JKPI: Jurnal Kajian Pendidikan IPA
Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Garut

p-ISSN 2798-5636
e-ISSN 2798-7043
Vol. 6 No. 1 Tahun 2026

Analisis Kendala Penerapan Model Project-Based Learning (PjBL) Berbasis STEAM Berbantuan Artificial Intelligence dalam Pembelajaran IPA

Faradhillah [a, 1*], Fakhrah [b, 2]

[a] Universitas Samudra, Jln. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Kota Langsa, Aceh. 24416
[b] Universitas Malikussaleh, Jln. Cot Tengku Nie, Reuleut, Aceh Utara, Aceh. 24355
[1] faradhillah@unsam.ac.id*; [2]fakhrah@unimal.ac.id
*korespondensi penulis

ARTICLE HISTORY
Received: 8 January 2026 Revised: 23 January 2026 Accepted: 17 February 2026

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki urgensi tinggi karena tren penggunaan teknologi yang terus meningkat sehingga pendidikan tinggi di bidang Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika (STEAM) menjadi semakin penting. Model *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis STEAM didukung Kecerdasan Buatan (AI) menawarkan pendekatan inovatif. Selain itu Urgensi penerapan model ini terletak pada kebutuhan untuk mempersiapkan guru agar memiliki kompetensi digital dalam menghadapi tantangan dunia nyata. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kendala yang dihadapi guru dalam penerapan model PjBL berbasis STEAM berbantuan AI dalam pembelajaran IPA di Aceh Utara. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan Metode Studi Kasus, data dalam penelitian ini dikumpulkan dengan cara wawancara mendalam dengan guru dan siswa, observasi langsung selama proses pembelajaran, serta analisis dokumen kurikulum dan kebijakan pendidikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa kendala, seperti kurangnya pemahaman guru terhadap model PjBL dan STEAM, keterbatasan fasilitas teknologi, serta resistensi dari siswa dalam beradaptasi dengan pembelajaran berbasis proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendahnya pemahaman guru terhadap model PjBL dan STEAM, keterbatasan fasilitas teknologi, serta resistensi siswa mengindikasikan bahwa pelaksanaan pembelajaran belum sepenuhnya berorientasi pada siswa (*student centered*). Pemanfaatan AI berpotensi mendukung pembelajaran melalui analisis data belajar, pemberian umpan balik, dan penyesuaian materi secara individual, namun peran guru tetap krusial dalam mengembangkan kreativitas, empati, dan keterampilan berpikir kritis siswa. Dengan harapan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efektivitas penerapan model PjBL berbasis STEAM di Aceh Utara.

Kata kunci: AI, *project-based learning*, STEAM

ABSTRACT

Analysis of Constraints in Implementing the STEAM-Based Project-Based Learning (PjBL) Model Assisted by Artificial Intelligence in Science Learning. This research has a high urgency due to the increasing trend of technology use so that higher education in Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) is becoming increasingly important. The STEAM-based Project Based Learning (PjBL) model supported by Artificial Intelligence (AI) offers an innovative approach. In addition, the urgency of implementing this model lies in the need to prepare teachers to have digital competencies in facing real-world challenges. This study aims to identify obstacles faced by teachers in implementing the STEAM-based PjBL model assisted by AI in science learning in North Aceh. This study uses a qualitative approach with the Case Study Method, data in this study were collected through in-depth interviews with teachers and students, direct observation during the learning process, and analysis of curriculum documents and educational policies. The results of the study indicate that there are several obstacles, such as teachers' lack of understanding of the PjBL and STEAM models, limited technological facilities, and student resistance in adapting to project-based learning. The results show that teachers' low understanding of the PjBL and STEAM models, limited technological facilities, and student resistance indicate that the implementation of learning is not fully student-oriented (student-centered). The use of AI has the potential to support learning through data analysis, feedback, and individualized material adjustments. However, the

teacher's role remains crucial in developing students' creativity, empathy, and critical thinking skills. This research is expected to provide recommendations for improving the effectiveness of the STEAM-based PjBL model in North Aceh.

