Jurnal Pengabdian Pendidikan Masyarakat (JPPM)
Volume 7 No 1, Maret 2026
E-ISSN: 2722-0044 https://doi.org/10.52060/jppm.v7.i1.3735

Hybrid Deep Learning dan STEM PJBL: Inovasi Pembelajaran Berdaya Saing Global untuk Guru Sains MGMP

[1]Evita Anggereini, [2]Maison, [3]Nizlel Huda, [4]M. Haris Effendi Hsb, [5]Sri Purwaningsih, [6]Upik Yelianti, [7]Dara Mutiara Aswan
Universitas Jambi, Jambi, Indonesia
email: evita.anggereini@unja.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk menganalisis pemahaman, pengalaman, tantangan, dan kesiapan guru dalam mengembangkan perangkat pembelajaran sains yang berdaya saing global melalui lokakarya *Hybrid Deep Learning* dan STEM *Project-Based Learning* (STEM-PjBL). Menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan desain penelitian tindakan partisipatif, penelitian ini melibatkan 29 guru sains dari MGMP di Muaro Jambi, Indonesia. Data dikumpulkan melalui kuesioner dan observasi sebelum, selama, dan setelah lokakarya, dan dianalisis menggunakan model interaktif Miles dan Huberman. Temuan penelitian mengungkapkan bahwa guru umumnya memiliki pengetahuan terbatas tentang pembelajaran mendalam dan hybrid deep learning, pengalaman minimal dalam menerapkan STEM-PjBL, dan menghadapi tantangan signifikan seperti fasilitas terbatas, kompetensi pedagogis yang tidak memadai, dan kurangnya dukungan kelembagaan. Terlepas dari keterbatasan ini, sebagian besar guru menunjukkan kesiapan dan motivasi yang tinggi untuk mengintegrasikan teknologi berbasis AI dan pendekatan berbasis proyek ke dalam praktik mengajar mereka, dengan syarat mereka diberikan bimbingan intensif dan pengembangan profesional berkelanjutan. Kebaruan program ini terletak pada integrasi Pembelajaran Mendalam Hibrida dengan STEM-PjBL sebagai model untuk meningkatkan kapasitas guru dalam merancang perangkat pembelajaran sains inovatif berbasis teknologi. Implikasinya menyoroti pentingnya pelatihan profesional berkelanjutan, dukungan institusional, dan kemitraan kolaboratif untuk memastikan keberhasilan implementasi pedagogi berbasis AI dan berbasis proyek dalam pendidikan sains.

Kata Kunci :
Hybrid Deep Learning, STEM-PjBL, kesiapan guru, pendidikan sains, inovasi

ABSTRACT

This community service activity aims to analyze teachers' understanding, experiences, challenges, and readiness in developing globally competitive science learning tools through a Hybrid Deep Learning and STEM Project-Based Learning (STEM-PjBL) workshop. Using a qualitative descriptive approach with a participatory action research design, this study involved 29 science teachers from MGMP in Muaro Jambi, Indonesia. Data were collected through questionnaires and observations before, during, and after the workshop, and analyzed using the Miles and Huberman interactive model. The study findings revealed that teachers generally had limited knowledge of deep learning and hybrid deep learning, minimal experience in implementing STEM-PjBL, and faced significant challenges such as limited facilities, inadequate pedagogical competencies, and a lack of institutional support. Despite these limitations, most teachers demonstrated high readiness and motivation to integrate AI-based technologies and project-based approaches into their teaching practices, provided they were provided with intensive guidance and ongoing professional development. The novelty of this program lies in the integration of Hybrid Deep Learning with STEM-PjBL as a model to enhance teachers' capacity in designing innovative, technology-based science learning tools. The implications highlight the importance of ongoing professional training, institutional support, and collaborative partnerships to ensure the successful implementation of AI-based and

Keywords:
Hybrid Deep Learning, STEM-PjBL, teacher readiness, science education, innovation

How to cite; Anggereini, E., Maison, M., Huda, N., Hsb, M. H. E., Purwaningsih, S., Yelianti, U., & Aswan, D. M. (2026). Hybrid Deep Learning dan STEM PJBL: Inovasi Pembelajaran Berdaya Saing Global untuk Guru Sains MGMP. *Jurnal Pengabdian Pendidikan Masyarakat (JPPM)*, *7*(1), 179-188. https://doi.org/10.52060/jppm.v7.i1.3735

This work is licensed under a Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional license

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang pesat pada era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 menuntut dunia pendidikan untuk beradaptasi dalam mencetak generasi yang kreatif, inovatif, dan berdaya saing global. Guru sebagai agen utama pembelajaran memiliki peran strategis untuk memastikan proses belajar tidak hanya berfokus pada penyampaian materi, tetapi juga menumbuhkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, komunikasi, dan literasi teknologi (Munawir & Muhidin, 2025; Rakhmawati et al., 2024). Namun, kenyataannya banyak guru masih menghadapi berbagai kendala dalam merancang perangkat pembelajaran sains yang terintegrasi dengan teknologi digital, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*/AI), serta pendekatan pembelajaran inovatif sesuai tuntutan Kurikulum Merdeka (Kroon et al., 2021; Stanja et al., 2023).

