

Optimalisasi Manajemen Pembelajaran Proyek Berbasis STEAM-AI untuk Meningkatkan Kreativitas Guru SMP

Nita Syahputri^{1*}, Triadi Sya'dian², Fevi Rahmawati Suwanto³, Rahmi Ramadhani⁴, Abqoriy Hisan Lahilote⁵, Tamama Alvin Niami⁶

¹Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Program Studi Sistem Informasi, Universitas Potensi Utama, Medan, Indonesia

²Fakultas Bahasa dan Seni, Program Studi Seni Pertunjukan, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

³Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

⁴Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Program Studi Perbankan Syariah, Universitas Potensi Utama, Medan, Indonesia

⁵Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Program Studi Informatika, Universitas Potensi Utama, Medan, Indonesia

⁶Fakultas Seni dan Desain, Program Studi Televisi dan Film, Universitas Potensi Utama, Medan, Indonesia

Email: ^{1*}nitasyahputri735@gmail.com, ²syadian@unimed.ac.id, ³fevirahmawati@unimed.ac.id,

⁴rahmiramadhani3@gmail.com, ⁵abqoriyhisani2@gmail.com, ⁶tamamaalvinniami@gmail.com

(* : coresponding author)

Abstrak—Penguatan kapasitas guru dalam mengelola pembelajaran berbasis proyek merupakan kebutuhan mendesak pada era pendidikan abad ke-21, khususnya dalam konteks integrasi STEAM dan kecerdasan buatan (AI). Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan untuk menjawab permasalahan guru SMP Negeri 14 Binjai yang masih menghadapi kendala dalam manajemen pembelajaran proyek serta kurang optimal dalam mengintegrasikan kreativitas dan teknologi. Tujuan kegiatan adalah meningkatkan kompetensi guru dalam merancang dan mengimplementasikan pembelajaran inovatif berbasis STEAM-AI melalui pendekatan partisipatif. Mitra pengabdian adalah guru SMP Negeri 14 Binjai yang tergabung dalam Komunitas Belajar Guru dengan jumlah peserta 30 orang. Metode pelaksanaan dilakukan dalam tiga tahap, yaitu persiapan berupa analisis kebutuhan dan penyusunan modul, pelaksanaan melalui pelatihan, lokakarya, serta pendampingan lapangan, dan evaluasi melalui tes awal-akhir, penilaian produk rancangan pembelajaran, serta refleksi peserta. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman guru mengenai konsep STEAM-AI dan keterampilan manajemen proyek, yang tercermin dari peningkatan skor tes dan kualitas rancangan pembelajaran, yakni sebesar 86,7%. Selain itu, produk kegiatan pengabdian masyarakat lainnya adalah dikembangkan aplikasi pendukung penerapan pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI, yakni aplikasi eSTEAM-AI dan terbentuknya komunitas praktisi yang menjadi wadah keberlanjutan penerapan inovasi di sekolah. Dengan demikian, program pengabdian ini mampu memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan profesionalisme guru sekaligus mendukung transformasi pendidikan di Binjai menuju pembelajaran yang kreatif, kolaboratif, dan relevan dengan tuntutan global.

Kata Kunci: Komunitas Praktisi Guru; Kreativitas Guru; Manajemen Pembelajaran; Pembelajaran Proyek; STEAM-AI

***Abstract**—Strengthening teachers' capacity in managing project-based learning is an urgent need in 21st-century education, particularly in the context of integrating STEAM and artificial intelligence (AI). This community service program was implemented to address the challenges faced by teachers at SMP Negeri 14 Binjai, who continue to experience difficulties in managing project-based learning and have yet to fully optimize the integration of creativity and technology. The objective of this activity was to enhance teachers' competence in designing and implementing innovative STEAM-AI-based learning through a participatory approach. The program's partners were teachers of SMP Negeri 14 Binjai, organized under the Teacher Learning Community, with a total of 30 participants. The implementation method was carried out in three stages: preparation, which included needs assessment and module development; execution, which involved training, workshops, and classroom mentoring; and evaluation, which consisted of pre- and post-tests, assessment of lesson design products, and participant reflections. The results showed an improvement in teachers' understanding of STEAM-AI concepts and project management skills, as reflected in increased test scores and higher-quality lesson designs, reaching 86.7%. Additionally, the program produced other outputs, including the development of a supporting application for implementing STEAM-AI-based project learning, namely the eSTEAM-AI application, and the establishment of a community of practice that serves as a sustainable platform for innovation in schools. Thus, this community service program successfully contributed to enhancing teacher professionalism while supporting the educational transformation in Binjai toward more creative, collaborative, and globally relevant learning.*

Keywords: Teacher Community of Practice; Teacher Creativity; Learning Management; Project-Based Learning; STEAM-AI.

1. PENDAHULUAN

Perubahan paradigma pendidikan di Indonesia menuntut guru untuk tidak hanya menjadi penyampai pengetahuan, tetapi juga sebagai fasilitator yang mampu mengelola pembelajaran yang kreatif, kolaboratif, dan berbasis teknologi. Implementasi Kurikulum Merdeka menekankan pentingnya pembelajaran berbasis proyek untuk mendorong keterampilan berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas siswa (Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi, 2023). Namun, di lapangan masih banyak guru yang kesulitan dalam mengelola pembelajaran proyek karena keterbatasan pengetahuan dan keterampilan dalam memadukan pendekatan *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) dengan teknologi terkini seperti *Artificial Intelligence* (AI) (Abdika et al., 2025).

Khusus di Kota Binjai, Sumatera Utara, tepatnya di sekolah mitra, SMP Negeri 14 Binjai, guru mitra menghadapi tantangan nyata dalam merancang dan mengelola proyek berbasis STEAM. Hasil wawancara awal

dengan guru-guru di Komunitas Belajar Guru-SMP Negeri 14 Binjai menunjukkan bahwa sebagian besar guru masih menggunakan metode konvensional dan jarang mengintegrasikan teknologi digital dalam pembelajaran, apalagi AI yang kini semakin relevan dengan kebutuhan pendidikan abad 21. Kondisi ini berdampak pada keterbatasan kreativitas guru dalam mendesain pembelajaran yang kontekstual, menarik, dan mendorong partisipasi aktif siswa. Mitra sekolah juga menyampaikan bahwa guru membutuhkan pelatihan praktis tentang bagaimana mengelola proyek dengan integrasi STEAM-AI sehingga mereka dapat lebih inovatif dalam pembelajaran. Berbagai penelitian sebelumnya menekankan pentingnya pembelajaran berbasis proyek dalam mengembangkan kreativitas. Olaofe & Wibowo (2025) menemukan bahwa penerapan pembelajaran STEAM berbasis proyek dapat meningkatkan kreativitas dan kolaborasi siswa di sekolah dasar, tetapi penelitian tersebut belum menekankan pada aspek keterampilan guru dalam manajemen pembelajaran proyek. Selanjutnya, Abdika et al. (2025) melalui kajian sistematis menunjukkan bahwa strategi pembelajaran proyek lebih efektif dibandingkan metode konvensional dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa, tetapi kajian tersebut belum menyentuh konteks guru SMP di Indonesia yang menghadapi keterbatasan dalam mengelola proyek berbasis STEAM.