Keywords: AI, project-based learning, STEAM

PENDAHULUAN

Model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) mengajak siswa berperan aktif dalam proses pembelajaran melalui proyek yang konkrit, yang menuntut untuk merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi hasil kerja siswa. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Thomas, 2000), PjBL dapat meningkatkan motivasi dan keaktifan siswa, yang pada akhirnya dapat meningkatkan hasil belajar. Dalam konteks pendidikan IPA, penerapan PjBL memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengaplikasikan konsep-konsep ilmiah dalam situasi yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Implementasi PjBL tidak hanya berorientasi pada hasil akhir proyek, tetapi juga pada proses. Selain itu siswa yang berpartisipasi dalam PjBL berpotensi memiliki pemahaman yang lebih mendalam tentang materi yang dipelajari dibandingkan dengan menggunakan metode tradisional (Bell, 2010). Dengan demikian, PjBL dapat menjadi jembatan yang menghubungkan teori dan praktik, yang sangat penting dalam pendidikan IPA karena PjBL merupakan kegiatan berpikir yang bisa meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Rahayu et al., 2017). PjBL memiliki keunggulan dalam menguatkankan kebiasaan belajar mandiri dan meningkatkan motivasi siswa untuk berpikir orisinal dalam menyelesaikan masalah yang real. Selain itu, PjBL dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa (Nita & Irwandi, 2021). Pendapat ini sesuai Nugraha et al., (2023) yang menyatakan PjBL memungkinkan para pendidik untuk memfasilitasi pembelajaran melalui aktivitas proyek. Melalui partisipasi dalam proyek, peserta didik menumbuhkan kolaborasi, meningkatkan kreativitas, dan meningkatkan motivasi serta keterlibatan dalam proses pembelajaran. PjBL terjadi dalam enam fase: 1) merumuskan pertanyaan sentral; 2) merencanakan proyek; 3) menyiapkan garis waktu kegiatan; 4) melaksanakan dan memantau proyek; dan 5) melakukan Asesmen; serta 6) mengevaluasi hasil proyek (Alhayat et al., 2023). Hasil Produk yang diharapkan dalam pembelajaran PjBL tentu produk yang memiliki nilai substantif karena dalam PjBL siswa terlibat dalam proyek real yang memerlukan pemecahan masalah, penerapan konsep ilmiah, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika, sehinnga pendekatan yang paling cocok dalam pembelajaran PjBL adalah STEAM.

Pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) semakin sering digunakan dalam pendidikan karena kemampuannya untuk menghubungkan berbagai disiplin ilmu. Pendekatan ini tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep-konsep ilmiah dan matematika, tetapi juga mengajak siswa untuk berpikir kreatif dan inovatif. Sebuah strategi STEAM mengintegrasikan lima disiplin ilmu yaitu Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika (Najamuddin et al., 2022). Pendekatan STEAM menyajikan proyek kepada siswa saat pelaksanaan proses pembelajaran berlangsung dikelas (Emre et al., 2022), ini sesuai dengan kerangka dasar pembelajaran PjBL yang menghasilkan luaran produk real, proyek dijadikan sebagai fokus dalam proses belajar mengajar (Anindya & Wusqo, 2020). Menurut Beers (2011), integrasi seni dalam pendidikan STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, yang sangat dibutuhkan dalam menghadapi permasalahan di abad 21. Selain itu salah satu

bentuk integrasi disiplin ilmu dalam STEAM dapat diterapkan pada pendidikan teknik maupun sains, dengan tujuan menghasilkan manfaat seperti peningkatan kreativitas, pengalaman bekerja dalam tim kolaboratif lintas disiplin, serta menarik minat lebih banyak siswa yang sebelumnya belum mempertimbangkan teknik atau sains sebagai pilihan karier (Bagiada & Jayanta, 2022). Menurut Mansur et al. (2022) STEAM memang merupakan kolaborasi lintas kurikuler, namun mereka yang terlibat dalam perancangan unit, mata pelajaran dan kegiatan STEAM harus benar-benar multidisiplin dalam pemikiran, pendekatan dan pengetahuannya, dan mereka dari masing-masing spesialisasi harus bersedia untuk melakukan *co-coordinator* dan *co-plan*. Dengan Pendekatan STEAM siswa dapat menghubungkan Sains, Teknologi, Matematika, Seni dan Teknik ke dalam pembelajaran (Gonzalez & Kuenzi, 2012) sehingga menghasilkan proses belajar mengajar yang menyenangkan dan lebih kontekstual.

Data statistik menunjukkan bahwa negara-negara yang menerapkan pendidikan STEAM secara efektif mengalami peningkatan signifikan dalam inovasi dan daya saing secara luas. Menurut laporan dari *World Economic Forum* (2016), negara-negara dengan kurikulum STEAM yang kuat memiliki tingkat inovasi yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi. Pemanfaatan Teknologi yang lagi tren menjadikan pembelajaran dengan pendekatan STEAM menjadi lebih menarik, salah satunya adalah penggunaan Kecerdasan Buatan (AI). Namun faktanya, proses pembelajaran yang berpusat pada guru *(teacher centered)*. Guru belum sepenuhnya mampu menggali kebutuhan serta minat siswa dalam belajar.