Salah satu pendekatan yang relevan untuk menjawab tantangan tersebut adalah Hybrid Deep Learning, yaitu kombinasi pembelajaran daring dan luring secara mendalam yang mampu meningkatkan fleksibilitas serta memperkuat pemahaman konseptual peserta didik. Selain itu, model STEM-PJBL (Science, Technology, Engineering, Mathematics – Project Based Learning) terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan pemecahan masalah kompleks melalui proyek-proyek kontekstual yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Integrasi Hybrid Deep Learning dengan STEM-PJBL diyakini dapat menghasilkan perangkat pembelajaran sains yang lebih kreatif, interaktif, dan berorientasi pada daya saing global (Suyuti et al., 2025).

Hybrid Deep Learning & STEM-PJBL merupakan pendekatan inovatif yang menjembatani integrasi teknologi kecerdasan buatan dengan pembelajaran berbasis proyek dalam ranah ilmu pengetahuan. Hybrid Deep Learning dalam konteks pendidikan dapat diartikan sebagai penerapan algoritma pembelajaran mendalam (deep learning) dalam mode pembelajaran gabungan (luring + daring) untuk meningkatkan personalisasi, analisis data pembelajaran, dan adaptivitas materi bagi peserta didik. Misalnya, model hybrid RNN-SVM dalam kerangka deep learning telah terbukti meningkatkan akurasi klasifikasi dan mendukung pengambilan keputusan dalam konteks data pendidikan (A hybrid deep learning framework) (Shrishail Patil, 2025). Sementara itu, penerapan STEM-PJBL mendorong siswa untuk aktif merancang dan menyelesaikan proyek nyata yang menggabungkan unsur Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika. Studi meta menunjukkan bahwa integrasi STEM dan PjBL memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap kreativitas siswa, dengan nilai efek yang besar (effect size ≈ 3,888) (Kwon & Lee, 2025). Di ranah pendidikan IPA, pendekatan PjBL terbukti efektif dalam menghubungkan konsep-konsep teoretis dengan dunia nyata dan memperdalam pemahaman konseptual, sekaligus menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif (Science education through project-based learning) (Santos et al., 2023).

Kabupaten Muaro Jambi sebagai salah satu daerah yang terus berupaya meningkatkan mutu pendidikan sains memerlukan program pengembangan profesional guru yang mampu menjawab tantangan tersebut. Workshop Hybrid Deep Learning & STEM-PJBL dirancang sebagai upaya pemberdayaan guru MGMP melalui pelatihan yang memberikan pemahaman konsep deep learning, pengenalan model pembelajaran hybrid, serta praktik implementasi pendekatan STEM-PJBL dalam pengembangan perangkat pembelajaran. Melalui kegiatan ini, guru diharapkan tidak hanya memahami konsep, tetapi juga siap mengintegrasikan teknologi berbasis AI dan pembelajaran berbasis proyek ke dalam proses belajar mengajar.

Untuk mendukung pelaksanaan workshop ini, disusun instrumen pengumpulan data yang mencakup berbagai aspek penting seperti pemahaman guru mengenai konsep deep learning dan hybrid learning sebelum mengikuti pelatihan, pengalaman dalam menerapkan model STEM-PJBL, kesiapan dalam mengintegrasikan teknologi berbasis AI, tantangan terbesar dalam mengembangkan perangkat pembelajaran sains inovatif, hingga tingkat dukungan sekolah terhadap penerapan pembelajaran berbasis teknologi dan inovasi. Data yang diperoleh melalui instrumen ini menjadi dasar dalam menganalisis kebutuhan, hambatan, dan potensi guru dalam merancang perangkat pembelajaran sains berdaya saing global.

Tujuan pengabdian ini adalah untuk menganalisis pemahaman, pengalaman, tantangan, dan kesiapan guru-guru MGMP Muaro Jambi dalam mengembangkan perangkat pembelajaran sains berdaya saing global melalui pelaksanaan workshop Hybrid Deep Learning & STEM-PJBL. Hasil kegiatan diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan program pelatihan guru yang lebih efektif, berkelanjutan, dan relevan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21.

METODE

Desain Penelitian

Kegiatan pengabdian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan rancangan penelitian tindakan partisipatif (*participatory action research*) (Felani et al., 2025; Siswadi & Syaifuddin, 2024). Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh gambaran yang mendalam mengenai pemahaman, pengalaman, tantangan, dan kesiapan guru dalam mengembangkan perangkat pembelajaran sains berdaya saing global melalui pelaksanaan Workshop Hybrid Deep Learning & STEM-PJBL.

