborasi selama kegiatan proyek. Dengan komposisi tersebut, setiap partisipan memberikan perspektif yang berbeda tetapi saling berkaitan dengan fokus penelitian, kecukupan data tidak ditentukan semata-mata berdasarkan jumlah partisipan, tetapi berdasarkan relevansi partisipan terhadap fokus penelitian, kedalaman informasi yang diperoleh, serta konsistensi informasi yang ditemukan melalui berbagai sumber dan teknik pengumpulan data. Identitas partisipan disamarkan menggunakan kode KS, G, dan S1-S3.

Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik yang saling melengkapi, yaitu observasi partisipatif, wawancara mendalam semiterstruktur, dan studi dokumentasi (Creswell & Poth, 2024). Observasi difokuskan pada aktivitas pembelajaran, interaksi dalam kerja kelompok, proses penyelesaian proyek, serta perilaku siswa yang mencerminkan indikator keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi. Wawancara mendalam dilakukan dengan kepala sekolah dan guru untuk menggali strategi perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran STEAM-PjBL, sedangkan wawancara dengan siswa diarahkan pada pengalaman belajar, persepsi terhadap

kegiatan proyek, serta tantangan kolaborasi yang dihadapi. Dokumentasi digunakan sebagai data penguat melalui pengumpulan modul ajar, catatan lapangan, dan foto kegiatan pembelajaran, instrumen penelitian berupa pedoman observasi dan panduan wawancara yang disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumen Penelitian

Aspek	Konstruk Konseptual	Indikator yang Dianalisis
Proses Penumbuhan Berpikir Kritis	Berpikir kritis sebagai praktik reflektif yang tumbuh melalui problematisasi dan dialog argumentatif	(1) Perumusan pertanyaan analitis; (2) Penyampaian opini berbasis bukti/alasan; (3) Identifikasi hubungan sebab-akibat; (4) Penarikan kesimpulan melalui argumentasi kolektif
Keterampilan Kolaborasi dalam PjBL	Kolaborasi sebagai keterlibatan bersama dalam menyelesaikan proyek melalui tahapan PjBL yang menuntut pembagian peran, komunikasi, dan musyawarah untuk mencapai tujuan bersama	(1) Pembagian peran dan tanggung jawab dalam kelompok; (2) Komunikasi aktif dan saling mendengarkan; (3) Musyawarah dalam pengambilan keputusan; (4) Saling membantu dan memberi umpan balik; (5) Menyelesaikan konflik secara konstruktif

Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan selama Mei-Juni 2026 melalui observasi partisipatif, wawancara mendalam semiterstruktur, dan dokumentasi. Observasi dilakukan secara langsung selama proses pembelajaran IPAS terintegrasi STEAM melalui model PjBL dengan menggunakan pedoman observasi berdasarkan indikator penelitian. Pengamatan diarahkan pada aktivitas siswa, interaksi dalam kelompok, proses penyelesaian proyek, serta perilaku yang menunjukkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi, hasil pengamatan dicatat dalam catatan lapangan sebagai bahan analisis. Wawancara dilakukan secara semiterstruktur kepada kepala sekolah, guru IPAS kelas IV, dan tiga siswa yang menjadi partisipan penelitian. Wawancara kepada kepala sekolah dan guru diarahkan untuk memperoleh informasi mengenai perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dukungan, serta kendala dalam pembelajaran STEAM-PjBL. Sementara itu, wawancara kepada siswa diarahkan untuk menggali pengalaman mengikuti kegiatan proyek, proses kerja kelompok, penyampaian pendapat, pengambilan keputusan, dan penyelesaian permasalahan. Wawancara dilakukan dengan menggunakan pedoman yang disusun berdasarkan fokus penelitian dan dapat dikembangkan sesuai informasi yang muncul selama proses wawancara. Dokumentasi digunakan untuk melengkapi dan memperkuat data yang diperoleh melalui observasi dan wawancara. Dokumen yang digunakan meliputi modul ajar, catatan kegiatan, dan foto proses pembelajaran. Data dari observasi, wawancara, dan dokumentasi selanjutnya dibandingkan dan diintegrasikan untuk memperoleh gambaran yang lebih utuh mengenai implementasi STEAM-PjBL, keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi, serta faktor pendukung dan penghambatnya.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan model interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña yang meliputi reduksi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan. Analisis dilakukan secara berkesinambungan sejak proses pengumpulan data berlangsung (Sugiyono, 2017). Pada tahap pertama, data hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi diseleksi dan difokuskan sesuai dengan tujuan penelitian. Data yang relevan kemudian diberi kode berdasarkan fokus dan indikator penelitian, terutama indikator berpikir kritis dan kolaborasi. Pada tahap berikutnya, kode-kode yang memiliki kesamaan makna dikelompokkan menjadi kategori. Kategori kemudian dibandingkan antarpartisipan dan antarteknik pengumpulan data untuk menemukan pola, kesamaan, maupun perbedaan informasi. Selanjutnya, kategori yang memiliki keterkaitan konseptual dikelompokkan menjadi tema. Tema tersebut digunakan untuk menyusun interpretasi mengenai implementasi pembelajaran STEAM-PjBL, profil keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa, serta faktor pendukung dan penghambat. Penyajian data dilakukan dalam bentuk uraian naratif yang diperkuat dengan kutipan wawancara dan hasil observasi yang relevan. Proses analisis data dilakukan secara iteratif dan berkesinambungan, temuan dari wawancara dibandingkan dengan hasil observasi dan dokumentasi, sedangkan informasi dari kepala sekolah, guru, dan siswa dibandingkan untuk melihat konsistensi maupun perbedaan informasi, kemudian, kesimpulan yang diperoleh diverifikasi kembali dengan data lapangan.

Kejenuhan Data

Kejenuhan data ditentukan secara bertahap selama proses pengumpulan dan analisis data. Peneliti mempertimbangkan data telah mencapai kejenuhan ketika informasi yang diperoleh dari kepala sekolah, guru, dan siswa menunjukkan pola yang konsisten dan pengumpulan data lanjutan tidak lagi menghasilkan informasi substantif baru yang berkaitan dengan fokus penelitian. Pertimbangan tersebut mencakup konsistensi informasi mengenai implementasi STEAM-PjBL, keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi, serta faktor pendukung

dan penghambat. Kejenuhan data selanjutnya diperkuat melalui perbandingan data dari observasi, wawancara, dan dokumentasi. Dengan demikian, keputusan mengenai kecukupan data tidak hanya didasarkan pada pengulangan jawaban partisipan, tetapi juga pada ketercukupan informasi dari berbagai sumber dan teknik pengumpulan data.

Keabsahan Data

Keabsahan data diuji melalui triangulasi sumber, triangulasi teknik, dan *member check*, triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari kepala sekolah, guru, dan siswa, triangulasi teknik dilakukan dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi. Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk melihat konsistensi data sekaligus mengidentifikasi informasi yang memerlukan pemeriksaan lebih lanjut. Temuan awal selanjutnya dikonfirmasi kepada partisipan melalui *member check* untuk memastikan kesesuaian interpretasi peneliti dengan informasi yang diberikan oleh partisipan, proses tersebut dilakukan untuk meningkatkan kredibilitas interpretasi dan memastikan bahwa kesimpulan penelitian memiliki dasar empiris yang memadai (Tisdell et al., 2015).

Etika Penelitian

Penelitian memperhatikan prinsip etika penelitian karena melibatkan siswa sekolah dasar sebagai partisipan. Sebelum pengumpulan data dilakukan, peneliti terlebih dahulu meminta izin kepada pihak sekolah dan menjelaskan tujuan serta prosedur penelitian kepada pihak yang terlibat. Partisipasi dilakukan secara sukarela dengan memperhatikan kenyamanan dan hak partisipan selama proses pengumpulan data. Untuk partisipan siswa, keterlibatan dalam penelitian dilakukan dengan sepengetahuan dan persetujuan pihak sekolah serta orang tua/wali. Kerahasiaan identitas partisipan dijaga dengan menggunakan kode KS untuk kepala sekolah, G untuk guru, dan S1-S3 untuk siswa. Data yang diperoleh digunakan untuk kepentingan penelitian dan penyusunan artikel ilmiah. Peneliti juga memastikan bahwa proses observasi dan wawancara tidak mengganggu kegiatan pembelajaran serta tidak memberikan perlakuan yang dapat merugikan partisipan.