Ini menunjukkan pelaksanaan pembelajaran belum mengarah pada pendekatan dan metode ideal, yaitu proses belajar mengajar yang berorientasi pada siswa (*student centered*) (Sulistyosari et al., 2022). Selain itu, sebagai contoh, AI mampu menganalisis data pembelajaran siswa, memberikan *feedback* secara langsung, serta mengintegrasi materi sesuai keperluan individu (Apriansyah & Lindawati, 2023; Latip et al., 2020). AI merupakan suatu metode yang dirancang untuk meniru kecerdasan yang dimiliki oleh makhluk kemudian diterapkan dalam suatu sistem dan dikendalikan secara ilmiah (Kharis, et al). Di era digital yang semakin maju, peran teknologi AI menjadi semakin krusial dalam meningkatkan efektivitas dan relevansi proses pembelajaran (Pebrian, Y., & Farhat, 2023). Dengan peran tersebut, AI bukan hanya berfungsi sebagai sarana pendukung, melainkan juga menjadi mitra dalam proses belajar yang menuntun siswa menguasai konsep kompleks melalui pendekatan yang lebih interaktif dan menarik. Namun seiring pesatnya pemanfaatan teknologi AI, lembaga pendidikan di Indonesia perlu memberikan perhatian serius pada upaya perlindungan data peserta didik dan informasi sensitif lainnya, sekaligus tetap menegaskan peran kecerdasan manusia seperti kreativitas, empati, dan kemampuan berpikir kritis yang tidak dapat digantikan dalam proses belajar mengajar. Guru tetap berperan penting dalam membimbing siswa untuk mengembangkan kecerdasan tersebut, sementara AI dapat berfungsi sebagai alat pendukung (Ulimaz, 2024).

Dalam dunia pendidikan, khususnya pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), pengimplementasian model pembelajaran inovatif pada era kemajuan teknologi sekarang ini menjadi sangat krusial untuk diterapkan mengingat laporan dari *World Economic Forum* (2020), sekitar 65% siswa yang saat ini duduk di bangku sekolah dasar akan bekerja di pekerjaan yang belum ada saat ini. Hal ini menuntut sistem pendidikan untuk beradaptasi dengan cepat, termasuk dalam penerapan metode pembelajaran yang lebih inovatif dan berbasis

teknologi, Di Aceh Utara, penerapan model ini dalam pembelajaran IPA masih menghadapi berbagai tantangan. Menurut data dari Dinas Pendidikan Aceh Utara, hanya sekitar 30% sekolah yang menerapkan metode PjBL secara efektif, yang menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk mengidentifikasi kendala yang ada.

Urgensi penelitian ini terdapat pada upaya untuk meningkatkan kualitas pendidikan di Aceh Utara, terutama dalam bidang IPA. Dengan mengidentifikasi kendala-kendala yang ada, diharapkan dapat ditemukan solusi yang tepat untuk mengoptimalkan penggunaan model PjBL berbasis STEAM Berbantuan AI. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi masukan bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan inovasi pembelajaran di Indonesia.

Hipotesis penelitian ini menyatakan bahwa penerapan *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEAM berbantuan AI dalam pembelajaran IPA di wilayah Aceh Utara masih menghadapi kendala yang signifikan, khususnya pada aspek kompetensi guru, ketersediaan fasilitas teknologi, dan kesiapan siswa, sehingga berpengaruh terhadap efektivitas implementasi model pembelajaran tersebut. Adapun kebaruan penelitian ini terletak pada fokus kajian yang menempatkan siswa pembelajaran IPA di Aceh Utara sebagai subjek penelitian, wilayah yang relatif belum banyak dikaji dalam konteks integrasi PjBL, STEAM, dan AI secara simultan. Selain itu, penelitian ini secara spesifik mengidentifikasi berbagai tantangan dalam implementasi PjBL berbasis STEAM yang didukung oleh AI, sehingga memberikan perspektif baru terkait integrasi teknologi cerdas dalam proses pembelajaran sains di tingkat sekolah menengah. Kebaruan lainnya ditunjukkan melalui pendekatan kontekstual yang digunakan, yaitu dengan mempertimbangkan kondisi dan faktor lokal seperti keterbatasan infrastruktur sekolah serta kesiapan sumber daya manusia, sehingga hasil penelitian diharapkan lebih relevan dan aplikatif dengan realitas pendidikan di daerah tersebut. Oleh karena itu, penelitian selain memberikan kontribusi konseptual terhadap literatur tentang PjBL dan STEAM, juga memberikan kontribusi aplikatif bagi pengelola pembelajaran IPA berbasis teknologi di Sekolah menengah.

Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi kendala-kendala yang ditemui dalam penerapan model PjBL berbasis STEAM dengan Bantuan AI di wilayah Aceh Utara. Harapannya hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan yang berguna bagi pemangku kebijakan dan praktisi pendidikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA di daerah tersebut. Hal ini dikarenakan pendekatan STEAM dengan berbagai komponennya dapat menghasilkan luaran proyek sebagai output pembelajaran, memberikan kesamaan konsep dengan model *Project-based Learning* (Suryaningsih et al., 2022). Oleh sebab itu, pendekatan STEAM dapat dipadukan dengan PjBL. Integrasi STEAM-PjBL mampu menumbuhkan semangat siswa dalam proses belajar karena berorientasi pada siswa, bersifat kontekstual, komprehensif, dan holistik (Suryaningsih et al., 2022). Dengan memahami kendala yang ada, langkah-langkah perbaikan dapat dilakukan untuk mewujudkan lingkungan proses pembelajaran yang lebih efektif dan menyenangkan.

METODE

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pendekatan kualitatif menggunakan metode studi kasus untuk mendapatkan pemahaman mendalam mengenai kendala yang dihadapi dalam penerapan model PjBL berbasis STEAM dengan bantuan AI di

Aceh Utara. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan sekolah-sekolah yang telah menerapkan metode PjBL dalam pembelajaran IPA di wilayah Aceh Utara. Sehubungan Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu wawancara mendalam dengan guru dan observasi langsung selama proses pembelajaran

Populasi dalam penelitian ini Adalah seluruh guru IPA yang berada di wilayah Aceh Utara, Wawancara dilakukan dengan melibatkan 10 guru IPA dari berbagai sekolah di Aceh Utara. Pertanyaan yang diajukan berfokus pada pemahaman mereka tentang PjBL, pengalaman dalam mengimplementasikan model ini, serta kendala yang mereka hadapi. Selain itu, observasi dilakukan untuk melihat langsung proses belajar mengajar yang berlangsung di kelas, serta interaksi antara guru dengan siswa. Hasil observasi akan digunakan untuk melengkapi informasi yang didapat dari wawancara. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengkategorikan informasi berdasarkan topik-topik yang muncul dari wawancara dan observasi. Peneliti juga akan menggunakan triangulasi data untuk memastikan kesahihan data yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menggambarkan secara komprehensif mengenai kendala yang dihadapi dalam penerapan model PjBL berbasis STEAM dengan bantuan AI.