Beberapa penelitian lain juga memperlihatkan kesenjangan (*gap*) yang mendukung urgensi pengabdian ini. Pertama, penelitian Torres et al. (2023) menunjukkan keberhasilan pembelajaran STEAM di sekolah menengah, tetapi tidak mengintegrasikan pemanfaatan AI sebagai alat bantu guru. Kedua, penelitian Antunes & Brandão (2024) dan Thaduri et al. (2024) membuktikan bahwa model PjBL efektif meningkatkan hasil belajar, namun keberhasilan penerapannya bergantung pada kreativitas guru serta kejelasan peran, penilaian, dan pengelolaan sumber daya. Ketiga, penelitian Wu et al. (2024) fokus pada kreativitas siswa dalam pembelajaran STEAM, tetapi belum menyentuh dimensi manajemen pembelajaran oleh guru. Keempat, studi oleh Irwanto (2025) menunjukkan potensi AI dalam pembelajaran, tetapi lebih banyak digunakan pada konteks perguruan tinggi, bukan SMP. Kelima, penelitian Liu et al. (2024) dan Stevenson et al. (2025) menyoroti pentingnya pengembangan profesional guru dalam integrasi teknologi, namun belum menghubungkan langsung dengan pembelajaran berbasis proyek. Dengan demikian, masih terdapat ruang besar untuk penelitian terapan berupa pengabdian masyarakat yang menguatkan keterampilan guru SMP dalam manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI untuk meningkatkan kreativitas dalam mendesain pembelajaran.

Tujuan utama dari kegiatan pengabdian ini adalah meningkatkan kemampuan guru SMP di Binjai dalam mengelola pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan pendekatan STEAM dan teknologi kecerdasan buatan (AI). Hal ini dilakukan karena guru saat ini dituntut tidak hanya menguasai materi ajar, tetapi juga mampu merancang pembelajaran yang relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (Abdika et al., 2025). Dengan pelatihan yang diberikan, guru diharapkan memahami konsep dasar STEAM-AI dan mampu menerapkannya dalam konteks pembelajaran sehari-hari. Guru juga ditargetkan mampu mengembangkan keterampilan manajerial dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi proyek pembelajaran secara sistematis. Peningkatan kemampuan ini diharapkan akan berdampak langsung pada peningkatan kreativitas guru dalam mendesain pembelajaran. Sehingga, guru mampu menghasilkan inovasi yang dapat memperkaya pengalaman belajar siswa. Secara keseluruhan, tujuan ini selaras dengan semangat Kurikulum Merdeka yang menekankan pentingnya pembelajaran berbasis proyek untuk membekali siswa dengan keterampilan abad 21 (Alhayat et al., 2023).

Tujuan lain dari kegiatan ini adalah menciptakan ruang kolaborasi antar guru dalam mendesain pembelajaran yang inovatif melalui pemanfaatan STEAM-AI. Guru sering bekerja secara individual dalam merancang pembelajaran, padahal kolaborasi sangat penting untuk melahirkan ide-ide kreatif dan inovatif (Lin et al., 2025). Melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan, guru akan difasilitasi untuk bekerja dalam kelompok sehingga mampu bertukar gagasan dan merancang proyek pembelajaran yang lebih komprehensif. Kolaborasi ini juga bertujuan untuk memperkuat kompetensi guru dalam berpikir lintas disiplin, sesuai dengan karakteristik STEAM yang menggabungkan ilmu sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika (Calheiro & Greca, 2025). Dengan demikian, kegiatan ini bukan hanya berorientasi pada peningkatan keterampilan individu, tetapi juga membangun ekosistem pembelajaran yang saling mendukung. Keberhasilan tujuan ini akan tercermin dari meningkatnya jumlah proyek pembelajaran yang inovatif dan dapat diterapkan di berbagai mata pelajaran. Hal ini diharapkan akan memperluas dampak pengabdian tidak hanya di satu sekolah, tetapi juga dapat diadopsi oleh sekolah lain di wilayah Binjai.

Manfaat pertama dari kegiatan ini adalah peningkatan kapasitas profesional guru dalam hal kreativitas, inovasi, dan pemanfaatan teknologi. Guru yang sebelumnya kurang familiar dengan konsep STEAM dan teknologi AI akan mendapatkan pengalaman baru melalui pelatihan dan praktik langsung. Peningkatan kapasitas ini akan membantu guru menyesuaikan diri dengan tuntutan Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis proyek (Zaharah & Silitonga, 2023). Selain itu, manfaat yang dirasakan guru tidak hanya bersifat jangka pendek, tetapi juga jangka panjang karena keterampilan yang diperoleh dapat terus dikembangkan sesuai perkembangan teknologi pendidikan. Guru juga akan lebih percaya diri dalam memanfaatkan teknologi AI sederhana, misalnya untuk membantu perancangan proyek atau mengevaluasi kreativitas siswa (Kim, 2025; van

den Berg, 2025). Dengan begitu, guru dapat lebih mandiri dalam mengembangkan materi ajar inovatif. Hal ini pada akhirnya akan menciptakan kualitas pembelajaran yang lebih baik bagi siswa SMP di Binjai.