Target/Subjek

Subjek kegiatan ini adalah guru-guru MGMP IPA Kabupaten Muaro Jambi yang menjadi peserta workshop. Jumlah peserta sebanyak 29 guru, yang dipilih berdasarkan keanggotaan aktif MGMP dan kesediaan mengikuti kegiatan secara penuh, baik luring maupun daring..

Prosedur Penelitian

Pelaksanaan pengabdian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan: penyusunan rancangan kegiatan, pembuatan instrumen pengumpulan data, koordinasi dengan pengurus MGMP, dan penyediaan sarana workshop.
2. Pelaksanaan workshop: kegiatan dilaksanakan secara hybrid (luring dan daring) dengan beberapa sesi, meliputi:
   - *Sesi pemahaman konsep*: pengenalan teori Deep Learning, Hybrid Learning, dan model STEM-PJBL.
   - *Sesi praktik*: penyusunan perangkat pembelajaran sains berbasis Hybrid Deep Learning & STEM-PJBL.
   - *Sesi diskusi dan refleksi*: berbagi pengalaman dan identifikasi kendala penerapan di sekolah masing-masing.
3. Evaluasi dan tindak lanjut: pengumpulan data pascaworkshop untuk menganalisis peningkatan pemahaman guru serta rencana implementasi di sekolah.

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan menggunakan angket melaui google formulir**.** Kuesioner diberikan sebelum dan sesudah workshop untuk mengetahui perubahan pemahaman dan kesiapan guru. Observasi dilakukan selama kegiatan berlangsung untuk merekam partisipasi dan keterlibatan peserta. Adapun kisi-kisi instrumen kuesioner pengabdian ini di tabel 1.

Tabel 1. Kisi-kisi Kuesioner

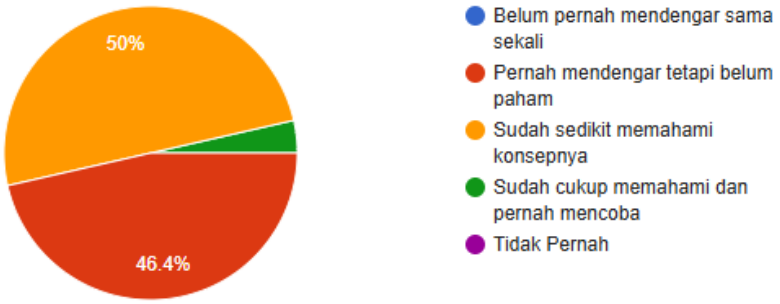
Aspek yang Diukur	Indikator	Nomor Pertanyaan
Pemahaman konsep *Deep Learning*	a. Pengetahuan awal tentang pengertian Deep Learning. b. Pemahaman manfaat Deep Learning dalam pembelajaran.	1
Pemahaman *Hybrid Deep Learning*	Pengetahuan awal mengenai konsep dan penerapan *Hybrid Deep Learning*.	2
Pengalaman menerapkan STEM-PJBL	Pernah/tidaknya guru menerapkan model STEM-PJBL dalam pembelajaran.	3
Tantangan pengembangan perangkat pembelajaran sains	Jenis kesulitan yang dihadapi guru dalam menyusun perangkat pembelajaran sains inovatif dan berdaya saing global.	4
Kesiapan integrasi AI/*Deep Learning*	Kesiapan guru mengintegrasikan teknologi berbasis AI/*Deep Learning* ke dalam pembelajaran.	5
Relevansi AI dalam pembelajaran IPA	Pandangan guru tentang pentingnya AI dalam pembelajaran IPA.	6
Kendala penerapan *Project Based Learning*	Hambatan yang dialami guru saat menerapkan PjBL.	7

Teknik analisis data

Data kualitatif dianalisis menggunakan model analisis interaktif Miles dan Huberman, yang meliputi tahap reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi (Feri et al., 2025). Hasil analisis digunakan untuk menggambarkan tingkat pemahaman guru, tantangan, dan kesiapan mereka dalam mengembangkan perangkat pembelajaran sains berbasis Hybrid Deep Learning & STEM-PJBL, serta untuk memberikan rekomendasi program pengembangan profesional guru yang lebih efektif, berkelanjutan, dan relevan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21.

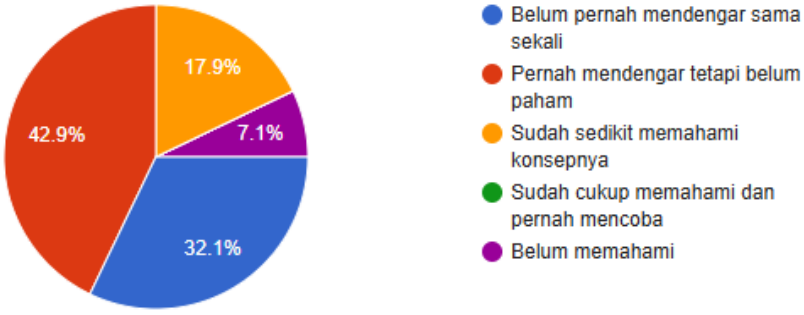
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan pengabdian ini mengungkapkan berbagai menganalisis pemahaman, pengalaman, tantangan, dan kesiapan guru-guru. Adapun hasilnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