Hasil dan Pembahasan

Implementasi Pembelajaran IPAS Terintegrasi STEAM melalui Model PjBL pada Siswa Usia Sekolah Dasar

Implementasi pembelajaran IPAS yang mengintegrasikan STEAM melalui model *Project-Based Learning* (PjBL) di SDN 5 Mataram Ilir berlangsung secara organik, terencana, dan kontekstual. Proses perencanaan ini berakar pada pendekatan *asset-based thinking*, di mana kepala sekolah secara strategis memetakan seluruh fasilitas lingkungan sebagai sumber belajar utama yang relevan bagi pemahaman siswa usia sekolah dasar. Pemetaan ini terkonfirmasi dari pernyataan kepala sekolah: "*Saya menganalisa mengenai fasilitas yang ada di sekolah, kita lihat dulu fasilitas yang ada di sekolah, apa saja kira-kira lingkungan sekolah bisa dimanfaatkan sebagai sumber belajar. Nah, dari situ, kemudian kita buat perencanaan pembelajaran yang memanfaatkan fasilitas yang ada di lingkungan sekolah kita ini*" (W/KS/10/06/2026).

Analisis terhadap perencanaan strategis ini menunjukkan bahwa pendekatan STEAM tidak dituntut untuk menjadi program tambahan yang mengisolasi kurikulum, melainkan dapat direkatkan secara alamiah ke dalam anatomi pembelajaran yang sudah ada. Kebijakan institusional yang memaksimalkan aset lokal sekolah ini sejalan dengan pandangan Momo Rosbiono (2025), yang menyatakan bahwa integrasi STEAM yang berpijak pada kekayaan lingkungan sekitar mampu menciptakan ekosistem belajar yang autentik dan secara psikologis lekat dengan memori keseharian siswa (Momo Rosbiono, 2025). Temuan tersebut memperlihatkan bahwa karakter kontekstual dalam implementasi STEAM-PjBL ini tidak muncul karena penambahan fasilitas khusus, melainkan karena kemampuan sekolah menghubungkan aset yang telah tersedia dengan tujuan pembelajaran. Data wawancara kepala sekolah menunjukkan adanya proses pemetaan fasilitas sebelum pembelajaran dirancang. Dengan demikian, *asset-based thinking* dalam penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai strategi pemanfaatan sumber daya lokal untuk mendukung integrasi pembelajaran, bukan sebagai model pembelajaran tersendiri. Interpretasi ini memperkuat penelitian sebelumnya yang menempatkan lingkungan sekitar sebagai sumber belajar dalam pembelajaran STEAM (Momo Rosbiono, 2025), sekaligus menunjukkan bentuk implementasinya pada situasi sekolah dasar dengan sumber daya yang tersedia.

Dalam tahap pelaksanaan, keluasan materi IPAS tidak diajarkan secara teoretis semata, melainkan dikontekstualisasikan secara langsung dengan fenomena alam sekitar yang dekat dengan realitas siswa. Guru mengungkapkan: "*Saya melihat perkembangan di SDN 5 Mataram ini sesuai dengan karakter siswa masing-masing karena kurikulum merdeka itu membebaskan siswa untuk belajar... saya memadukan antara peserta didik itu dengan lokasi yang ada di sini terkait dengan kegiatan atau materi dengan pembelajaran IPAS*" (W/GK/10/06/2026). Kontekstualisasi ini diwujudkan secara spesifik pada materi "*Pengaruh Cuaca terhadap Kehidupan Manusia*" dan materi "*Ekosistem dan Lingkungan*" melalui tahapan PjBL yang berkesinambungan. Pada tahap awal, guru memantik rasa ingin tahu melalui pertanyaan kausalitas terkait fenomena cuaca harian

maupun interaksi antarmakhluk hidup, yang kemudian bermuara pada penugasan proyek observasi cuaca selama sepekan serta proyek penciptaan karya fisik berupa miniatur ekosistem dan buku tempel tanaman. Respons siswa terhadap orientasi materi dan proyek ini sangat positif, seperti yang diungkapkan Siswa 1: *"Saya jadi penasaran dan mulai menebak-nebak materi apa yang akan dipelajari"* (W/S1/10/06/2026).

Strategi pemantik yang merangsang pergolakan kognitif ini menunjukkan adanya respons keingintahuan siswa terhadap pembelajaran, sebagaimana tampak dari pernyataan Siswa 1. Temuan tersebut dapat dibaca melalui perspektif konstruktivisme Piaget (1978), yang memandang belajar sebagai proses membangun pengetahuan melalui keterlibatan aktif dengan pengalaman (Hayat et al., 2024). Dalam penelitian ini, PjBL menyediakan ruang bagi siswa untuk menghubungkan materi IPAS dengan proyek konkret, temuan tersebut juga sejalan dengan Andyanie et al. (2025) dan Mangaroska et al. (2022) yang menempatkan aktivitas pemecahan masalah dan proyek sebagai ruang bagi keterlibatan aktif siswa (Andyanie et al., 2025; Mangaroska et al., 2022). Dengan demikian, data penelitian lebih tepat ditafsirkan sebagai indikasi bahwa desain proyek memberikan ruang bagi siswa untuk merespons fenomena dan tugas secara aktif, bukan sebagai bukti bahwa PjBL secara langsung menyebabkan peningkatan kemampuan kognitif siswa, batas interpretasi ini penting karena penelitian menggunakan desain studi kasus dan tidak melakukan pengukuran sebelum dan sesudah pembelajaran.

Keterpaduan pelaksanaan proyek IPAS tersebut menjadi wadah bertemunya kelima komponen STEAM yang melebur menjadi satu kesatuan pengalaman belajar, pada komponen Sains untuk materi "Ekosistem dan Lingkungan", keterlibatan empiris siswa usia sekolah dasar difasilitasi melalui eksplorasi langsung di halaman sekolah guna mengumpulkan data dan material pendukung proyek diorama ekosistem dan buku tempel, praktik pengumpulan data sains ini terekam jelas dalam pernyataan Siswa 2: *"Bu guru kami pernah memerintahkan kami untuk mengamati pot tanaman yang diambil dari depan kelas"* (W/S2/10/06/2026). Temuan tersebut menunjukkan bahwa dalam mengeksplorasi konsep ekosistem, siswa terlibat langsung dengan objek lingkungan seperti daun, tanah, dan tanaman. Proses ini memperlihatkan bentuk pembelajaran sains yang berbasis pengalaman nyata, temuan tersebut sejalan dengan penelitian Kalengkongan dan Umbroh (2026) serta Nur Hidayat dan Mentari Putri (2026) yang menempatkan eksplorasi lingkungan dalam pembelajaran STEAM sebagai salah satu cara menghubungkan konsep dengan pengalaman nyata siswa (Kalengkongan & Umbroh, 2026; Nur Hidayat & Mentari Putri, 2026). Kekuatan temuan pada komponen Science terletak pada adanya kesesuaian antara aktivitas yang diamati dan tujuan konseptual pembelajaran IPAS. Namun, berdasarkan data yang tersedia, penelitian ini menunjukkan adanya keterlibatan siswa dalam observasi lingkungan, bukan mengukur secara kuantitatif peningkatan pemahaman konsep sains. Oleh sebab itu, kontribusi temuan lebih tepat ditempatkan pada bagaimana lingkungan lokal digunakan sebagai konteks pengalaman belajar dalam STEAM-PjBL.