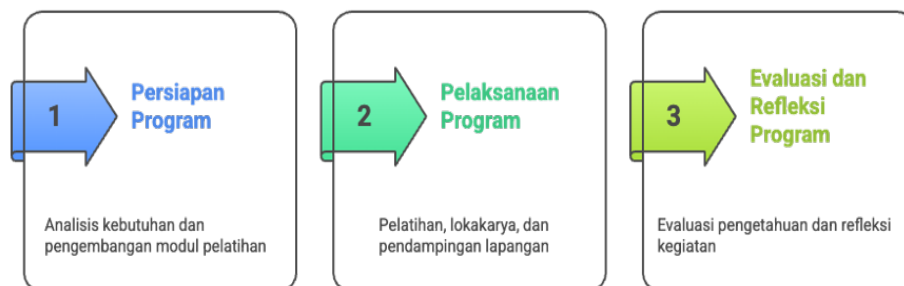
Manfaat kedua yang signifikan adalah terciptanya pengalaman belajar yang lebih menarik, bermakna, dan relevan bagi siswa. Ketika guru lebih kreatif dalam mendesain pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEAM-AI, siswa akan mendapatkan kesempatan untuk belajar melalui kegiatan yang kontekstual dan menantang. Proses belajar tidak lagi hanya berfokus pada hafalan, tetapi juga pengembangan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan pemecahan masalah (Loyens et al., 2023). Hal ini sangat penting untuk menyiapkan siswa menghadapi tantangan era digital dan revolusi industri 4.0. Selain itu, manfaat juga dirasakan oleh sekolah sebagai institusi, karena akan tercipta budaya inovasi dalam praktik pembelajaran yang berkelanjutan. Sekolah dapat menjadi pusat pengembangan kreativitas guru sekaligus model penerapan pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan teknologi. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini memberikan manfaat yang berlapis, tidak hanya bagi guru dan siswa, tetapi juga bagi sekolah dan masyarakat pendidikan di Kota Binjai.

2. METODE PELAKSANAAN

Mitra kegiatan program pengabdian merupakan kelompok masyarakat ekonomi non-produktif, yakni SMP Negeri 14 Binjai, tepatnya Komunitas Belajar Guru SMP Negeri 14 Binjai, yang berlokasi di Jl. Petai No. 1 Kelurahan Jati Utomo, Kecamatan Binjai Utara, Kota Binjai 20374. Jumlah guu mitra sebanyak 30 orang. Pelaksanaan program pengabdian ini dirancang secara sistematis untuk menjawab permasalahan mitra, yaitu masih rendahnya kemampuan guru SMP Negeri 14 Binjai dalam mengelola pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI serta terbatasnya kreativitas dalam mendesain pembelajaran inovatif. Kegiatan pengabdian dilakukan selama 4 minggu di bulan Agustus 2025 (5-25 Agustus 2025).

Program ini dilaksanakan dalam tiga tahap utama, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi, dengan pendekatan partisipatif agar guru terlibat aktif dalam setiap proses kegiatan. Melalui pendekatan ini, diharapkan hasil pengabdian tidak hanya berhenti pada kegiatan pelatihan, melainkan benar-benar terinternalisasi dalam praktik mengajar guru sehari-hari. Dengan demikian, metode ini tidak hanya meningkatkan kompetensi guru, tetapi juga mendorong transformasi pendidikan yang lebih luas di Kota Binjai. Tahapan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:

Proses Implementasi Program Pengabdian



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian Masyarakat

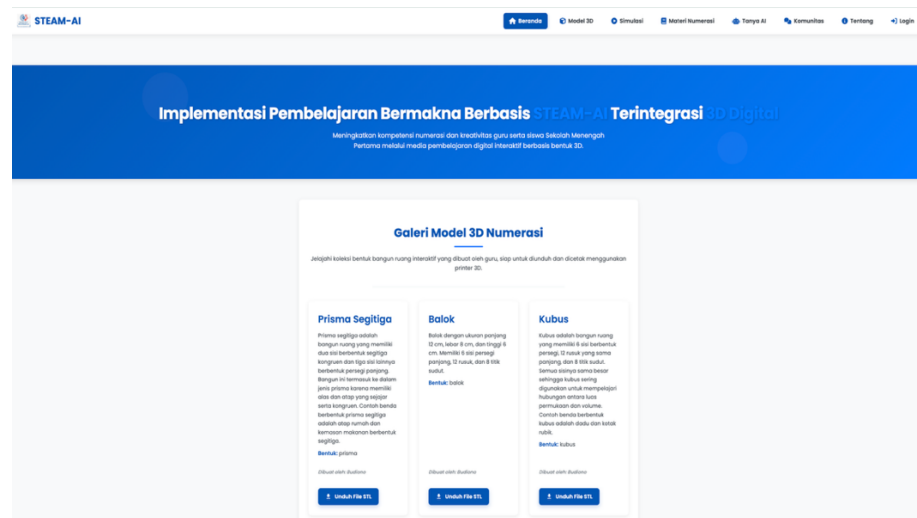
Merujuk pada Gambar 1, berikut dijabarkan tiga tahap pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat.

2.1 Tahap Persiapan Program

Tahap pertama adalah persiapan program, yang meliputi koordinasi dengan sekolah mitra, analisis kebutuhan (*needs assessment*), serta penyusunan perangkat program. Tahapan ini dilakukan di awal minggu pertama, dimana tim PKM melakukan koordinasi dengan sekolah untuk menentukan guru yang menjadi peserta, menyusun jadwal kegiatan, serta menyepakati bentuk dukungan yang dapat diberikan sekolah, seperti penyediaan laboratorium komputer atau ruang pertemuan. Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dan angket kepada guru untuk mengidentifikasi tingkat pemahaman mereka mengenai STEAM, AI, dan manajemen pembelajaran proyek.

Dari hasil analisis ini, tim pengabdian menyusun modul pelatihan yang berisi materi tentang konsep dasar STEAM-AI, strategi manajemen proyek, hingga praktik perancangan pembelajaran inovatif. Modul ini disesuaikan dengan konteks kurikulum SMP serta kebutuhan lokal guru di Binjai. Pada tahap persiapan program, tim pengabdian juga mengembangkan aplikasi penunjang pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI yakni aplikasi eSTEAM-AI (<https://steamlearning.wuaze.com/index.php?i=3>). Modul kegiatan dan aplikasi eSTEAM-AI dikembangkan pada

minggu pertama kegiatan. Tampilan aplikasi eSTEAM-AI yang dikembangkan tim pengabdian tersaji pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Tampilan Muka Aplikasi eSTEAM-AI

Tampak pada Gambar 2 di atas, aplikasi eSTEAM-AI yang dikembangkan membantu kelompok kerja guru dalam merancang aktivitas pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI. Menu-menu yang dikembangkan pada aplikasi eSTEAM-AI diantaranya menu Beranda (menu yang menyajikan galeri model 3D Numerasi hasil pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI); Model 3D (menu yang berisi beberapa bentuk tampilan model 3D penunjang pembelajaran proyek STEAM-AI); menu simulasi (menu yang menyediakan konstruksi geometri 3D interaktif penunjang pembelajaran proyek STEAM-AI); menu materi numerasi (menu yang berisi aktivitas-aktivitas pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI); menu tanya AI (menu yang memfasilitasi AI untuk membantu guru merancang aktivitas pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI); dan menu komunitas (menu diskusi antar guru dalam merancang aktivitas dalam pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI).