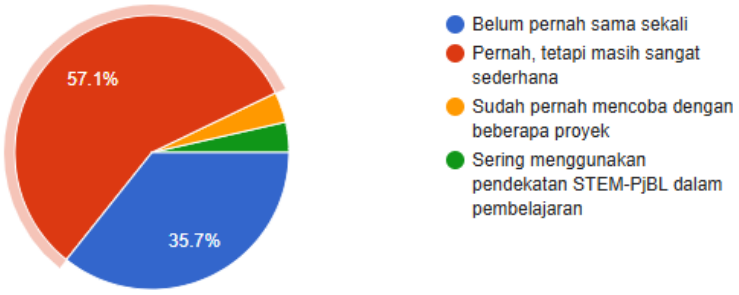
Gambar 1. Pemahaman Guru Mengenai *Deep Learning*

Berdasarkan diagram di atas, dari total 28 responden, sebagian besar peserta workshop (50%) menyatakan sudah sedikit memahami konsep *Deep Learning*, sementara 46,4% lainnya pernah mendengar istilah tersebut namun belum memahaminya. Hanya sebagian kecil, yaitu sekitar 3,6%, yang mengaku sudah cukup memahami dan pernah mencoba menerapkannya. Temuan ini menunjukkan bahwa mayoritas peserta memiliki pengetahuan awal yang terbatas dan membutuhkan pendalaman materi melalui kegiatan workshop untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan praktis terkait *Deep Learning*.



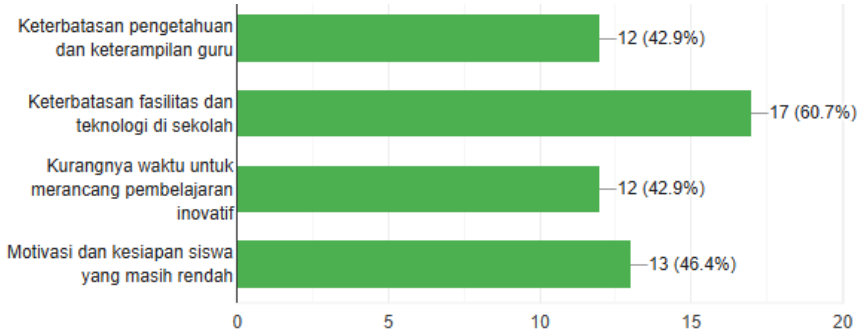
Gambar 2. Pemahaman Guru Mengenai *Hybrid Deep Learning*

Berdasarkan diagram di atas, mayoritas responden (42,9%) menyatakan pernah mendengar istilah tersebut tetapi belum memahaminya, sementara 32,1% lainnya belum pernah mendengar sama sekali. Sebanyak 17,9% responden sudah sedikit memahami konsepnya, dan hanya 7,1% yang menyebutkan belum memahami meskipun mungkin pernah mendengar. Tidak ada responden yang mengaku sudah cukup memahami dan pernah mencoba. Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman peserta terhadap topik yang dimaksud masih relatif rendah dan memerlukan pembekalan materi yang lebih mendalam melalui kegiatan pelatihan atau workshop.



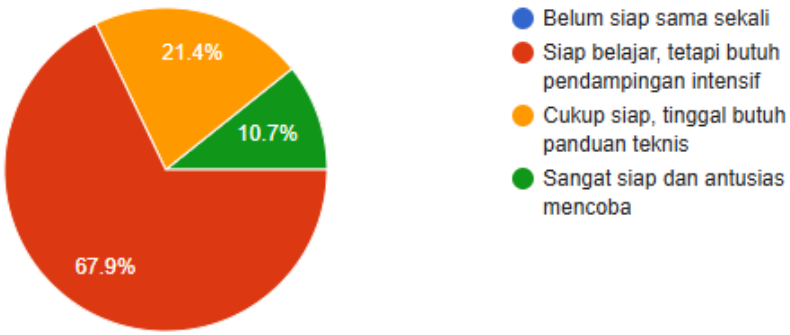
Gambar 3. Pengalaman Guru Dalam Menerapkan Model Pembelajaran *Project-Based Learning berbasis STEM*

Berdasarkan diagram di atas, sebagian besar responden (57,1%) menyatakan pernah mengenal STEM-PjBL tetapi masih pada tingkat yang sangat sederhana, sementara 35,7% lainnya belum pernah sama sekali. Hanya sebagian kecil yang sudah memiliki pengalaman lebih lanjut, yaitu 3,6% yang sudah pernah mencoba dengan beberapa proyek dan 3,6% yang sering menggunakan pendekatan STEM-PjBL dalam pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEM-PjBL masih relatif minim, sehingga kegiatan workshop atau pelatihan sangat diperlukan untuk memperkenalkan konsep dan praktiknya secara lebih mendalam kepada para pendidik.