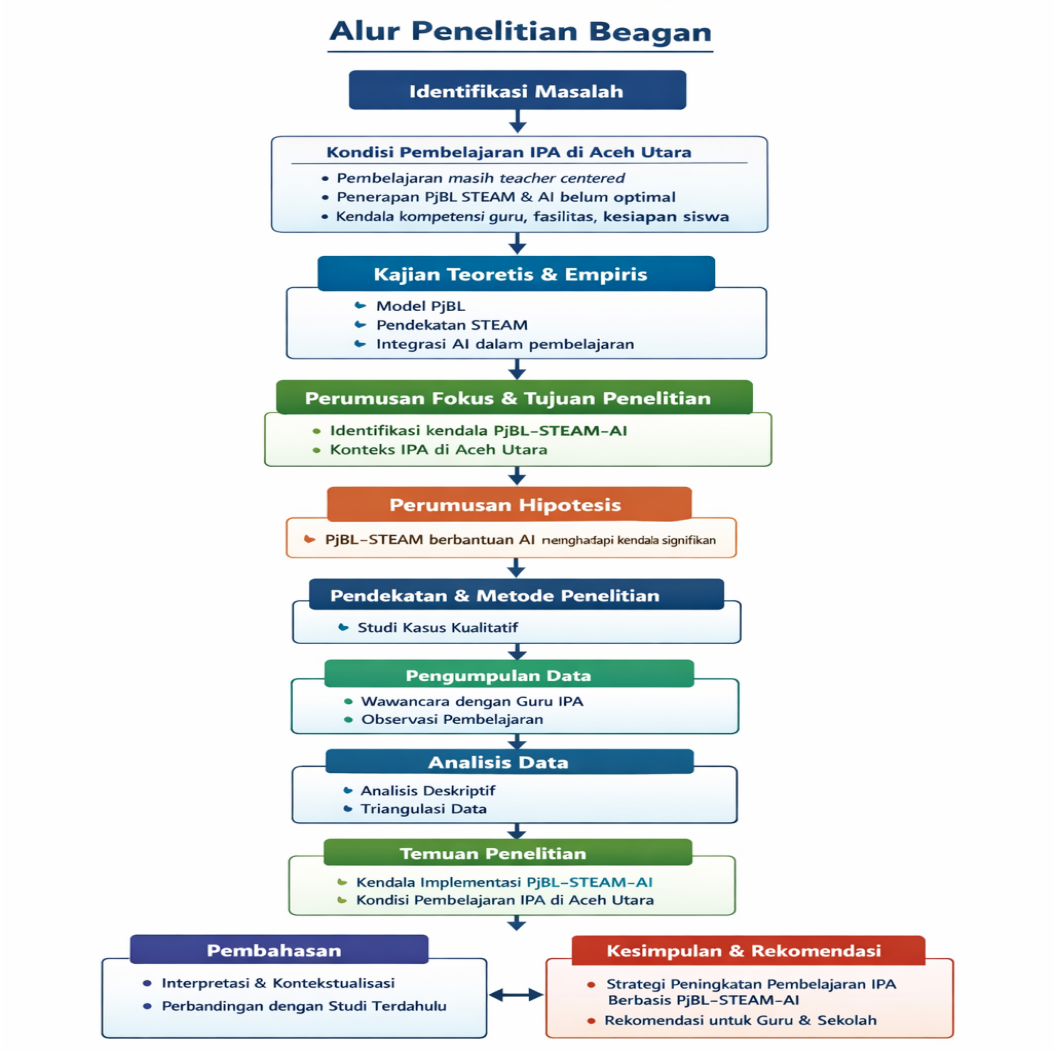
Penggunaan teknologi dalam penelitian ini juga menjadi fokus, di mana peneliti akan mengeksplorasi bagaimana AI dapat diintegrasikan dalam proses pembelajaran. Hal ini penting mengingat perkembangan teknologi yang pesat dan kebutuhan untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan di era digital. Peneliti akan mencari contoh-contoh aplikasi AI yang telah digunakan dalam pendidikan dan bagaimana hal tersebut dapat diadaptasi dalam konteks Aceh Utara. Dengan metodologi yang telah dirancang, diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan wawasan mendalam tentang kendala-kendala yang ada serta rekomendasi yang relevan untuk perbaikan dalam pembelajaran IPA di Aceh Utara.

Alur penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran yang sistematis dan terstruktur mengenai tahapan penelitian yang dilakukan, mulai dari identifikasi permasalahan hingga penarikan kesimpulan dan rekomendasi. Alur tersebut dirancang berdasarkan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus, yang berfokus pada pengungkapan kendala penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEAM berbantuan AI dalam pembelajaran IPA di Aceh Utara. Alur tersebut dapat dilihat pada gambar 1. Untuk mengetahui hasil persentase yang diperoleh dari tabulasi data pada penelitian ini menggunakan kriteria pada tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Persentase Hasil Tabulasi Data

Persentase	**Klasifikasi**
90%-100%	Sangat Tinggi
80%-89%	Tinggi
70%-79%	Cukup Tinggi
60%-69%	Sedang
50-49%	Rendah
< 49%	Sangat Rendah

Saktiani (2016)



Gambar 1. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa guru masih menghadapi berbagai kendala dalam penerapan model PjBL berbasis STEAM dengan bantuan AI. Untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis dan komprehensif, hasil penelitian terkait kendala yang dihadapi guru tersebut disajikan secara ringkas dalam Tabel 2.