2.2 Tahap Pelaksanaan Program

Tahap kedua adalah pelaksanaan program, yang dilaksanakan dalam bentuk pelatihan intensif, lokakarya, serta pendampingan lapangan. Tahapan kedua dilakukan pada minggu kedua hingga minggu keempat kegiatan. Kegiatan pelatihan dilakukan secara tatap muka dengan metode ceramah interaktif, diskusi, dan simulasi. Pada sesi awal, guru diperkenalkan pada konsep dasar STEAM-AI dan relevansinya dengan pembelajaran berbasis proyek. Selanjutnya, dilakukan lokakarya perancangan pembelajaran di mana guru bekerja dalam kelompok untuk merancang satu unit proyek yang memadukan unsur sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika dengan dukungan teknologi AI. Misalnya, guru IPA dan matematika berkolaborasi mendesain proyek eksperimen sains yang hasilnya dianalisis menggunakan aplikasi berbasis AI, sementara guru seni dapat menambahkan elemen kreativitas melalui desain produk 3D printing atau visualisasi digital.

Pendampingan lapangan juga menjadi bagian penting dari tahap ini. Tim pengabdian mendampingi guru ketika mengimplementasikan proyek yang telah mereka rancang di kelas. Selama proses pendampingan, guru diberi kesempatan untuk mencoba berbagai strategi manajemen proyek, seperti pembagian peran siswa, pengelolaan waktu, serta penggunaan perangkat digital. Tim juga memberikan masukan secara langsung mengenai aspek-aspek yang perlu diperbaiki. Pendekatan ini bertujuan agar guru tidak hanya memahami teori, tetapi juga memiliki pengalaman nyata dalam mengelola pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI.

2.3 Tahap Evaluasi dan Refleksi Program

Tahap ketiga adalah evaluasi dan refleksi program. Tahapan evaluasi dilakukan pada awal kegiatan pertama di minggu pertama dan akhir kegiatan pada minggu keempat. Evaluasi yang dilakukan adalah untuk mengukur tingkat pengetahuan guru terhadap pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI. Evaluasi pengetahuan dilakukan melalui tes awal dan tes akhir mengenai pemahaman STEAM-AI dan manajemen proyek. Tes kemampuan pengetahuan terdiri dari 10 pertanyaan yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Tim PKM dan didesain dalam bentuk tes *online* berbantuan *google form*. Selain itu, guru juga diminta melakukan refleksi tertulis mengenai pengalaman mengikuti program, tantangan yang dihadapi, dan rencana tindak lanjut yang akan mereka lakukan di sekolah masing-masing. Pengisian refleksi dilakukan pada lembar refleksi yang telah didesain oleh Tim PKM dan diberikan kepada peserta di akhir kegiatan pada minggu keempat.

Untuk menjamin keberlanjutan program, tim pengabdian juga mengembangkan komunitas praktisi (*community of practice*) yang berfungsi sebagai wadah berbagi pengalaman antar guru. Melalui komunitas ini, guru dapat saling memberikan umpan balik, berbagi sumber belajar digital, dan mendiskusikan strategi pembelajaran proyek yang lebih inovatif (Zamiri & Esmaeili, 2024). Komunitas ini memanfaatkan platform daring seperti *WhatsApp Group* agar komunikasi tetap terjaga meskipun kegiatan pengabdian formal telah berakhir. Dengan demikian, guru memiliki jaringan kolaboratif yang dapat memperkuat praktik pembelajaran di sekolah mereka. Selain itu, implementasi program ini juga mengintegrasikan aspek keberlanjutan dengan melibatkan kepala sekolah dan pengawas pendidikan. Kepala sekolah diberikan pemahaman tentang pentingnya mendukung guru dalam pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI, baik dari segi penyediaan sarana maupun pengaturan waktu. Pengawas pendidikan dilibatkan untuk mengawal implementasi inovasi ini dalam lingkup yang lebih luas, sehingga diharapkan dapat menjadi model pembelajaran yang dapat direplikasi di sekolah-sekolah lain di Binjai. Secara keseluruhan, implementasi program ini menekankan kolaborasi, praktik langsung, dan keberlanjutan. Guru tidak hanya diberikan pengetahuan baru, tetapi juga pengalaman praktis dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI.

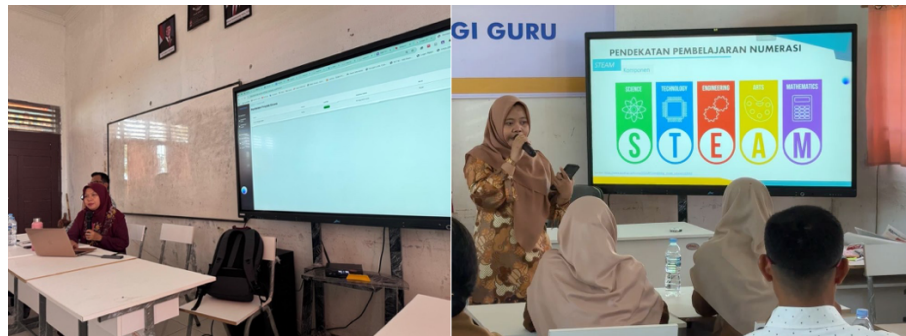
Keberhasilan program ini diukur dari dua aspek, yaitu perubahan sikap dan sosial budaya, dan ekonomi. Dari aspek sikap, guru yang mengikuti kegiatan menunjukkan peningkatan motivasi, keterbukaan, dan antusiasme dalam mendesain pembelajaran inovatif. Perubahan sikap ini juga merujuk pada perubahan kompetensi guru dalam melakukan manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI yang diukur melalui pemberian tes pemahaman. Dari aspek sosial budaya, terbentuknya komunitas praktisi dan kolaborasi antar guru menunjukkan adanya perubahan budaya kerja ke arah yang lebih kreatif dan kolaboratif (Cross et al., 2021). Keberhasilan pada aspek sosial budaya diukur dengan melakukan observasi berkelanjutan terkait pelaksanaan komunitas yang terbentuk melalui keaktifan dalam pengisian forum diskusi pada aplikasi eSTEAM-AI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penjelasan Kegiatan