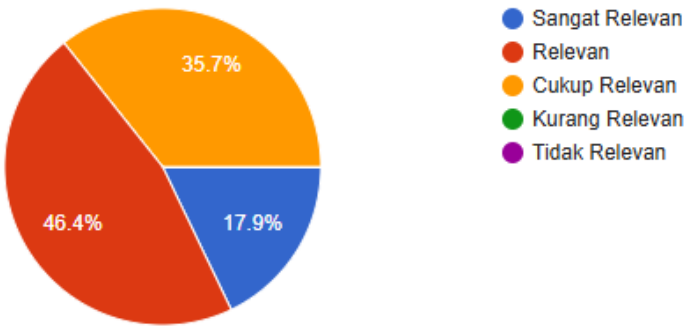
Gambar 4. Tantangan Terbesar Dalam Mengembangkan Perangkat Pembelajaran

Berdasarkan diagram tersebut, dapat dilihat bahwa tantangan terbesar dalam mengembangkan perangkat pembelajaran sains yang inovatif dan berdaya saing global menurut para responden adalah keterbatasan fasilitas dan teknologi di sekolah (60,7%), yang menunjukkan bahwa infrastruktur menjadi faktor dominan penghambat inovasi. Selain itu, motivasi dan kesiapan siswa yang masih rendah (46,4%) serta keterbatasan pengetahuan dan keterampilan guru (42,9%) juga dianggap sebagai kendala yang signifikan. Hal serupa terlihat pada kurangnya waktu guru untuk merancang pembelajaran inovatif (42,9%). Temuan ini mengindikasikan bahwa permasalahan dalam pengembangan perangkat pembelajaran sains tidak hanya bersumber dari faktor eksternal seperti sarana prasarana, tetapi juga dari aspek internal berupa kompetensi guru, manajemen waktu, serta kesiapan siswa.



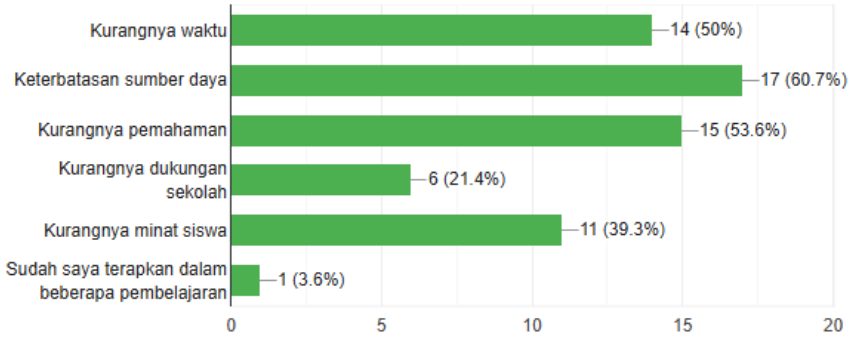
Gambar 5. Kesiapan Guru Dalam Mengintegrasikan Teknologi Berbasis AI atau *Deep learning*

Berdasarkan diagram tersebut, mayoritas responden (67,9%) menyatakan bahwa mereka siap belajar mengintegrasikan teknologi berbasis AI atau *deep learning* dalam pembelajaran, namun masih membutuhkan pendampingan intensif. Hal ini menunjukkan adanya minat yang cukup tinggi, tetapi keterbatasan kompetensi teknis masih menjadi hambatan utama. Sebanyak 21,4% responden merasa cukup siap dan hanya memerlukan panduan teknis, sementara 10,7% lainnya sudah sangat siap dan antusias mencoba. Menariknya, tidak ada responden yang menyatakan belum siap sama sekali, yang mengindikasikan adanya kesadaran kolektif tentang pentingnya penguasaan teknologi AI dalam pembelajaran, meskipun tingkat kesiapan praktis masih bervariasi.



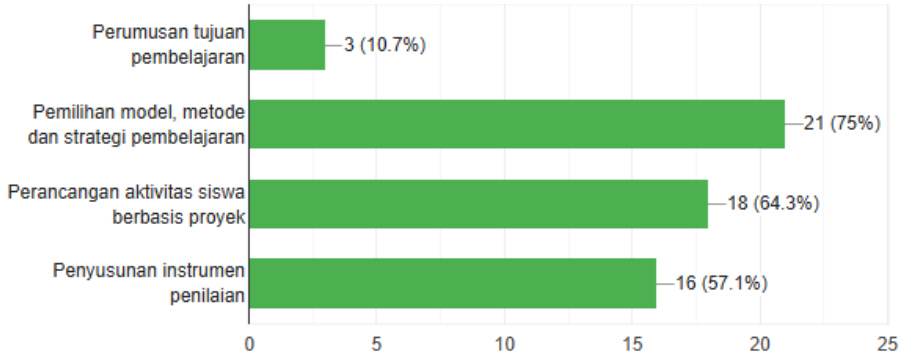
Gambar 6. Relevan penerapan *Artificial Intelligence (AI)* dalam pembelajaran IPA