Tabel 2. Identifikasi Kendala Penggunaan Model PjBL berbasis STEAM Berbantuan AI Dalam Pembelajaran IPA Di Aceh Utara

No	Kendala	Skor (%)
1	Guru belum paham PjBL	70
2	Sekolah punya fasilitas teknologi	40
3	Kompetensi Guru dalam PjBL-STEAM & AI	57
4	Desain & Perencanaan Pembelajaran (alokasi waktu, rubrik, kurikulum)	54
5	Manajemen Proyek & Sumber Belajar	59
6	Asesmen & Umpan Balik Berbantuan AI	52
7	Dukungan Institusi & Kebijakan	48

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa kendala signifikan dalam penerapan model PjBL berbasis STEAM di Aceh Utara. Pertama, kurangnya pemahaman guru tentang metode PjBL menjadi salah satu faktor utama yang menghambat implementasi. Data dari wawancara menunjukkan bahwa 70% guru yang diwawancarai merasa belum sepenuhnya memahami konsep PjBL, sehingga mereka kesulitan dalam merancang pembelajaran yang efektif. Kedua, keterbatasan fasilitas teknologi menjadi kendala yang signifikan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Puri et al. (2024) Penerapan model pembelajaran PjBL tidak maksimal dapat terjadi Ketika guru mengalami kesulitan dalam pengaplikasiannya. Kesulitan guru dalam mengaplikasikan model pembelajaran PjBL bisa disebabkan karena beberapa faktor, entah faktor tersebut berasal dari guru, siswa, ataupun hal lainnya. Faktor kesulitan yang berasal dari guru sendiri seperti guru kesulitan menentukan, pertanyaan mendasar yang bisa memantik siswa sebelum pemberian materi diberikan (Sadrina, 2019), guru kesulitan untuk menentukan masalah sebelum menentukan proyek (Trinaldi et al, 2022), guru merangkap jabatan sehingga kesulitan dalam memonitor peserta didik (Yusriani et al. 2020).

Banyak sekolah di Aceh Utara yang belum memiliki akses yang memadai terhadap perangkat teknologi yang diperlukan untuk mendukung pembelajaran berbantuan AI. Sebuah survei yang dilakukan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan pada tahun 2022 menunjukkan bahwa hanya 40% sekolah di Aceh Utara yang memiliki ruang komputer yang memadai. Keterbatasan ini berdampak pada kemampuan siswa untuk terlibat dalam pembelajaran yang berbasis proyek dan teknologi. Hal ini sesuai dengan dengan hasil penelitian (Fitri et al., 2024), Walaupun AI menawarkan banyak manfaat dalam pendidikan, tantangan seperti akses internet terbatas, perangkat teknologi yang tidak mencukupi, dan tingkat literasi digital yang rendah di kalangan guru dan siswa masih menjadi hambatan besar

Resistensi dari siswa juga menjadi kendala yang tidak bisa diabaikan. Hasil wawancara dengan siswa menunjukkan bahwa mereka merasa kesulitan untuk beradaptasi dengan metode pembelajaran baru ini. Banyak siswa yang lebih nyaman dengan metode pembelajaran tradisional yang lebih terstruktur ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan (Andrews et al., 2022) yang menyatakan Banyak siswa lebih nyaman dengan pembelajaran tradisional yang lebih terstruktur. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih inklusif dan adaptif dalam mengimplementasikan PjBL berbasis STEAM agar siswa dapat lebih mudah bertransisi ke metode yang lebih aktif dan kolaboratif. Selain itu, kurangnya dukungan dari orang tua dan komunitas juga menjadi faktor penghambat. Banyak orang tua yang tidak memahami pentingnya pendidikan berbasis STEAM dan PjBL, sehingga mereka kurang mendukung anak-anak mereka dalam mengikuti kegiatan pembelajaran yang memerlukan keterlibatan di luar sekolah.

Menunjukkan pada data yang telah diperoleh, peneliti dapat menguraikan kendala yang diidentifikasi dalam penelitian serta implikasinya terhadap pembelajaran IPA di Aceh Utara. Pertama, kurangnya pemahaman guru tentang PjBL dan STEAM menunjukkan perlunya program pelatihan yang lebih intensif dan berkelanjutan. Pelatihan ini tidak hanya harus fokus pada teori, tetapi juga pada praktik nyata di lapangan. Penelitian oleh (Bell, 2010) menekankan pentingnya pelatihan yang berbasis praktik untuk meningkatkan kompetensi guru dalam menerapkan metode pembelajaran inovatif.

Kedua, infrastruktur teknologi yang tidak memadai menjadi penghambat utama dalam penerapan model PjBL berbasis STEAM. Sebuah studi oleh Hwang et al. (2019) menunjukkan

bahwa akses terhadap teknologi informasi yang baik dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa. Oleh karena itu, diperlukan investasi yang lebih besar dalam pengembangan infrastruktur teknologi di sekolah-sekolah Aceh Utara untuk mendukung pembelajaran berbasis teknologi.