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada Optimalisasi Manajemen Pembelajaran Proyek Berbasis STEAM-AI di Binjai dapat dianalisis dari keberhasilan tahap-tahap implementasi yang sejalan dengan tujuan program. Tujuan utama kegiatan adalah meningkatkan kemampuan guru dalam mengelola pembelajaran proyek secara kreatif melalui integrasi pendekatan STEAM dan teknologi kecerdasan buatan. Dari sisi proses, **tahap persiapan** dinilai berjalan efektif karena kebutuhan mitra berhasil diidentifikasi secara jelas melalui survei awal dan wawancara mendalam. Guru-guru SMP di Binjai sebelumnya menunjukkan keterbatasan pengetahuan mengenai integrasi teknologi dalam pembelajaran, khususnya pada aspek pemanfaatan AI untuk menunjang desain proyek. Keterbatasan ini juga terlihat dalam hasil analisis dokumen perangkat ajar guru yang masih bersifat konvensional, dengan dominasi metode ceramah dan minim eksplorasi praktis berbasis proyek. Melalui pemetaan kebutuhan tersebut, tim pengabdian dapat menyusun modul pelatihan yang lebih kontekstual, menyesuaikan dengan kondisi sekolah mitra, serta memasukkan strategi pembelajaran inovatif yang langsung aplikatif. Dengan kata lain, keberhasilan pada tahap awal ini mampu menjawab permasalahan mitra berupa kurangnya wawasan dasar mengenai STEAM-AI sekaligus memberikan landasan yang kuat untuk proses pelatihan berikutnya. Selain itu, keterlibatan kepala sekolah dan pengawas pendidikan sejak tahap awal memperkuat komitmen institusi untuk mendukung keberlanjutan program. Analisis ini menunjukkan bahwa tujuan pengabdian tidak hanya menyentuh aspek teknis pembelajaran, tetapi juga mengarah pada perubahan paradigma manajerial dalam penyelenggaraan pembelajaran proyek di sekolah.

Selanjutnya, pada **tahap pelaksanaan**, program ini secara langsung memberikan ruang bagi guru untuk berlatih dan mengembangkan keterampilan praktis mereka dalam mendesain pembelajaran berbasis proyek yang kreatif. Pelatihan dan lokakarya yang dilakukan berhasil menjadi wadah kolaborasi lintas mata pelajaran, di mana guru IPA, matematika, dan seni bekerja sama menciptakan proyek interdisipliner yang terintegrasi dengan teknologi AI. Analisis menunjukkan bahwa kegiatan ini bukan hanya meningkatkan kompetensi pedagogik, melainkan juga menumbuhkan kepercayaan diri guru untuk mencoba metode baru di kelas. Sebagai contoh, dalam guru matematika mampu memanfaatkan perangkat lunak berbasis AI untuk membantu siswa menganalisis data eksperimen sains, sedangkan guru seni memperkaya proyek dengan visualisasi digital menggunakan teknik *3D printing*. Hal ini mencerminkan tercapainya tujuan program dalam mengembangkan kreativitas guru sekaligus memperkuat relevansi pembelajaran dengan kebutuhan abad ke-21. Lebih jauh, proses pendampingan lapangan terbukti efektif dalam mengatasi kesenjangan antara teori dan praktik, karena guru memperoleh bimbingan langsung ketika mengimplementasikan proyek di kelas. Pendampingan yang dilakukan tim pengabdian kepada guru mitra tampak pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Pendampingan Lapangan Terkait Pembelajaran Proyek Berbasis STEAM-AI

Merujuk pada Gambar 3, tampak bahwa tim pengabdian memberikan pendampingan terkait bagaimana pembelajaran STEAM terintegrasi AI dapat dilaksanakan, serta bagaimana aplikasi eSTEAM-AI memfasilitasi guru mitra dalam mengimplementasikan STEAM-AI. Pendampingan yang dilakukan tim pengabdian berimplikasi pada meningkatnya keterampilan manajerial guru dalam mengelola waktu, membagi peran siswa, serta menilai produk pembelajaran. Dari sudut pandang mitra, perubahan ini mengatasi masalah yang selama ini dihadapi, yaitu kesulitan dalam menyusun dan melaksanakan proyek yang sesuai dengan kurikulum, sekaligus mendorong lahirnya budaya kerja kolaboratif di lingkungan sekolah. Dengan demikian, tahap pelaksanaan program terbukti mampu menjembatani perbedaan antara kebutuhan nyata di sekolah dengan konsep teoretis yang diperkenalkan melalui pelatihan.

Pada **tahap evaluasi dan refleksi**, analisis menunjukkan bahwa program ini memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap perubahan sikap, budaya, dan hasil yang berorientasi pada nilai tambah. Dari aspek sikap, mayoritas guru menunjukkan peningkatan motivasi dan keterbukaan dalam menerima inovasi pembelajaran. Hal ini tercermin dari hasil angket pasca-program yang menunjukkan skor kepuasan di atas rata-rata, serta dari catatan observasi yang menggambarkan antusiasme guru dalam diskusi dan praktik kelas. Dari aspek sosial budaya, terbentuknya komunitas praktisi guru STEAM-AI menjadi bukti adanya perubahan budaya kerja di sekolah, dari sebelumnya individualistik menjadi lebih kolaboratif dan berbagi pengalaman. Komunitas ini tidak hanya aktif pada saat program berlangsung, tetapi juga terus berjalan melalui platform daring yang memungkinkan guru saling bertukar ide dan sumber daya.

Sedangkan dari aspek ekonomi, meskipun dampaknya belum sepenuhnya terlihat secara langsung, adanya produk proyek siswa yang dipamerkan dalam kegiatan sekolah menunjukkan potensi nilai tambah, baik berupa karya kreatif maupun solusi teknologi sederhana yang dapat dimanfaatkan masyarakat sekitar. Evaluasi ini menegaskan bahwa tujuan pengabdian telah tercapai secara bertahap, dengan indikator terukur yang menunjukkan keberhasilan implementasi. Analisis ini juga menyoroti pentingnya keberlanjutan, di mana dukungan kepala sekolah dan pengawas pendidikan menjadi faktor kunci agar praktik inovatif ini tidak berhenti setelah program berakhir, melainkan menjadi model pembelajaran yang dapat direplikasi di sekolah lain di Kota Binjai. Dengan demikian, pelaksanaan pengabdian dapat dinilai berhasil mengatasi permasalahan mitra secara komprehensif sekaligus memberikan dampak transformasional pada sistem pendidikan lokal. Diskusi komprehensif berbasis kolaborasi inkuiri dilakukan dalam komunitas praktisi yang terbentuk, dan salah satu aktivitas diskusi yang dilakukan tersaji pada Gambar 4 berikut:



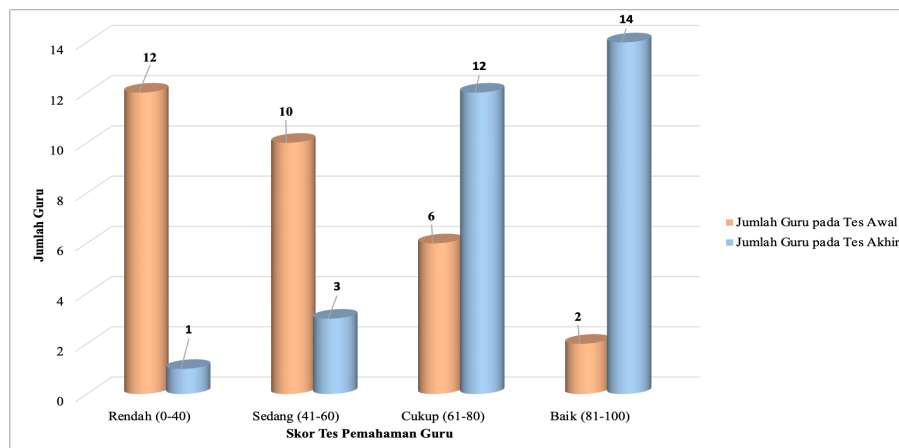
Gambar 4. Terbentuknya Komunitas Praktisi Guru Mitra yang Merupakan Produk dari Kegiatan Pengabdian Masyarakat

Tampak pada Gambar 4, salah satu guru memimpin diskusi berbasis kolaborasi inkuiri bersama rekan guru lainnya dalam komunitas praktisi. Pada kegiatan diskusi tersebut, para guru sedang menyiapkan tahapan kegiatan

pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI yang akan diupload pada aplikasi eSTEAM-AI, serta menyiapkan modul 3D animasi yang akan dijadikan bahan praktek pembelajaran bersama para siswa. Kegiatan pada komunitas praktisi tersebut menghasilkan rencana pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI dan draft model 3D animasi yang direncanakan akan dicetak menggunakan bantuan 3D printing.

3.2 Tingkat Pemahaman Tentang Kegiatan Yang Berlangsung

Keberhasilan program pengabdian yang dilakukan terfokus pada pengukuran pemahaman guru mitra mengenai manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI melalui pemberian tes awal dan tes akhir. Tes awal diberikan di awal sebelum kegiatan pengabdian diberikan, dan tes akhir diberikan setelah guru mitra menerima pelatihan dan pendampingan yang berkelanjutan. Hasil tes awal dan tes akhir pemahaman guru mitra terkait manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI tersaji pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Perbandingan Pemahaman Guru Mitra Sebelum dan Setelah Pemberian Pendampingan Melalui Kegiatan Pengabdian Masyarakat

Hasil tes awal terhadap 30 guru SMP Negeri 14 Binjai menunjukkan bahwa tingkat pemahaman mereka mengenai manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI masih tergolong rendah. Sebanyak 12 guru atau 40% responden berada pada kategori rendah dengan skor 0–40, yang menandakan bahwa sebagian besar guru belum memahami konsep dasar integrasi STEAM-AI dalam pembelajaran. Sementara itu, 10 guru (33,3%) berada pada kategori sedang dengan skor 41–60, yang menunjukkan adanya pemahaman parsial namun belum mampu mengaplikasikan ke dalam desain pembelajaran. Kondisi ini menguatkan pentingnya pelaksanaan program pelatihan, karena sebagian besar guru masih membutuhkan pendampingan intensif. Pada kategori cukup (skor 61–80), hanya 6 guru atau 20% yang menunjukkan pemahaman yang relatif memadai. Guru-guru dalam kategori ini umumnya sudah mengenal dasar pembelajaran berbasis proyek, tetapi belum mengintegrasikan unsur teknologi, khususnya kecerdasan buatan, secara optimal. Adapun hanya 2 guru (6,7%) yang berada dalam kategori baik (skor 81–100), menunjukkan bahwa masih sangat sedikit guru yang benar-benar mampu menguasai manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI. Ketimpangan distribusi ini memperlihatkan adanya kesenjangan yang signifikan antara tuntutan kurikulum berbasis keterampilan abad 21 dengan kemampuan aktual guru di lapangan.

Analisis statistik ini memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi awal mitra, sekaligus menjadi dasar kuat bagi tim pengabdian untuk menyusun strategi intervensi. Tingginya proporsi guru pada kategori rendah dan sedang menegaskan bahwa pendekatan pelatihan perlu bersifat aplikatif dan kontekstual agar mampu menjawab kebutuhan nyata. Sementara itu, kehadiran beberapa guru dalam kategori cukup dan baik dapat dijadikan aset untuk menciptakan peer learning, sehingga proses pendampingan tidak hanya dilakukan oleh tim pengabdian, tetapi juga melalui kolaborasi antar guru. Dengan demikian, data awal ini berfungsi sebagai peta masalah yang konkret, sekaligus acuan dalam mengukur keberhasilan program setelah intervensi dilakukan.

Hasil tes pasca pelatihan menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman guru terhadap manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI. Dari 30 guru yang menjadi responden, hanya 1 orang (3,3%) yang masih berada pada kategori rendah, jauh menurun dibandingkan kondisi awal yang mencapai 40%. Selain itu, kategori sedang juga menurun drastis dari 10 orang menjadi hanya 3 orang (10%). Perubahan ini menandakan bahwa mayoritas guru berhasil keluar dari level pemahaman dasar setelah mengikuti pelatihan. Sebaliknya, terjadi peningkatan tajam pada kategori cukup dan baik. Sebanyak 12 guru (40%) berada dalam kategori cukup dengan skor 61–80, yang menunjukkan bahwa mereka sudah mampu memahami konsep STEAM-AI serta dapat mulai mengintegrasikannya ke dalam pembelajaran proyek. Bahkan, 14 guru (46,7%) berhasil masuk ke kategori baik dengan skor 81–100, menandakan kemampuan yang sudah lebih matang dalam manajemen pembelajaran

projek. Dibandingkan kondisi pra-pelatihan yang hanya memiliki 2 guru di kategori baik, perubahan ini menjadi bukti nyata keberhasilan program pengabdian. Secara keseluruhan, data post-test memperlihatkan transformasi pemahaman guru yakni sebesar 86,7%. Jika sebelumnya mayoritas responden terjebak pada level rendah dan sedang, kini hampir seluruhnya telah berada di level cukup dan baik. Hasil ini menguatkan analisis bahwa program pelatihan dan pendampingan yang dirancang secara sistematis mampu mengatasi permasalahan mitra. Lebih jauh lagi, keberhasilan ini memberikan landasan untuk melanjutkan program serupa secara lebih luas, baik di sekolah lain di Kota Binjai maupun di daerah lain yang memiliki tantangan serupa.

Hasil pelaksanaan program pengabdian di Komunitas Belajar Guru SMP Negeri 14 Binjai menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman guru terhadap manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI terjadi secara signifikan. Data post-test memperlihatkan pergeseran besar dari kategori rendah menuju kategori cukup dan baik. Hal ini sejalan dengan temuan Lu et al. (2022) yang menegaskan bahwa model pembelajaran berbasis proyek lebih efektif dibandingkan metode konvensional dalam mendorong kemampuan berpikir kreatif guru maupun siswa pada konteks STEAM. Perubahan pola pemahaman yang dicapai guru SMP Negeri 14 Binjai menegaskan relevansi temuan tersebut dalam praktik nyata, di mana guru yang semula minim wawasan berhasil menginternalisasi konsep STEAM-AI secara lebih mendalam melalui pendampingan yang sistematis.

Lebih jauh, keberhasilan implementasi program ini juga sejalan dengan eksplorasi lintas negara yang dilakukan Olaofe & Wibowo (2025) dan Cheng (2022) yang menekankan bahwa integrasi STEAM dalam pembelajaran proyek sangat bergantung pada kapasitas guru dalam mengelola kelas dan mendesain pengalaman belajar kontekstual. Dalam kasus di SMP Negeri 14 Binjai, guru mampu memanfaatkan materi pelatihan untuk menghasilkan proyek yang terintegrasi, misalnya kolaborasi antara guru sains dan seni dalam merancang eksperimen berbasis teknologi dengan visualisasi digital. Hal ini memperlihatkan bahwa pelatihan berbasis praktik nyata berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas guru dalam mendesain pembelajaran yang tidak hanya inovatif, tetapi juga relevan dengan kebutuhan siswa abad ke-21.

Jika dibandingkan dengan kajian sistematis oleh Abdika et al. (2025), program pengabdian di SMP Negeri 14 Binjai juga menutup kesenjangan penting, yaitu rendahnya aspek keberlanjutan dari program pelatihan guru. Dalam penelitian tersebut ditegaskan bahwa meskipun PjBL (*Project-based Learning*) berbasis STEAM terbukti efektif, keberhasilan jangka panjang sangat dipengaruhi oleh adanya wadah kolaboratif yang dapat menjaga keberlanjutan praktik kreatif guru. Di SMP Negeri 14 Binjai, pembentukan komunitas praktisi guru pasca pelatihan menjadi solusi konkret untuk mengatasi masalah ini. Dengan adanya wadah tersebut, guru tidak hanya berhenti pada penguasaan teknis sesaat, tetapi juga memiliki ruang untuk berbagi pengalaman, mendiskusikan tantangan, dan mengembangkan inovasi secara berkelanjutan. Dengan demikian, program pengabdian ini tidak hanya berhasil mengatasi permasalahan mitra di tingkat sekolah, tetapi juga mampu memperkuat aspek keberlanjutan yang seringkali menjadi kelemahan program sejenis di penelitian sebelumnya.

Secara keseluruhan, pelaksanaan program pengabdian ini menunjukkan bahwa penerapan manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI mampu menjawab kebutuhan nyata guru SMP Negeri 14 Binjai dalam meningkatkan kreativitas dan kompetensi pedagogis. Kegiatan pelatihan, lokakarya, hingga pendampingan lapangan terbukti memberikan pengalaman langsung bagi guru dalam merancang dan mengimplementasikan pembelajaran yang relevan dengan tantangan abad ke-21. Selain itu, keterlibatan guru secara aktif dalam setiap tahapan kegiatan membentuk pola pikir kolaboratif dan budaya kerja baru di lingkungan sekolah. Hal ini memperkuat temuan Skrbinek et al. (2024) bahwa kreativitas guru dapat tumbuh optimal ketika didukung oleh lingkungan yang mendorong kolaborasi dan refleksi kritis. Keberhasilan kegiatan ini juga terlihat dari terbentuknya komunitas praktisi yang menjadi wadah berkelanjutan bagi guru untuk berbagi pengalaman, sehingga keberlanjutan program dapat lebih terjamin meskipun kegiatan pengabdian formal telah berakhir.

Dari perspektif teoritis, hasil kegiatan ini menegaskan pentingnya penguatan manajemen proyek sebagai bagian dari kompetensi profesional guru. Penerapan STEAM-AI tidak hanya dipahami sebagai pendekatan pembelajaran inovatif, tetapi juga sebagai strategi untuk menumbuhkan daya cipta dan kepekaan guru terhadap kebutuhan siswa. Dengan demikian, program pengabdian ini memberikan kontribusi nyata dalam menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik pendidikan. Dampak positif yang tercipta pada aspek sikap dan sosial budaya, guru serta sekolah menunjukkan bahwa pengabdian ini mampu memberikan nilai tambah bagi peningkatan kualitas pendidikan di kota Binjai. Lebih lanjut, hasil kegiatan pengabdian yang dilakukan Tim PKM juga menghasilkan luaran tidak hanya aplikasi eSTEAM-AI, namun juga rencana pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI dan draft model 3D animasi yang menjadi bahan praktek untuk diberikan kepada siswa saat pelaksanaan kegiatan pembelajaran proyek lintas mata pelajaran.

4. KESIMPULAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian mengenai optimalisasi manajemen pembelajaran proyek berbasis STEAM-AI di SMP Binjai memberikan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman dan kreativitas guru. Hasil tes awal menunjukkan sebagian besar guru masih berada pada tingkat pemahaman rendah hingga sedang,

terutama dalam hal pengelolaan proyek dan pemanfaatan teknologi berbasis AI dalam pembelajaran. Setelah mengikuti rangkaian kegiatan berupa pelatihan, lokakarya, serta pendampingan lapangan, terlihat peningkatan yang konsisten baik dalam aspek pengetahuan maupun keterampilan praktis guru. Peningkatan ini juga tercermin dalam kemampuan guru mendesain pembelajaran inovatif yang lebih integratif, kreatif, serta sesuai dengan karakteristik peserta didik abad ke-21. Lebih jauh, kegiatan ini turut mendorong terbentuknya komunitas praktisi yang berperan dalam menjaga kesinambungan penerapan STEAM-AI di sekolah, sekaligus memperkuat kolaborasi antar guru dalam konteks profesionalisme. Meskipun hasil pengabdian menunjukkan capaian yang menggembirakan, kegiatan ini tidak terlepas dari sejumlah keterbatasan. Pertama, keterbatasan waktu menjadi faktor utama, sehingga proses pendampingan di kelas belum dapat dilakukan secara menyeluruh untuk semua guru dan proyek yang dirancang. Kedua, kemampuan awal guru yang beragam membuat proses penyampaian materi harus disesuaikan, sehingga tidak semua peserta dapat mencapai tingkat penguasaan yang sama pada akhir kegiatan. Ketiga, keterbatasan sarana dan prasarana, khususnya perangkat digital dan aplikasi berbasis AI, menjadi tantangan tersendiri yang memengaruhi kelancaran implementasi di lapangan. Selain itu, evaluasi yang dilakukan lebih banyak bersifat deskriptif sehingga belum sepenuhnya menggambarkan dampak jangka panjang dari kegiatan ini terhadap hasil belajar siswa. Dengan demikian, kegiatan ini memberikan landasan penting untuk pengembangan program serupa di masa depan, dengan penekanan pada pendampingan yang lebih intensif, ketersediaan sumber daya yang memadai, serta evaluasi yang berorientasi pada keberlanjutan praktik pembelajaran inovatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim PKM Universitas Potensi Utama, Universitas Negeri Medan dan Mitra, Komunitas Belajar Guru SMP Negeri 14 Binjai mengucapkan terima kasih atas bantuan pendanaan yang diberikan oleh DPPM-Kementerian Pendidikan, Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui Hibah PKM Skema Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat Tahun Anggaran 2025 dengan Nomor kontrak: 197/C3/DT.05.00/PL-BATCH II/2025, 167/SPK/LL1/AL.04.03/PM/2025, 0910/UPU/PJJ/PPM/VIII/2025. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian pada masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdika, A. I., Agoestanto, A., Mariani, S., & Sugiman, S. (2025). Comparative impacts of project-based learning and other strategies on creative thinking in STEAM education: A systematic literature review. *Union: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 13(2), 486–497. <https://doi.org/10.30738/union.v13i2.19600>
- 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. <https://doi.org/10.20961/jdc.v7i1.69363>
- Antunes, R., & Brandão, A. (2024). Bridging Academia and Practice: A Comparative Study of Brand Design Projects in Higher Education. *The International Journal of Design Education*, 19(1), 91–108. <https://doi.org/10.18848/2325-128X/CGP/v19i01/91-108>
- Calheiro, L. B., & Greca, I. M. (2025). Which Maker and STEAM integration styles stand out in education? A systematic review of pedagogical practices in teacher education. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-025-10017-y>
- Cheng, M. M. H. (2022). An Overview of STEM Education in Asia. In *Concepts and Practices of STEM Education in Asia* (pp. 1–15). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2596-2_1
- Cross, K. J., Mamaril, N., Johnson-Glauch, N., & Herman, G. (2021). Building Cultures of Collaboration That Promote Instructional Change. *Studies in Engineering Education*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.21061/see.48>
- Irwanto, I. (2025). Research trends on artificial intelligence in K-12 education in Asia: a bibliometric analysis using the Scopus database (1996–2025). *Discover Artificial Intelligence*, 5(1), 155. <https://doi.org/10.1007/s44163-025-00389-4>
- Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi. (2023). *Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 Tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Me.*
- Kim, W. J. (2025). Teachers’ Use of Generative Artificial Intelligence for Designing Science Lessons in Support of Environmental Science Agency. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-025-10262-0>
- Lin, K.-Y., Ku, C.-J., Wei, H.-T., Yu, K.-C., & Williams, P. J. (2025). Processes, challenges, and teacher roles in developing and implementing collaborative STEM curricula: case studies of two Taiwanese schools. *International Journal of STEM Education*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00545-3>
- Liu, J., Aziku, M., Qiang, F., & Zhang, B. (2024). Leveraging professional learning communities in linking digital professional development and instructional integration: evidence from 16,072 STEM teachers. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00513-3>
- Loyens, S. M. M., van Meerten, J. E., Schaap, L., & Wijnia, L. (2023). Situating Higher-Order, Critical, and Critical-Analytic Thinking in Problem- and Project-Based Learning Environments: A Systematic Review. *Educational Psychology Review*, 35(2), 39. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09757-x>

- Lu, S.-Y., Lo, C.-C., & Syu, J.-Y. (2022). Project-based learning oriented STEAM: the case of micro-bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2553–2575. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09714-1>
- Olaofe, A. I., & Wibowo, A. H. (2025). Exploration of STEAM learning in Nigeria and Indonesia for primary school student. *EduStream: Jurnal Pendidikan Dasar*, 9(1), 37–47. <https://doi.org/10.26740/eds.v9n1.p37-47>
- Skrbinjek, V., Vičič Krabonja, M., Aberšek, B., & Flogie, A. (2024). Enhancing Teachers' Creativity with an Innovative Training Model and Knowledge Management. *Education Sciences*, 14(12), 1381. <https://doi.org/10.3390/educsci14121381>
- Stevenson, E., van Driel, J., & Millar, V. (2025). Supporting STEM Teacher Program Development: The Benefit of a Multifaceted Set of Enablers. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10586-3>
- Thaduri, A., Anantha, M. T., Kolluri, S. C., & Pyatla, S. (2024). Utilizing Design Thinking to integrate Project-Based Learning in addressing Real-Life Challenges. *Journal of Engineering Education Transformations*, 38(is1), 68–75. <https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38is1/24212>
- Torres, M. P., Lagarón, D. C., & Bargalló, C. M. (2023). Evaluation of STEAM Project-Based Learning (STEAM PBL) Instructional Designs from the STEM Practices Perspective. *Education Sciences*, 14(1), 53. <https://doi.org/10.3390/educsci14010053>
- van den Berg, G. (2025). Teachers' experiences of using artificial intelligence from an open distance learning context: successes, challenges, and strategies for success. *Discover Education*, 4(1), 192. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00596-2>
- Wu, X., Yang, Y., Zhou, X., Xia, Y., & Liao, H. (2024). A meta-analysis of interdisciplinary teaching abilities among elementary and secondary school STEM teachers. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00500-8>
- Zaharah, Z., & Silitonga, M. (2023). Meningkatkan Kreativitas Peserta Didik Melalui Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning) di SMP Negeri 22 Kota Jambi. *BIODIK*, 9(3), 139–150. <https://doi.org/10.22437/biodik.v9i3.28659>
- Zamiri, M., & Esmaeili, A. (2024). Methods and Technologies for Supporting Knowledge Sharing within Learning Communities: A Systematic Literature Review. *Administrative Sciences*, 14(1), 17. <https://doi.org/10.3390/admsci14010017>