Berdasarkan diagram tersebut, sebagian besar responden menilai penerapan *Artificial Intelligence (AI)* dalam pembelajaran IPA di kelas tergolong relevan (46,4%) dan cukup relevan (35,7%). Selain itu, 17,9% responden bahkan menilai AI sangat relevan, sementara tidak ada yang beranggapan kurang relevan maupun tidak relevan. Hal ini menunjukkan adanya persepsi positif dan penerimaan yang kuat terhadap pemanfaatan AI dalam mendukung pembelajaran IPA, meskipun tingkat keyakinan masih lebih banyak pada kategori relevan dan cukup relevan daripada sangat relevan. Temuan ini mengindikasikan peluang besar untuk mengintegrasikan AI dalam pembelajaran, dengan tetap mempertimbangkan kesiapan guru dan dukungan fasilitas.



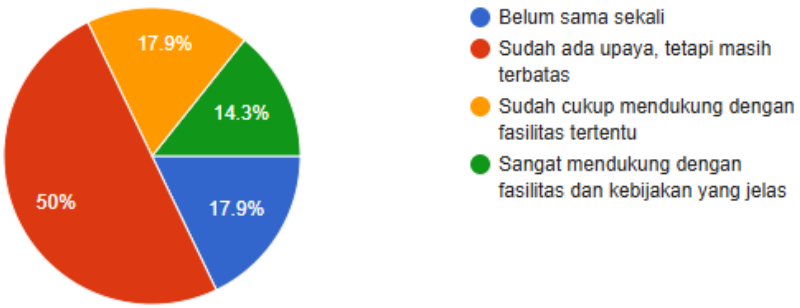
Gambar 7. Kendala yang Bapak/Ibu hadapi dalam menerapkan *Project Based Learning* (PjBL)

Berdasarkan diagram tersebut, kendala utama yang dihadapi guru dalam menerapkan *Project Based Learning (PjBL)* di kelas adalah keterbatasan sumber daya (60,7%) dan kurangnya pemahaman terkait penerapan PjBL (53,6%). Selain itu, kurangnya waktu juga menjadi hambatan signifikan (50%), diikuti oleh rendahnya minat siswa (39,3%) serta minimnya dukungan sekolah (21,4%). Hanya sedikit responden (3,6%) yang menyatakan sudah menerapkan PjBL dalam beberapa pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun PjBL dianggap sebagai pendekatan yang potensial, implementasinya masih terbatas oleh faktor sumber daya, pengetahuan guru, serta kondisi pendukung di sekolah.



Gambar 8. Aspek yang Sulit Dalam Menyusun Perangkat Pembelajaran

Berdasarkan diagram tersebut, tantangan terbesar guru dalam menyusun perangkat pembelajaran adalah pada aspek pemilihan model, metode, dan strategi pembelajaran (75%), diikuti oleh perancangan aktivitas siswa berbasis proyek (64,3%) serta penyusunan instrumen penilaian (57,1%). Sementara itu, hanya sebagian kecil responden (10,7%) yang mengalami kesulitan dalam merumuskan tujuan pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa guru relatif mampu merumuskan tujuan, namun masih menghadapi hambatan signifikan dalam mengembangkan strategi pembelajaran yang tepat, mendesain aktivitas berbasis proyek, serta menyusun instrumen penilaian yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran inovatif.



Gambar 9. Kesiapan Sekolah Dalam Mendukung Penerapan Pembelajaran Berbasis Teknologi Dan Inovasi

Berdasarkan diagram tersebut, setengah dari responden (50%) menyatakan bahwa sekolah mereka sudah ada upaya mendukung penerapan pembelajaran berbasis teknologi dan inovasi, namun masih terbatas. Sebagian lainnya menilai sekolah belum mendukung sama sekali (17,9%) atau hanya cukup mendukung dengan fasilitas tertentu (17,9%). Sementara itu, hanya 14,3% responden yang merasa sekolah sangat mendukung dengan fasilitas dan kebijakan yang jelas. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar sekolah mulai mengarah pada penerapan pembelajaran berbasis teknologi dan inovasi, dukungan yang diberikan masih belum optimal, baik dari sisi fasilitas maupun kebijakan institusional.

Temuan kegiatan ini memperlihatkan adanya kesenjangan antara kesadaran guru terhadap urgensi inovasi pembelajaran dengan kapasitas nyata yang dimiliki untuk mengimplementasikannya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa guru membutuhkan intervensi sistematis melalui pelatihan, pendampingan, dan penyediaan fasilitas agar potensi yang ada tidak berhenti pada tataran kesadaran. Hal ini sejalan dengan kajian (Susanti et al., 2025) yang menegaskan bahwa meskipun guru memiliki motivasi untuk mengintegrasikan AI dalam pembelajaran, kurangnya dukungan pelatihan dan fasilitas membuat pemanfaatannya belum optimal.

Dari perspektif pedagogis, kesulitan guru dalam memilih model, strategi, dan instrumen penilaian menandakan perlunya penguatan kompetensi desain pembelajaran yang aplikatif dan kontekstual. Penelitian mutakhir (Pappa et al., 2024) menemukan bahwa guru di berbagai level pendidikan masih menghadapi hambatan dalam mengajarkan teknologi dan STEM karena kurang percaya diri, minim persiapan, serta kerangka kurikulum yang belum jelas. Hal ini sejalan dengan tantangan guru dalam mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis proyek dan inovasi.

Selain itu, kendala dalam implementasi *Project-Based Learning* (PjBL) yang dialami guru mencerminkan fenomena global. Studi komparatif (Astuti et al., 2025) menegaskan bahwa keterbatasan sumber daya, waktu, serta kompetensi pedagogis merupakan masalah umum dalam penerapan PjBL di berbagai negara. Artinya, hasil pengabdian ini menguatkan bukti empiris bahwa keberhasilan penerapan PjBL sangat dipengaruhi oleh dukungan institusional dan keberlanjutan pengembangan profesional guru.

Di sisi lain, meskipun pemahaman guru tentang *Deep Learning* dan *Hybrid Deep Learning* masih terbatas, sebagian besar menunjukkan kesiapan tinggi untuk belajar dan beradaptasi. Hal ini memperlihatkan adanya peluang besar untuk mengintegrasikan AI ke dalam pembelajaran IPA, sebagaimana ditegaskan dalam studi (Stolpe & Hallström, 2024) yang menekankan pentingnya penguatan literasi AI guru, tidak hanya dari sisi teknis tetapi juga pemahaman mekanisme dan implikasi etisnya. Pendekatan berbasis kemitraan antara institusi pendidikan tinggi dan sekolah, juga terbukti mampu mempercepat penguasaan AI oleh guru melalui model pelatihan kolaboratif dan berbasis proyek.

Dari sisi institusional, dukungan sekolah yang masih terbatas menjadi faktor penghambat utama. Inovasi pembelajaran akan sulit berkelanjutan tanpa adanya kebijakan yang berpihak pada pengembangan teknologi pendidikan, penyediaan sarana, serta budaya sekolah yang mendorong eksplorasi pedagogi baru. Dengan demikian, sinergi antara guru, sekolah, dan pemangku kebijakan menjadi kunci penting untuk mewujudkan transformasi pembelajaran berbasis teknologi yang tidak hanya relevan secara konseptual, tetapi juga berdaya guna dalam praktik nyata.

KESIMPULAN

Berdasarkan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat melalui Workshop *Hybrid Deep Learning* dan STEM *Project-Based Learning* (STEM-PjBL), dapat disimpulkan bahwa sebagian besar guru masih memiliki pemahaman dan pengalaman yang terbatas terkait konsep Deep Learning, Hybrid Deep Learning, serta penerapan STEM-PjBL dalam pembelajaran. Tantangan utama yang dihadapi guru meliputi keterbatasan fasilitas dan teknologi, kurangnya pengetahuan dan keterampilan pedagogis dalam merancang pembelajaran berbasis proyek dan teknologi, keterbatasan waktu, serta dukungan institusional sekolah yang belum optimal. Meskipun demikian, temuan pengabdian ini juga mengungkapkan bahwa guru memiliki kesiapan dan motivasi yang tinggi untuk belajar serta mengintegrasikan teknologi berbasis AI dan pendekatan STEM-PjBL ke dalam pembelajaran sains, khususnya apabila didukung oleh pendampingan intensif dan program pengembangan profesional yang berkelanjutan. Dengan demikian, workshop Hybrid Deep Learning & STEM-PjBL berperan penting sebagai langkah awal dalam memetakan kebutuhan, hambatan, dan potensi guru, serta menjadi dasar perumusan program pelatihan lanjutan yang lebih terarah. Penguatan kapasitas guru melalui pelatihan berkelanjutan, pendampingan implementatif, serta dukungan kebijakan dan fasilitas sekolah menjadi kunci utama untuk mewujudkan pengembangan perangkat pembelajaran sains yang inovatif, relevan, dan berdaya saing global.

Kegiatan pengabdian ini memiliki keterbatasan pada durasi pelaksanaan workshop yang relatif singkat sehingga pendalaman praktik *Hybrid Deep Learning* dan STEM-PjBL belum optimal. Selain itu, jumlah peserta yang terbatas dan berasal dari satu MGMP menyebabkan hasil pengabdian belum dapat digeneralisasikan secara luas, serta evaluasi kegiatan belum sepenuhnya mengukur dampak implementasi pembelajaran di kelas dalam jangka panjang. Diperlukan kegiatan pengabdian lanjutan yang bersifat berkelanjutan dengan fokus pada pendampingan implementatif pengembangan perangkat pembelajaran berbasis Hybrid Deep Learning dan STEM-PjBL. Selain itu, disarankan perluasan cakupan peserta serta evaluasi jangka panjang untuk menilai dampak penerapan pembelajaran inovatif terhadap praktik guru dan hasil belajar peserta didik.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Jambi dengan Perjanjian/Kontrak Nomor 932/UN21.11/PM.01.01/SPK/2025 atas pendanaan yang diberikan pada pengabdian ini.