Resistensi dari siswa terutama rendahnya motivasi siswa merupakan tantangan yang harus diatasi. Penelitian oleh (Ryan & Deci, 2020) menunjukkan bahwa motivasi intrinsik siswa dapat ditingkatkan melalui pendekatan pembelajaran yang lebih interaktif dan relevan. Karena itu, guru perlu merancang proyek yang menarik dan sesuai dengan minat siswa, sehingga mereka lebih terlibat dalam proses pembelajaran. Dukungan dari orang tua dan masyarakat juga sangat penting dalam mendukung penerapan model PjBL. Penelitian oleh (Epstein, 2018) menunjukkan bahwa keterlibatan orang tua dalam pendidikan anak dapat meningkatkan motivasi dan prestasi siswa. Oleh karena itu, sekolah perlu melibatkan orang tua dalam kegiatan pembelajaran dan memberikan pemahaman tentang pentingnya pendidikan berbasis STEAM dan PjBL.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis STEAM berbantuan AI di Aceh Utara masih menghadapi berbagai kendala, terutama rendahnya pemahaman dan kompetensi guru dalam mengimplementasikan PjBL–STEAM dan AI, keterbatasan fasilitas serta infrastruktur teknologi, resistensi siswa terhadap metode pembelajaran baru, serta minimnya dukungan dari orang tua dan komunitas. Temuan ini mengindikasikan perlunya perencanaan strategis melalui pelatihan guru yang berkelanjutan dan berbasis praktik, peningkatan sarana teknologi di sekolah, perancangan pembelajaran yang lebih kontekstual dan menarik bagi siswa, serta penguatan kolaborasi antara sekolah, orang tua, dan pemangku kepentingan. Secara implikatif, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengambil kebijakan dan praktisi pendidikan dalam merumuskan strategi penguatan implementasi PjBL berbasis STEAM dan AI, khususnya pada pembelajaran IPA di daerah.

DAFTAR PUSTAKA

Ability And Creativity of Students). BIODIK, 8(4), 183-196. https://doi.org/10.22437/bio.v8i4.19123

Anindya, F. A. U., & Wusqo, I. U. (2020). The Influence of PjBL-STEAM model toward students' problem-solving skills on light and optical instruments topic. Journal of Physics: Conference Series, 1567(4). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042054

Andrews, M. E., Graham, M., Prince, M., Borrego, M., Finelli, C. J., & Husman, J. (2020). Student resistance to active learning: do instructors (mostly) get it wrong?. *Australasian Journal of Engineering Education*, *25*(2), 142-154

Alhayat, A., Mukhidin, M., Utami, T., & Yustikarini, R. (2023). The relevance of the Project-Based Learning (PjBL) learning model with "Kurikulum Merdeka Belajar." Dwija Cendekia: Jurnal Riset Pedagogik, 7(1), 105-116.

Apriansyah, R., & Lindawati, Y. I. (2023). Analisis peran guru dalam proses pembelajaran daring dimasa pandemi Covid-19. Educenter: Jurnal Ilmiah Pendidikan, 2(1), 38–43. https://doi.org/10.55904/educenter.v2i1.206

Bagiada, M., & Jayanta, I. N. L. (2022). Aktivitas Pembelajaran Berbantuan Media Levidio Presentation Meningkatkan Literasi Sains dan Kemampuan Metakognitif Siswa Kelas V SD. Jurnal Edutech Undiksha, 10(1), 61-68. https://doi.org/10.23887/jeu.v10i1.47637

Beers, S. Z. (2011). "21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future: Technology and Engineering Teacher, 70(1), 28-33.

Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The clearing house*, *83*(2), 39-43. https://doi.org/10.1080/00098650903505415

Emre, Y., Scott, A., Bartholomew, R., Reeve, E. M., & Tekerek, M. (2022). A case study of science, technology, it, design, physics, music, STEAM education. www.educcon.org

Epstein, J. L. (2018). School, family, and community partnerships in teachers' professional work. Journal of Education for Teaching, 44(3), 397–406. https://doi.org/10.1080/02607476.2018.1465669

Fitri, R. A., Setiana, E., Pribadi, I. N., & Andikos, A. F. (2024). The Success of Project-Based Learning Model with the Aid of Technology. *TOFEDU: The Future of Education Journal*, *3*(5), 1883-1890.

Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer.

Sadrina, S. (2019). Evaluasi model pembelajaran berbasis proyek di kelas xii smk n 2 meulaboh. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, *3*(1).