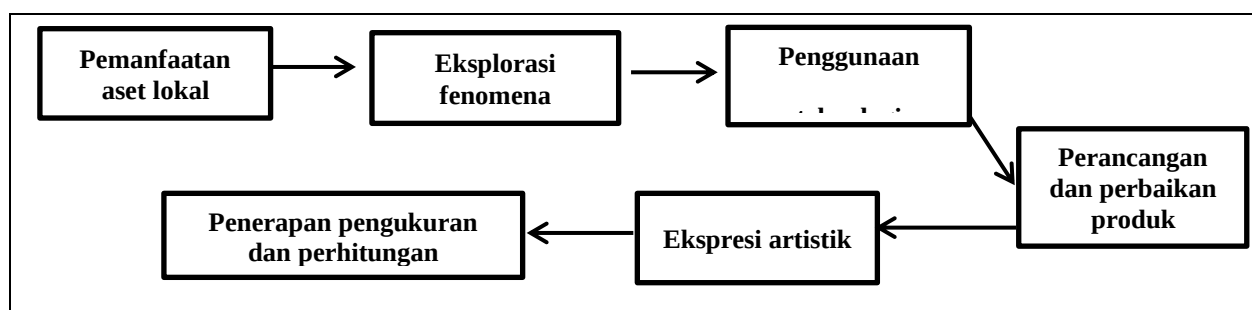
Pengamatan langsung terhadap alam tersebut kemudian diperkuat oleh komponen Teknologi, yang berfungsi mengorkestrasi pemahaman teoritis sebelum siswa merakit proyek diorama ekosistem maupun melakukan pengamatan cuaca. Penggunaan teknologi ini dioptimalkan melalui perangkat *Interactive Flat Panel* (IFP) dan media pembelajaran *Canva*. Kepala sekolah menegaskan esensi dari visualisasi ini: *"...melalui peraga, melalui alat media bantu, siswa secara otomatis mendapatkan visual secara utuh."* (W/KS/10/06/2026). Integrasi teknologi tersebut digunakan sebagai sarana visualisasi materi ekosistem dan dinamika cuaca. Dengan demikian, teknologi dalam penelitian ini tidak berdiri sebagai tujuan pembelajaran, melainkan berfungsi sebagai media yang membantu menghubungkan informasi abstrak dengan representasi visual. Hal ini sejalan dengan Nevrelova et al. (2024) mengenai pemanfaatan media digital dalam mendukung perhatian dan pemrosesan informasi siswa sekolah dasar (Nevrelova et al., 2024). Temuan tersebut memperlihatkan bahwa fungsi teknologi dalam STEAM-PjBL pada konteks penelitian ini bersifat instrumental: teknologi digunakan untuk mendukung visualisasi dan pemahaman sebelum siswa melakukan kegiatan proyek. Dengan demikian, kontribusi temuan bukan pada penggunaan IFP atau Canva semata, tetapi pada cara teknologi diposisikan sebagai penghubung antara representasi materi dan pengalaman proyek.

Transformasi dari pemahaman konseptual mengenai materi "Ekosistem dan Lingkungan" menuju manifestasi fisik terlihat sangat jelas pada implementasi komponen Rekayasa (*Engineering*). Komponen rekayasa ini terlihat nyata ketika siswa memasuki tahap merancang bentuk, menguji kekuatan, serta memperbaiki susunan proyek miniatur ekosistem dan buku tempel yang siswa buat. Pada waktu merekonstruksi proyek fisik tersebut, siswa usia sekolah dasar berhadapan dengan fase *trial and error*, seperti yang diceritakan oleh Siswa 1 dalam merawat kelayakan proyeknya: *"...saya mencoba menjahit atau menyambung kembali bagian yang terlepas ketika hasil karya/tugas tidak sesuai"* (W/S1/10/06/2026). Upaya siswa mengidentifikasi kekurangan pada karya ekosistemnya dan memperbaiki bagian yang rusak menunjukkan adanya proses perancangan dan perbaikan produk, temuan ini memiliki kesesuaian dengan Herianingtyas et al. (2026), yang menjelaskan karakter iteratif dalam kegiatan rekayasa melalui proses

perancangan, pengujian, dan perbaikan (Herianingtyas et al., 2026). Namun, pada penelitian ini dapat dipahami sebagai indikasi adanya praktik iteratif sederhana dalam pengerjaan proyek, bukan sebagai bukti bahwa siswa telah menguasai keterampilan *engineering* secara menyeluruh, yang mana praktik siswa menunjukkan adanya tindakan memperbaiki bagian produk ketika hasil belum sesuai, sehingga aspek yang paling kuat terlihat adalah proses revisi dan pemecahan masalah praktis.

Dimensi estetika dan ekspresi identitas personal kemudian terakomodasi melalui intervensi komponen Seni (*Art*), yang secara masif diaplikasikan pada tahap akhir (*finishing*) dari pembuatan proyek miniatur ekosistem serta buku tempel IPAS tersebut. Ruang kebebasan berekspresi ini tergambar dari keberanian siswa melakukan modifikasi visual pada karyanya, seperti yang dinyatakan Siswa 3: "*Saya menyisipkan gambar bunga dan awan di tepi karya*" (W/S3/10/06/2026), serta Siswa 1 yang melengkapinya dengan teknik pewarnaan khusus: "*Saya mewarnai memakai krayon dan menempelkan stiker berwarna-warni*" (W/S1/10/06/2026). Dilihat dari sudut pandang pendidikan, aktivitas seni tersebut menunjukkan bahwa unsur *Art* memberikan ruang bagi siswa untuk menentukan bentuk visual produk sesuai dengan gagasan mereka, temuan ini sejalan dengan Herianingtyas et al. (2026) dan Nur Hidayat dan Mentari Putri (2026) yang menempatkan unsur seni sebagai bagian dari integrasi lintas disiplin dalam STEAM (Herianingtyas et al., 2026; Nur Hidayat & Mentari Putri, 2026). Dalam konteks penelitian, kontribusi unsur *Art* terlihat pada pemberian ruang bagi siswa untuk melakukan personalisasi produk. Oleh karena itu, temuan ini lebih tepat dimaknai sebagai bentuk integrasi ekspresi artistik dalam proyek IPAS daripada menyimpulkan adanya peningkatan kreativitas siswa secara keseluruhan, karena penelitian tidak menggunakan instrumen khusus untuk mengukur kreativitas.

Kemudian, Matematika berperan sebagai landasan logis dan penentu ketepatan dalam keseluruhan proyek IPAS. Guru mengintegrasikannya melalui aktivitas pengukuran, perhitungan material, dan analisis data dasar, menyadari urgensi peran tersebut, guru secara terencana memadukan matematika dengan komponen lain, beliau mengungkapkan "*Saya akan menggabungkan beberapa cerita terkait dengan penghitungan... akan memadukan antara proyek yang dilaksanakan oleh peserta didik itu dengan menggabungkan antara dalam mata pelajaran...*" (W/GK/10/06/2026). Pada pelaksanaan proyek observasi "*Pengaruh Cuaca*", integrasi matematis ini dipraktikkan melalui pencatatan suhu harian untuk kemudian dihitung rata-rata perubahan termalnya, di sisi lain, pada perakitan tata ruang diorama ekosistem, siswa mengaplikasikan pengukuran dimensi menggunakan instrumen penggaris (W/S1/10/06/2026; W/S3/10/06/2026) dan mengalkulasi volume kebutuhan bahan secara kuantitatif, seperti kewajiban mengumpulkan 5 buah botol bekas sebagai media tanam (W/S2/10/06/2026). Melalui kegiatan tersebut, matematika digunakan dalam kondisi proyek, bukan hanya sebagai latihan numerik yang terpisah. Penggunaan pengukuran, pencatatan, dan perhitungan menunjukkan bahwa unsur matematis berfungsi untuk mendukung penyelesaian tugas proyek secara praktis. Temuan ini memperlihatkan bentuk integrasi lintas disiplin yang bersifat fungsional, karena konsep matematika digunakan ketika siswa membutuhkan pengukuran dan perhitungan dalam menyelesaikan proyek. Namun, penelitian ini belum mengukur sejauh mana aktivitas tersebut meningkatkan kompetensi matematika siswa. Oleh karena itu, interpretasi dibatasi pada bentuk pemanfaatan konsep matematika dalam aktivitas proyek, berdasarkan keseluruhan hasil penelitian tersebut, implementasi STEAM-PjBL pada SDN 5 Mataram Ilir menunjukkan pola integrasi sebagaimana yang ada **gambar 1**



Gambar 1. Pola Implementasi STEAM PjBL di SDN 5 Mataram Ilir

Pola pada gambar diatas menunjukkan bahwa kelima komponen STEAM tidak muncul sebagai lima aktivitas yang berdiri sendiri, tetapi terhubung dalam satu rangkaian proyek IPAS. Temuan ini memperkuat penelitian sebelumnya yang menempatkan STEAM-PjBL sebagai pendekatan lintas disiplin yang memungkinkan siswa menghubungkan konsep dengan aktivitas nyata (Filipe et al., 2024; Oanh & Dang, 2025; Retno et al., 2025). Namun demikian, berdasarkan penelitian ini dengan jumlah partisipan yang terbatas, kontribusi utama penelitian terletak pada pengungkapan bagaimana integrasi STEAM-PjBL dapat berlangsung

secara kontekstual melalui pemanfaatan aset sekolah dan lingkungan sekitar dalam praktik pembelajaran IPAS, sebagaimana ringkasasan analisis peneliti pada tabel dibawah ini

Tabel 2. Ringkasan Temuan Implementasi STEAM-PjBL

Komponen	Temuan Empiris	Bukti Data	Interpretasi Peneliti
Science	Siswa mengamati lingkungan dan objek alam dalam proyek ekosistem	Observasi pot tanaman, pengumpulan daun dan material alam; W/S2/10/06/2026	Lingkungan digunakan sebagai konteks pengalaman konkret untuk memahami konsep IPAS
Technology	IFP dan Canva digunakan untuk membantu visualisasi materi	Pernyataan KS mengenai IFP dan guru mengenai Canva; W/KS/10/06/2026; W/GK/10/06/2026	Teknologi berfungsi sebagai media pendukung pemahaman sebelum dan selama proyek
Engineering	Siswa merancang dan memperbaiki bagian produk yang belum sesuai	Siswa memperbaiki bagian karya yang terlepas; W/S1/10/06/2026	Terdapat praktik iteratif sederhana berupa perbaikan produk
Art	Siswa melakukan modifikasi visual terhadap produk	Penambahan gambar, pewarnaan, dan stiker; W/S1 dan W/S3/10/06/2026	Unsur seni memberi ruang personalisasi dan ekspresi dalam produk proyek
Mathematics	Siswa melakukan pengukuran dan perhitungan dalam proyek	Pengukuran menggunakan penggaris, pencatatan suhu, dan perhitungan kebutuhan bahan	Konsep matematika digunakan secara fungsional dalam penyelesaian proyek

Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Siswa dalam Pembelajaran IPAS Terintegrasi STEAM melalui Model PjBL

Keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran STEAM-PjBL tampak melalui keterlibatan siswa dalam mengamati fenomena, menggunakan bukti, mengidentifikasi hubungan sebab-akibat, mengajukan pertanyaan, dan menyampaikan hasil pemikiran. Pada proyek *Pengaruh Cuaca*, misalnya, siswa diarahkan untuk melakukan pengamatan kondisi cuaca secara berkala, sedangkan pada proyek *Ekosistem dan Lingkungan* mereka mengumpulkan material dan informasi dari lingkungan sekitar, guru menjelaskan bahwa siswa diarahkan untuk mengamati kondisi cuaca melalui keterlibatan dengan lingkungan dan orang tua, guru memberikan tugas terstruktur yang mengharuskan interaksi lingkungan: "*mengamati keadaan cuaca setiap hari dengan bantuan orang tua*" (W/GK/10/06/2026), sementara siswa menunjukkan keterlibatan melalui aktivitas pengumpulan daun kering, penggunaan botol bekas sebagai media tanam, dan pengamatan tanaman, Siswa 1 mengatakan "*mengumpulkan daun kering untuk ditempel di buku*" (W/S1/10/06/2026), Siswa 2 "*menggunakan botol bekas sebagai wadah menanam tanaman*" (W/S2/10/06/2026) dan "*mengamati pot tanaman yang sengaja dibawa ke dalam kelas*" (W/S2/10/06/2026), serta Siswa 3 yang "*mengumpulkan daun kering untuk digambar*" (W/S3/10/06/2026).

Pola ini menunjukkan bahwa berpikir kritis dalam konteks penelitian ini berkembang melalui pengalaman empiris yang menjadi dasar bagi siswa untuk membangun pemahaman, ketika siswa berhadapan dengan fenomena yang dapat diamati secara langsung, informasi yang diperoleh tidak hanya berfungsi sebagai objek pengamatan, tetapi juga menjadi bahan untuk membangun penjelasan mengenai suatu fenomena. Hasil penelitian ini sangat mendukung perspektif konstruktivistik yang menempatkan pengalaman nyata sebagai bagian penting dalam pembentukan pengetahuan, sekaligus sejalan dengan Momo Rosbiono (2025) yang menekankan pentingnya pengalaman lingkungan dalam pengembangan aktivitas analitis pada pembelajaran STEAM (Momo Rosbiono, 2025)..

Temuan selanjutnya menunjukkan bahwa aktivitas argumentatif muncul ketika siswa mempresentasikan hasil proyek, presentasi memberikan ruang bagi siswa untuk menjelaskan hasil pengamatan dan mempertahankan gagasan di hadapan kelompok lain. Meskipun demikian, respons siswa menunjukkan bahwa kemampuan menyampaikan gagasan belum berlangsung secara seragam, siswa 3 menyatakan merasa puas ketika hasil kelompok memperoleh penilaian positif, "*merasa puas karena tugas kelompok kami mendapat penilaian positif dari guru*" (W/S3/10/06/2026), sedangkan Siswa 1 dan Siswa 2 mengungkapkan kecemasan dan rasa malu ketika harus menjelaskan hasil pekerjaan di depan kelas (W/S1/10/06/2026; W/S2/10/06/2026; W/S3/10/06/2026).

Hasil temuan tersebut memperlihatkan dua sisi proses argumentasi dalam pembelajaran proyek, di satu sisi, presentasi menyediakan ruang bagi siswa untuk mengartikulasikan hasil pemikiran; di sisi lain, tuntutan komunikasi publik masih menjadi tantangan bagi sebagian siswa. Pertanyaan yang muncul antarkelompok, termasuk pertanyaan mengenai kelayakan tanaman dalam ekosistem buatan, semakin menunjukkan bahwa aktivitas proyek tidak berhenti pada produksi artefak, tetapi juga membuka ruang evaluasi terhadap gagasan

kelompok lain. Dalam hal ini, temuan penelitian memiliki kesesuaian dengan Herianingtyas et al. (2026), bahwa interaksi dan dialog dalam pembelajaran STEAM dapat menjadi ruang bagi siswa untuk mempertanyakan dan mengevaluasi gagasan (Herianingtyas et al., 2026). Dengan merujuk pada indikator penelitian, pola tersebut merepresentasikan beberapa aspek berpikir kritis, terutama perumusan pertanyaan analitis, penyampaian opini berbasis bukti atau alasan, identifikasi hubungan sebab-akibat, serta penarikan kesimpulan melalui argumentasi kolektif. Namun, bukti yang tersedia lebih tepat menunjukkan kemunculan perilaku-perilaku tersebut dalam aktivitas pembelajaran daripada menunjukkan tingkat kematangan berpikir kritis siswa secara keseluruhan.

Di samping berpikir kritis, aktivitas proyek juga memperlihatkan pola kolaborasi yang relatif berkesinambungan, kolaborasi muncul melalui pembagian tanggung jawab, komunikasi, saling membantu, dan penyelesaian perbedaan selama pengerjaan proyek. Guru menjelaskan bahwa komposisi kelompok dipertimbangkan berdasarkan karakteristik dan kemampuan siswa agar setiap kelompok memiliki kombinasi kemampuan yang beragam (W/GK/10/06/2026). Pada tingkat siswa, pembagian pekerjaan terlihat melalui praktik ketika ketua kelompok membagi tugas dan anggota kelompok menentukan kebutuhan material yang harus disiapkan (W/S1/10/06/2026; W/S2/10/06/2026; W/S3/10/06/2026). Pembagian tanggung jawab tersebut menunjukkan bahwa kolaborasi tidak sekadar ditandai oleh keberadaan kelompok, tetapi oleh adanya diferensiasi peran dalam menyelesaikan tujuan bersama. Perspektif *Self-Determination Theory* dapat digunakan untuk membaca pola tersebut melalui aspek otonomi, karena siswa memperoleh ruang untuk terlibat dalam pengaturan pekerjaan kelompok (Ryan & Deci, 2011). Namun, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa otonomi siswa berlangsung dalam kerangka fasilitasi guru, sehingga proses kolaborasi pada konteks ini lebih tepat dipahami sebagai kolaborasi yang difasilitasi, bukan sebagai kerja kelompok yang sepenuhnya mandiri. Kolaborasi juga tampak dalam interaksi ketika siswa menghadapi persoalan teknis maupun keterbatasan material, siswa menyatakan bahwa anggota yang telah menyelesaikan tugas membantu teman yang mengalami kesulitan, saling meminjamkan alat, dan bersama-sama memperbaiki bagian karya yang belum sesuai (W/S1/10/06/2026; W/S2/10/06/2026; W/S3/10/06/2026). Guru juga secara aktif mengamati kontribusi masing-masing siswa dengan memperhatikan siapa yang menyumbangkan ide, mendengarkan anggota lain, atau cenderung mendominasi kelompok (W/GK/10/06/2026). Ini menunjukkan bahwa kualitas kolaborasi dalam proyek ditentukan bukan hanya oleh pembagian tugas, tetapi juga oleh interdependensi antarsiswa, ketika satu anggota mengalami kesulitan, penyelesaian proyek mendorong anggota lain untuk memberikan bantuan. Dalam perspektif STEAM-PjBL, kondisi tersebut memperlihatkan bahwa penyelesaian produk menjadi ruang yang memungkinkan komunikasi dan kerja sama berlangsung secara simultan. Temuan ini memiliki kesesuaian dengan penelitian Nur Hidayat dan Mentari Putri (2026), yang menunjukkan bahwa aktivitas proyek dapat menyediakan ruang bagi pengembangan interaksi dan kerja sama siswa (Nur Hidayat & Mentari Putri, 2026).

Aspek lain yang penting adalah kemampuan siswa menghadapi perbedaan pendapat, hasil penelitian menunjukkan bahwa konflik tidak sepenuhnya dihilangkan dalam kerja kelompok, tetapi menjadi bagian dari dinamika kolaborasi. Guru berperan sebagai mediator dengan mencari titik temu ketika terjadi perselisihan (W/GK/10/06/2026), sementara siswa menggunakan strategi yang berbeda, mulai dari melakukan negosiasi secara langsung hingga meminta bantuan ketua kelompok atau guru, sedangkan kepala sekolah juga menekankan pentingnya pengambilan keputusan bersama dengan memastikan bahwa setiap suara memperoleh kesempatan untuk didengar (W/KS/10/06/2026). Temuan tersebut mengindikasikan kolaborasi pada konteks penelitian tidak dapat direduksi menjadi sekadar aktivitas bekerja dalam kelompok, kolaborasi juga melibatkan proses negosiasi, komunikasi, dukungan timbal balik, dan penyelesaian konflik. Dengan demikian, aktivitas STEAM-PjBL menyediakan konteks sosial yang memungkinkan indikator kolaborasi dalam instrumen penelitian muncul secara bersamaan selama penyelesaian proyek. Temuan ini sejalan dengan Nur Hidayat dan Mentari Putri (2026), yang menempatkan interaksi dan penyelesaian masalah bersama sebagai bagian penting dari pengalaman kolaboratif dalam pembelajaran berbasis proyek (Nur Hidayat & Mentari Putri, 2026).

Secara keseluruhan, hasil penelitian memperlihatkan keterkaitan antara berpikir kritis dan kolaborasi dalam aktivitas proyek, pengamatan terhadap fenomena menyediakan bahan bagi siswa untuk mengembangkan pertanyaan dan penjelasan, sementara kerja kelompok menyediakan ruang untuk menguji gagasan, membagi tanggung jawab, dan mengambil keputusan bersama. Dengan demikian, kedua keterampilan tersebut tidak muncul sebagai dua proses yang sepenuhnya terpisah, tetapi beririsan dalam aktivitas penyelesaian proyek. Kontribusi pada hasil penelitian ini terletak pada pengungkapan bagaimana indikator berpikir kritis dan kolaborasi termanifestasi secara bersamaan dalam praktik STEAM-PjBL pada pembelajaran IPAS sekolah dasar, bukan pada pembuktian efektivitas model secara umum, sebagaimana ringkasna temuan pada tabel 3

Tabel 3. Ringkasan analisis temuan berfikir kritis dan kolaborasi

Fokus	Temuan Utama	Bukti Empiris	Interpretasi
Berpikir kritis	Penggunaan pengamatan dan bukti dalam memahami fenomena	Pengamatan cuaca, tanaman, daun, dan lingkungan	Pengalaman empiris menjadi dasar pembentukan penjelasan
	Pertanyaan dan evaluasi terhadap gagasan	Pertanyaan antarkelompok mengenai kelayakan tanaman	Proyek membuka ruang evaluasi terhadap gagasan
Kolaborasi	Argumentasi dan penyampaian hasil	Presentasi proyek di depan kelas	Siswa memperoleh ruang untuk mengartikulasikan hasil pemikiran
	Pembagian peran dan tanggung jawab	Ketua membagi tugas dan anggota menyiapkan material	Pekerjaan proyek terorganisasi melalui diferensiasi peran
	Komunikasi dan dukungan timbal balik	Diskusi, saling membantu, dan peminjaman alat	Penyelesaian proyek membutuhkan interdependensi antarsiswa
	Penyelesaian perbedaan	Negosiasi dan mediasi guru	Konflik menjadi bagian dari proses pengambilan keputusan kelompok

Faktor Pendukung dan Penghambat Implementasi Pembelajaran IPAS Terintegrasi STEAM melalui Model PjBL

Implementasi STEAM-PjBL pada konteks penelitian ini dipengaruhi oleh interaksi antara dukungan institusional, ketersediaan sumber belajar, kapasitas pedagogis guru, dan dinamika pembelajaran di kelas. Data menunjukkan bahwa dukungan tersebut terutama muncul melalui kepemimpinan kepala sekolah yang memberikan ruang bagi guru untuk menentukan strategi pembelajaran sesuai dengan kebutuhan siswa. Kepala sekolah menyatakan, *"Saya tidak pernah membatasi guru untuk menggunakan gaya belajar, metode seperti apa... terserah gurunya bagaimana, apa kira-kira yang terbaik, karena yang paling tahu minat, bakat, dan kebutuhan peserta didik, kan gurunya"* (W/KS/10/06/2026). Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa otonomi pedagogis menjadi salah satu kondisi yang memungkinkan guru mengadaptasi STEAM-PjBL dengan karakteristik kelas dan lingkungan sekolah. Dalam konteks ini, peran kepala sekolah lebih terlihat sebagai fasilitator daripada pengendali teknis pembelajaran. Temuan tersebut sejalan dengan Ismiati (2024), yang menempatkan kepemimpinan suportif sebagai salah satu kondisi penting bagi ruang inovasi guru dalam implementasi STEAM (Ismiati, 2024). Dengan demikian, dukungan kepemimpinan dalam kasus ini tidak semata-mata berupa instruksi formal, tetapi berupa pemberian ruang keputusan kepada guru untuk mengembangkan praktik pembelajaran.

Faktor pendukung berikutnya adalah kombinasi antara ketersediaan teknologi dan kreativitas guru dalam menggunakannya, sekolah memiliki IFP dan laptop yang digunakan untuk mendukung pembelajaran, sedangkan guru memanfaatkan Canva untuk mengembangkan media pembelajaran. Kepala sekolah menjelaskan dampak infrastruktur tersebut, beliau menyatakan *"kita di sekolah mendapatkan bantuan berupa IFP dan laptop... melihat pembelajaran yang menggunakan IFP, anak-anak sangat tertarik karena siswa bisa melihat langsung... melalui alat media bantu, siswa secara otomatis mendapatkan visual secara utuh"* (W/KS/10/06/2026). Guru kemudian merespons ketersediaan peranti tersebut dengan meramu media digital interaktif, sebagaimana pengakuannya: *"Saya membuat media pembelajaran seperti Canva... untuk menarik minat siswa-siswa tersebut..."* (W/GK/10/06/2026). Kecakapan guru mengintegrasikan IFP ke dalam rancangan PjBL tidak sekadar memperindah penyajian materi, melainkan juga berperan sebagai alat bantu pemahaman bagi siswa dalam menyerap fenomena saintifik yang kompleks menjadi tampilan visual yang mudah dicerna.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa teknologi berperan sebagai fasilitator utama dalam penerapan STEAM-PjBL, di mana eksistensinya memerlukan integrasi dengan komponen-komponen lain. Nilai pedagogis teknologi muncul ketika guru mampu mengintegrasikannya ke dalam tujuan dan aktivitas proyek, dengan kata lain, dukungan teknologi dalam kasus ini bekerja melalui kombinasi antara infrastruktur dan kapasitas guru dalam memanfaatkannya, hal tersebut memiliki kesesuaian dengan Muntamah et al. (2023), yang menekankan pentingnya pemanfaatan media digital secara terstruktur dalam pembelajaran STEAM (Muntamah et al., 2023).

Lingkungan sekolah juga menjadi faktor pendukung yang penting karena menyediakan sumber belajar yang dapat langsung diintegrasikan ke dalam proyek, halaman sekolah dan lingkungan sekitar dimanfaatkan sebagai ruang observasi untuk proyek ekosistem dan cuaca. Melalui pendekatan *asset-based thinking*, kepala sekolah dan guru memanfaatkan halaman sekolah dan lingkungan sekitar sebagai laboratorium hidup bagi proyek IPAS. Kepala sekolah menyampaikan ledakan antusiasme siswa tersebut, beliau mengatakan *"Apabila anak-anak diajak pembelajaran secara berkelompok... praktik, ya, itu siswa lebih tertantang, siswa lebih antusias... Hal ini terbukti dengan anak-anak yang selalu ingin tanya dengan gurunya, 'Pak, ayo kapan belajar"*

lagi seperti itu? Pak kapan lagi kita praktik?"" (W/KS/10/06/2026). Keterlibatan intrinsik ini diamini oleh siswa yang menyatakan bahwa belajar praktik dengan mengamati benda konkret jauh lebih seru, tidak membuat mengantuk, dan mudah dimengerti (W/S1/10/06/2026; W/S2/10/06/2026; W/S3/10/06/2026).

Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa lingkungan lokal bukan sekadar latar pembelajaran, tetapi berfungsi sebagai **learning resource** yang mempertemukan konsep IPAS dengan pengalaman nyata. Dalam perspektif *Self-Determination Theory*, pengalaman memilih material, menyelesaikan produk, dan bekerja bersama dapat dibaca sebagai kondisi yang berhubungan dengan kebutuhan otonomi, kompetensi, dan keterhubungan (Ryan & Deci, 2011). Meskipun demikian, studi ini tidak melakukan pengukuran empiris secara langsung terhadap ketiga dimensi kebutuhan psikologis tersebut. Oleh karena itu, keterkaitannya dengan SDT lebih relevan diposisikan sebagai kerangka interpretasi teoretis atas pola perilaku yang teramati, alih-alih sebagai temuan metrik psikologi. Di sisi lain, implementasi STEAM-PjBL menghadapi hambatan pada tingkat konseptual, walaupun kelima komponen STEAM telah muncul dalam aktivitas pembelajaran, kepala sekolah mengakui bahwa guru belum sepenuhnya memahami bahwa praktik yang mereka lakukan merupakan bagian dari pendekatan STEAM yang terintegrasi: *"Secara tidak langsung kalau saya amati sebenarnya STEAM sudah teraplikasi dengan baik, hanya kadang memang guru itu tidak memahami, kurang mengerti, sebenarnya siswa saat ini sudah melaksanakan STEAM"* (W/KS/10/06/2026). Temuan ini menyoroti adanya kesenjangan antara penerapan praktis dan pemahaman konseptual di lapangan, walaupun guru telah memadukan berbagai disiplin ilmu tersebut melalui penugasan proyek, langkah integrasi ini tidak selalu dibarengi dengan pemahaman konseptual yang utuh mengenai paradigma STEAM itu sendiri, hal ini penting karena tanpa pemahaman terhadap hubungan antarkomponen, integrasi STEAM berpotensi berlangsung sebagai kumpulan aktivitas praktis tanpa desain lintas disiplin yang eksplisit. Temuan tersebut sejalan dengan Momo Rosbiono (2025), yang menekankan pentingnya pemahaman teoretis pendidik dalam membangun integrasi STEAM yang proporsional (Momo Rosbiono, 2025).

Keterbatasan sumber pembiayaan turut membatasi ruang implementasi, kepala sekolah menyebutkan bahwa keterbatasan pembiayaan menyebabkan kegiatan praktik sains yang lebih kompleks belum dapat dilaksanakan secara optimal. Meskipun demikian, guru merespons keterbatasan tersebut dengan menggunakan material yang tersedia di lingkungan, seperti daun kering dan botol bekas untuk proyek ekosistem. Temuan ini memperlihatkan dua hambatan sekaligus yakni keterbatasan pembiayaan membatasi jenis aktivitas yang dapat dilakukan, tetapi keterbatasan tersebut tidak sepenuhnya menghentikan implementasi proyek karena guru melakukan adaptasi terhadap sumber daya lokal. Dengan demikian, keberlangsungan STEAM-PjBL dalam penelitian ini tidak hanya bergantung pada ketersediaan fasilitas, tetapi juga pada kemampuan guru melakukan *resource adaptation*.

Hal tersebut memperkuat temuan pada subbab sebelumnya bahwa lingkungan lokal berfungsi sebagai alternatif sumber belajar ketika fasilitas pembelajaran tidak sepenuhnya tersedia. Hambatan lain muncul dari karakteristik integrasi IPAS itu sendiri, siswa mengalami kebingungan ketika harus memahami keterkaitan antara muatan IPA dan IPS dalam satu pembelajaran, siswa 2 menyatakan mengalami kesulitan membedakan bagian IPA dan IPS dari materi yang dipelajari (W/S2/10/06/2026). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa penggabungan kurikulum tidak dengan sendirinya menjamin terbentuknya pemahaman yang holistik pada diri siswa. Penyatuan materi dalam mata pelajaran IPAS tetap membutuhkan peran perantara pedagogis agar siswa mampu memahami keterkaitan antara fenomena alam dan aspek sosialnya. Oleh karena itu, usulan mengenai penggunaan pemetaan konsep (*concept mapping*) harus diposisikan sebagai implikasi pedagogis dari hasil temuan, bukan sebagai metode yang diuji secara empiris dalam studi ini. Dengan kata lain, penelitian ini pada dasarnya mengidentifikasi adanya kendala dalam integrasi konseptual, sementara pemetaan konsep hadir sebagai rekomendasi tindak lanjut berdasarkan analisis terhadap kendala tersebut.

Selain aspek konseptual, ditemukan pula kesenjangan persepsi mengenai penilaian, guru menyatakan bahwa penilaian mempertimbangkan keaktifan, keterlibatan dalam kelompok, kedisiplinan, dan akhlak siswa, beliau menegaskan *"Saya melihat keaktifan siswa tersebut dalam belajar kelompoknya... sistem belajar itu menurut saya bukan hanya sekedar kepintaran anak tersebut, tetapi menjadi dasar banyak adalah akhlak"* (W/GK/10/06/2026). Sedangkan Siswa 1 dan Siswa 2 memandang bahwa penilaian lebih berorientasi pada kesempurnaan produk akhir (W/GK/10/06/2026; W/S1/10/06/2026; W/S2/10/06/2026). Kesenjangan persepsi antara pendidik dan peserta didik mengindikasikan belum tercapainya kesepahaman terkait kriteria penilaian. Kondisi ini sangat krusial dalam metode pembelajaran berbasis proyek, mengingat penilaiannya tidak hanya bertumpu pada produk final, tetapi juga pada dinamika proses seperti kerja sama tim dan penyelesaian masalah. Oleh karena itu, temuan ini menggarisbawahi urgensi transparansi penilaian sejak tahap perencanaan. Akan tetapi, perlu digarisbawahi bahwa studi ini tidak menguji dampak dari ketidakselarasan persepsi tersebut terhadap capaian dan motivasi belajar siswa. Dengan demikian, konsekuensi yang mungkin timbul ditafsirkan sebagai kemungkinan pedagogis, alih-alih efek yang terbukti secara faktual. Secara keseluruhan, faktor

pendukung dan penghambat tidak berdiri sebagai kategori yang sepenuhnya terpisah, kepemimpinan suportif, teknologi, kreativitas guru, dan lingkungan lokal menyediakan kondisi yang memungkinkan STEAM-PjBL berlangsung, sedangkan keterbatasan pemahaman konseptual, pembiayaan, integrasi IPA-IPS, dan persepsi penilaian menjadi kondisi yang membatasi konsistensi implementasinya. Pola tersebut menunjukkan bahwa kualitas implementasi lebih tepat dipahami sebagai hasil interaksi antara kapasitas institusional, kapasitas pedagogis, sumber daya, dan karakteristik peserta didik, bukan sebagai konsekuensi dari penggunaan model PjBL atau STEAM semata.

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi pembelajaran IPAS terintegrasi STEAM melalui model PjBL menyediakan konteks nyata yang memfasilitasi berkembangnya perilaku berpikir kritis dan kolaborasi siswa. Pemanfaatan lingkungan lokal serta dukungan teknologi visual terbukti memberi ruang bagi siswa untuk melakukan pengamatan empiris, merumuskan argumentasi, serta mempraktikkan pembagian peran dan negosiasi sosial. Meskipun demikian, konsistensi implementasi ini masih dibatasi oleh beberapa hambatan, meliputi pemahaman teoretis guru tentang kerangka utuh STEAM, tantangan siswa dalam memadukan konsep IPA dan IPS, serta kesenjangan persepsi mengenai kriteria evaluasi proyek. Secara praktis, temuan ini mengimplikasikan perlunya guru menerapkan strategi pemetaan konsep (*concept mapping*) secara eksplisit untuk menjembatani integrasi muatan IPAS. Selain itu, transparansi rubrik penilaian proyek harus dikomunikasikan secara jelas kepada siswa sejak awal kegiatan. Di tingkat sekolah, diperlukan fasilitasi penguatan literasi konseptual STEAM bagi pendidik tanpa harus mengurangi otonomi mengajar mereka. Keterbatasan utama penelitian ini terletak pada penggunaan desain studi kasus kualitatif dengan fokus partisipan yang sangat terbatas (satu kepala sekolah, satu guru, dan tiga siswa kelas IV) di satu sekolah dasar. Selain itu, temuan terkait keterampilan kognitif dan sosial siswa murni merupakan interpretasi dari pengamatan pola perilaku, bukan hasil pengukuran efektivitas secara kuantitatif. Oleh karenanya, hasil studi ini sangat terikat pada konteks spesifik lokal dan tidak ditujukan untuk digeneralisasi secara luas. Untuk agenda penelitian mendatang, direkomendasikan pelaksanaan studi komparatif lintas sekolah dasar dengan kondisi fasilitas yang beragam guna memperluas pemahaman mengenai adaptasi STEAM-PjBL. Peneliti selanjutnya juga disarankan untuk menggunakan desain kuantitatif atau eksperimental guna mengukur secara presisi seberapa besar dampak intervensi pendekatan ini terhadap capaian belajar siswa.

Referensi

- Adhelacahya, K., Sukarmin, S., & Sarwanto, S. (2023). Impact of Problem-Based Learning Electronics Module Integrated with STEM on Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 4869–4878. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i7.3931>
- Al-Qoyyim, T. M., & Kurniawan, W. (2025). Project-Based Learning in Science Learning: A Literature Review. *Contextual Natural Science Education Journal*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.29303/cnsej.v3i1.1053>
- Al-Shawabkeh, H., Al-Khouri, B., Hamdan, S., & Aulia Mawaddah, I. (2026). Project-Based Learning And 21st-Century Skills: Developing Critical Thinking And Collaboration In Primary Classrooms. *International Journal of Educatio Elementaria and Psychologia*, 3(1), 1–13. <https://doi.org/10.70177/ijeep.v3i1.3383>
- Ananda, L. R., Rahmawati, Y., & Khairi, F. (2023). Critical thinking skills of Chemistry students by integrating design thinking with STEAM-PjBL. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 352. <https://doi.org/10.3926/jotse.1938>
- Andayanie, L. M., Adhantoro, M. S., Purnomo, E., & Kurniaji, G. T. (2025). Implementation of Deep Learning in Education: Towards Mindful, Meaningful, and Joyful Learning Experiences. *Journal of Deep Learning*, 47–56. <https://doi.org/10.23917/jdl.v1i1.11157>
- Anisa, R. D., & Fatmariza, F. (2026). Teachers' adaptation to the implementation of the Merdeka curriculum: A case study. *Indonesian Research Journal in Education |IRJE|*, 10(1), 536–552. <https://doi.org/10.22437/irje.v10i1.29255>
- Cherukunnath, D., & Singh, A. P. (2022). Exploring Cognitive Processes of Knowledge Acquisition to Upgrade Academic Practices. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.682628>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2024). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (5th ed.). SAGE Publications. <https://books.google.co.id/books?id=nFr2EAAAQBAJ>
- Dörrenbächer-Ulrich, L., Dilhuit, S., & Perels, F. (2024). Investigating the relationship between self-regulated learning, metacognition, and executive functions by focusing on academic transition phases: a systematic

- review. *Current Psychology*, 43(18), 16045–16072. <https://doi.org/10.1007/s12144-023-05551-8>
- Fadhil Nur Hidayat, Herwin, Sekar Purbarini Kawuryan, Dhiniaty Gularso, & Aminul Qodat. (2023). Relationship Analysis and the Enhancement of Student Social Intelligence in Problem-Based Social Science Learning. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 8(2), 380–397. <https://doi.org/10.25217/ji.v8i2.3489>
- Farrow, J., Kavanagh, S. S., Samudra, P., & Pupik Dean, C. (2024). The promise of the project to student-centered learning: Connections between elements, curricular design, and practices of project based learning. *Teaching and Teacher Education*, 152, 104776. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104776>
- Filipe, J., Baptista, M., & Conceição, T. (2024). Integrated STEAM Education for Students' Creativity Development. *Education Sciences*, 14(6), 676. <https://doi.org/10.3390/educsci14060676>
- Hanif, N., Fatimah, S., & Rohaeti, E. (2024). Implementing the Integrated GREEN Model for Social Natural Science Project (IPAS) to Enhance Understanding of Sustainable Biodiversity Concepts in Schools. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 842–850. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i2.6090>
- Hayat, F., Khan, M., Ahmad, S., Kamran, M., & Maleeha. (2024). Exploring the Characteristics of Concrete Operational Stage among Primary School Students. *Qlantic Journal of Social Sciences and Humanities*, 5(1), 124–132. <https://doi.org/10.55737/qjssh.786349315>
- Helzi, H., Minsih, M., Desstyia, A., & Muhammad, M. (2024). Innovative Approaches to Science and Social Studies-Centered Learning with a Focus on Student Wellbeing in Elementary Education. *Profesi Pendidikan Dasar*, 64–79. <https://doi.org/10.23917/ppd.v11i1.6173>
- Herianingtyas, N. L. R., Dewi, R., & Latip, A. E. (2026). A STEAM-Integrated Deep Learning Model with Design Thinking to Improve Elementary Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Deep Learning*, 83–95. <https://doi.org/10.23917/jdl.v2i1.11914>
- Hidayat, F. N., & Munir, M. (2026). IPAS Teacher Strategies: Joyful Learning for Elementary Students' Critical Thinking. *Indonesian Journal of Islamic Elementary Education*, 6(1), 14–28. <https://doi.org/10.28918/90r5ps03>
- Iglesias, M. B., & González, S. C. (2022). Socialization and media consumption in a Primary Education classroom (Asturias, Spain): A qualitative approach in process. *Human Review. International Humanities Review / Revista Internacional de Humanidades*, 11. <https://doi.org/10.37467/REHVHUMAN.V11.4017>
- Imron, E. M., Asri Nugraheni, F. S., Utami, B., Nursalsabila, Z., Mahardiani, L., Bramastia, & Tanghal, A. B. (2025). Effectiveness of Ethno-STEM-Based Science Teaching with the Project-Based Learning Model on Students' Scientific Literacy. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 11(2), 435–453. <https://doi.org/10.21831/jipi.v11i2.78952>
- Ismiati, N. (2024). Implementing STEAM education in the independent curriculum: Enhancing 21st century skills. *Tadibia Islamika*, 4(1), 21–27. <https://doi.org/10.28918/tadibia.v4i1.7238>
- Kalengkongan, J., & Umboh, D. (2026). Ecosystem-based IPAS modules: traces of innovation by pre-service elementary school teachers in 21st-century learning. *Primary: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 15(3), 711–728. <https://doi.org/10.33578/jpfkip.v15i3.711-728>
- Lidiawati, Haryanto, E., & Habibi, A. (2025). Classroom Action Research in IPAS Learning: Enhancing Students' Cognitive Abilities through a Differentiated Approach in Elementary Schools. *Lembaran Ilmu Kependidikan*, 54(1), 134–143. <https://doi.org/10.15294/lik.v54i1.22158>
- Maharani, K. A., Barid, S. S. A. Q., Astuti, S. R. D., & Wahyuni, S. (2026). Integration of Digital Media in the Discovery Learning Model to Enhance Junior High School Students Conceptual Understanding in Science: A Review. *Jurnal Pijar Mipa*, 21(1), 74–85. <https://doi.org/10.29303/jpm.v21i1.10924>
- Mangaroska, K., Sharma, K., Gašević, D., & Giannakos, M. (2022). Exploring students' cognitive and affective states during problem solving through multimodal data: Lessons learned from a programming activity. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 40–59. <https://doi.org/10.1111/jcal.12590>
- Momo Rosbiono, K. (2025). Integrating Eco-Pedagogy and STEAM in Elementary Science: Mixed-Methods Evidence from Indonesian Schools. *International Journal of Education and Emerging Practices*, 1(2), 42–71. <https://doi.org/10.63236/injeep.1.2.3>
- Muntamah, M., Roshayanti, F., & Hayat, M. S. (2023). Potensi Penerapan Pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) pada Pembelajaran Projek IPAS (Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial) di SMK. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Di Sekolah*, 4(1), 77–83. <https://doi.org/10.51874/jips.v4i1.79>
- Murray-Orr, A., & Mitton, J. (2023). Learning routines that reflect teachers' asset-based pedagogies: Creating breathing spaces for students. *Cogent Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2197664>
- Nevrelova, N., Korenova, L., Lavicza, Z., Bruzkova, N., & Schmid, A. (2024). Enhancing digital literacy in

- primary education through augmented reality. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1390491>
- Nur Hidayat, F., & Mentari Putri, G. (2026). Applying the STEAM Approach in IPAS Learning to Instill Discipline Character in Islamic Elementary School. *Mauve Journal De Leardu*, 3(2), 80–94. <https://doi.org/10.37899/mjdl.v3i2.353>
- Oanh, D. T. K., & Dang, T. D. H. (2025). Effect of STEAM Project-Based Learning on Engineering Students' 21st Century Skills. *European Journal of Educational Research*, 14(3), 705–721. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.14.3.705>
- Om-On, S., Sanrattana, W., & Phrasrivajiravati, P. (2026). Enhancing Teachers' Learning to Develop Students' 21st-Century Skills. *International Education Studies*, 19(2), 126. <https://doi.org/10.5539/ies.v19n2p126>
- Putri, M. A., & Nisa', K. (2025). Enhancing Creative Thinking in High School Physics through Project-Based Learning Integrating Local Wisdom and STEAM for Quality Education. *Journal of Current Studies in SDGs*, 1(1), 47–67. <https://doi.org/10.63230/jocsis.1.1.10>
- Retno, R. S., Purnomo, P., Hidayat, A., & Mashfufah, A. (2025). Conceptual framework design for STEM-integrated project-based learning (PjBL-STEM) for elementary schools. *Asian Education and Development Studies*, 14(3), 579–604. <https://doi.org/10.1108/AEDS-08-2024-0188>
- Riyanti, H., Sopandi, W., Mulyadi, D., & Muslim. (2026). Innovating higher education pedagogy: integrating RADEC learning model and virtual laboratory to promote pre-service elementary teachers' conceptual change. *Frontiers in Education*, 11. <https://doi.org/10.3389/educ.2026.1801268>
- Romanovska, L., & Novak, M. (2024). The Role Of Teacher-Student Relationships In Providing Social And Psychological Support To Participants Of The Educational Process. *Social Work and Education*, 11(2), 308–319. <https://doi.org/10.25128/2520-6230.24.2.11>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2011). *A Self-Determination Theory Perspective on Social, Institutional, Cultural, and Economic Supports for Autonomy and Their Importance for Well-Being* (pp. 45–64). https://doi.org/10.1007/978-90-481-9667-8_3
- Sager, M. T., Pierce, K., & Murillo, J. (2025). Enhancing Inquiry-Based Science Instruction: The Role of Professional Learning Communities and Instructional Coaching for Elementary Science Teachers. *Journal of Education and Learning*, 14(5), 26. <https://doi.org/10.5539/jel.v14n5p26>
- Segarra-Morales, A. K., & Juca-Aulestia, M. (2024). *Strategies and Skills in STEAM Education Systematic Review of the Literature BT - Information Technology and Systems* (Á. Rocha, C. Ferrás, J. Hochstetter Diez, & M. Diéguez Rebolledo, Eds.; pp. 398–411). Springer Nature Switzerland.
- Siregar, T. E., Santoso, A., & Indra Dewi, R. S. (2023). Analisis Penggunaan Bahan Ajar IPAS Berbasis STEAM Untuk Memfasilitasi Literasi Sains Pada Siswa Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Perseda : Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6(3), 258–267. <https://doi.org/10.37150/perseda.v6i3.2410>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sukackè, V., Guerra, A. O. P. de C., Ellinger, D., Carlos, V., Petronienè, S., Gaižiūnienè, L., Blanch, S., Marbà-Tallada, 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. <https://doi.org/10.3390/su142113955>
- Sukmawati, E., Imanah, N. D. N., & Rantauni, D. A. (2023). Implementation and challenges of project-based learning of STEAM in the university during the pandemic: A systematic literature review. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jinop.v9i1.25177>
- Supianti, I. I., Yaniawati, P., Bonyah, E., Hasbiah, A. W., & Rozalini, N. (2025). STEAM approach in project-based learning to develop mathematical literacy and students' character. *Infinity Journal*, 14(2), 283–302. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i2.p283-302>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J.-M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Tisdell, E. J., Merriam, S. B., & Stuckey-Pyrot, H. L. (2015). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). Jossey-Bass A Wiley Brand.
- Unawekla, B. E., Rumtutuly, F., & Septory, J. (2026). The Student Learning Outcomes in Science and Social Studies (IPAS): Picture Media at Primary School. *ETDC: Indonesian Journal of Research and Educational Review*, 5(3), 1799–1811. <https://doi.org/10.51574/ijrer.v5i3.4827>
- Wardani, I. S., & Fiorintina, E. (2023). Building Critical Thinking Skills of 21st Century Students through

- Problem Based Learning Model. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 12(3), 461–470. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i3.58789>
- Wised, S., & Inthanon, W. (2024). The Evolution of STEAM-Based Programs: Fostering Critical Thinking, Collaboration, and Real-World Application. *Journal of Education and Learning Reviews*, 1(4 SE-Articles), 13–22. <https://doi.org/10.60027/jelr.2024.780>
- Yulia Maftuhah Hidayati, Milan, S., & Sofyan, A. (2026). Development of SciSpark Learning Media in Science and Social Studies (IPAS) to Optimize Critical Thinking in Elementary Schools. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*, 9(1), 139–150. <https://doi.org/10.23887/jp2.v9i1.104472>