REFERENSI

Astuti, F. R., Sahara, I. R., & Gusmaneli, G. (2025). Pelaksanaan Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL

) dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Bintang Pendidikan Indonesia*, *3*(1), 1–15.https://doi.org/10.55606/jubpi.v3i1.3390

Felani, E., Istiqomah, K. F., Sari, I. N. I., & Hidayatullah, R. (2025). Implementasi Strategi Participatory Action Research (Par) Untuk Mengoptimalkan Pengelolaan Sampah Berbasis Sekolah: Sebuah Pendekatan Inovatif Dan Berkelanjutan. *AN NAJAH (Jurnal Pendidikan Islam Dan Sosial Keagamaan)*, *4*(3), 21–27.

Feri, J., Manurung, C., Alvionita, I., & Harahap, A. (2025). Peran Manajemen Kepala Sekolah dalam Pengembangan SDM untuk Meningkatkan Kinerja Guru di SD Negeri 1 Bilah Hulu Kabupaten Labuhanbatu. *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial, Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, *5*(2), 567–576.https://doi.org/10.56832/edu.v5i2.1269

Kroon, N., Do Céu Alves, M., & Martins, I. (2021). The impacts of emerging technologies on accountants' role and skills: Connecting to open innovation-a systematic literature review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *7*(3). https://doi.org/10.3390/joitmc7030163

Kwon, H., & Lee, Y. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity. *STEM Education*, *5*(2), 275–290. https://doi.org/10.3934/steme.2025014

Munawir, & Muhidin, N. M. (2025). Menjadi Guru Profesional di Abad 21: Keterampilan Dalam Literasi Digital. *Jurnal Pendidikan*, *34*(2), 145–156. https://doi.org/10.32585/jp.v34i2.6696

Pappa, C. I., Georgiou, D., & Pittich, D. (2024). Technology education in primary schools: addressing teachers' perceptions, perceived barriers, and needs. *International Journal of Technology and Design Education*, *34*(2), 485–503. https://doi.org/10.1007/s10798-023-09828-8

Rakhmawati, D., Hendracipta, N., Pribadi, R. A., & Nurhasanah, A. (2024). Peran Guru Dalam Mengoptimalkan Model-Model Pembelajaran Berorientasi Pada Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Dasar Flobamorata*, *5*(1), 75–85.https://doi.org/10.51494/jpdf.v5i1.1352

Santos, C., Rybska, E., Klichowski, M., Jankowiak, B., Jaskulska, S., Domingues, N., Carvalho, D., Rocha, T., Paredes, H., Martins, P., & Rocha, J. (2023). Science education through project-based learning: a case study. *Procedia Computer Science*, *219*, 1713–1720. hhttps://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.465

Shrishail Patil. (2025). Hybrid Deep Learning Approach for Education Data Mining and Improvement of Education Practices. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, *10*(10s), 467–477.https://doi.org/10.52783/jisem.v10i10s.1409

Siswadi, & Syaifuddin, A. (2024). Penelitian Tindakan Partisipatif Metode PAR (Partisipatory Action Research) Tantangan dan Peluang dalam Pemberdayaan Komunitas. *Ummul Qura: Jurnal Institut Pesantren Sunan Drajat (INSUD) Lamongan*, *19*(2), 111–125.https://doi.org/10.55352/uq.v19i2.1174

Stanja, J., Gritz, W., Krugel, J., Hoppe, A., & Dannemann, S. (2023). Formative assessment strategies for students' conceptions—The potential of learning analytics. *British Journal of Educational Technology*, *54*(1), 58–75. https://doi.org/10.1111/bjet.13288

Stolpe, K., & Hallström, J. (2024). Artificial intelligence literacy for technology education. *Computers and Education Open*, *6*, 100159. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100159

Susanti, L. Y., Rahmadita, S. N., & Ayuningtyas, F. N. (2025). Kesenjangan Digital dan Pemanfaatan AI Sebagai Tantangan Pendidikan Bagi Generasi Milenial di Era Society 5.0. *Jurnal Pendidikan IPS*, *15*(4), 1284–1292. https://doi.org/10.37630/jpi.v12i1.617

Suyuti, M. P., Walid, A., Nurmiati, A. S., Yani, H. A., Mufti, D., Saputra, R. S. H., Jaelani, D. A., Darwin, D., Rosyidah, D. M., & Ilmu, L. R. (2025). *STEM For The Future: Mencetak Generasi Inovatif Dengan Pembelajaran Interdisiplin*. PT. Nawala Gama Education.