Saktiani, I. A. (2016). Keterkaitan Antara Ketersediaan E-Books 3d Dengan Pemenuhan Kebutuhan Informasi Pemustaka (Studi deskriptif korelasional di Perpustakaan Unit Pelayanan Teknis Balai Informasi Teknologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (UPT BIT-LIPI). *E-Print in Library & Information Science, X*, 35-52.

S. A. A. Kharis, A. H. A. Zili, A. Putri, and A. Robiansyah, "Analisis Tren Minat Masyarakat Indonesia terhadap Artificial Intelligence dalam Menyongsong Society 5.0: Studi Menggunakan Google Trends," G-Tech J. Teknol. Terap., vol. 7, no. 4, pp. 1345–1354, 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i4.3091

Latip, A., Febriansari, D., Yansri, A. A., Pertiwi, A. M., & Sansena, M. A. (2020). Kompetensi Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Guru IPA dalam Pembelajaran di Kelas: A Systematic Literature Review. Jurnal Pendidikan MIPA, 14(1), 139–146

Mansur, N. R., Ratnasari, J., & Ramdhan, B. (2022). Model STEAM Terhadap Kemampuan Kolaborasi dan Kreativitas Peserta Didik:(STEAM Model Collaboration

McKinsey & Company (2017). Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transition in a Time of Automation. Retrieved April 2019 from https://www.voced.edu.au/content/ngv%3A78297

Najamuddin, N., Fitriani, R., & Puspandini, M. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics (STEAM) Berbasis Loose Part untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Anak Usia Dini. Jurnal Basicedu, 6(1), 954–964. https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i1.2097

Nita, R. S., & Irwandi, I. (2021). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa melalui Model Project Based Learning (PjBL). BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains, 4(2), 231–238.

Nugraha, I. R. R., Supriadi, U., & Firmansyah, M. I. (2023). Efektivitas strategi pembelajaran project based learning dalam meningkatkan kreativitas siswa. Jurnal Penelitian dan Pendidikan IPS, 17(1), 39-47.

Pebrian, Y., & Farhat, M. F. (2023). Pemanfaatan Artificial Intelligence Dalam Dunia Pendidikan. Abdi Jurnal Publikasi, 2

Puri, P. S., Murtinugraha, R. E., & Arthur, R. (2024, September). Studi Literatur: Kesulitan Dalam Pengaplikasian Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Oleh Guru Smk. In *Prosiding Seminar Pendidikan Kejuruan dan Teknik Sipil (SPKTS)* (Vol. 2).

Rahayu, H., Purwanto, J., & Hasanah, D. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa. Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika-COMPTON, 4(1), 21–28. https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/COMPTON/article/view/1384

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. American Psychologist, 55(1), 68-78.

Sulistyosari, Y., Karwur, H. M., & Sultan, H. (2022). Penerapan Pembelajaran IPS Berdiferensiasi pada Kurikulum Merdeka Belajar. Harmony: Jurnal Pembelajaran IPS dan PKN, 7(2), 66-75.

Suryaningsih, S., Nisa, F. A., Muslim, B., & Aldiansyah, F. (2022). Learning Innovations: Students' Interest and Motivation on STEAM-PjBL. International Journal of STEM Education for Sustainability, 2(1), 66–77. https://doi.org/10.53889/ijses.v2i1.40

Thomas, J. W. 2000. *A review of research on project-based learning*.

Trinaldi, A., Afriani, M., Budiyono, H., Rustam, R., & Priyanto, P. (2022). Persepsi Guru terhadap Model PjBL pada Kurikulum Prototipe. Jurnal Basicedu, 6(4), 7408–7417. https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i 4.3526

Ulimaz, A., Cahyono, D., Dhaniswara, E., & Arifudin, O. (2024). Analisis Dampak Kolaborasi Pemanfaatan Artificial Intelligences (AI) Dan Kecerdasan Manusia Terhadap Dunia Pendidikan di Indonesia. Journal Of Social Science Research, 4.

Yusriani, Y., Arsyad, M., & Arafah, K. (2020). Kesulitan Guru dalam Mengimplementasikan Model Pembelajaran Berbasis Proyek pada Mata Pelajaran Fisika di SMA Negeri Kota Makassar. Prosiding Seminar Nasional Fisika Di SMA Negeri Kota Makassar, 2, 138–141. http://103.76.50.195/semnasfisika/article/view/14378

World Economic Forum. (2016). "The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution.