

Penguatan Kompetensi Guru melalui Pembelajaran Mendalam-STEAM Menuju Sekolah Unggul di SD Pembangunan Laboratorium UNP

Melva Zainil¹, Ary Kiswanto Kenedi², Nurhafizah³, Siti Ainim Liusti⁴, Ika Parma Dewi⁵, Dea Stivani Suherman⁶, Asna Mardin⁷, Nurul Husna Zakiyah⁸, Azizah Gusdelia⁹

Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Padang, Indonesia^{1,8,9}

Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Samudra, Indonesia²

Program Studi Pendidikan Guru PAUD, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Padang, Indonesia³

Program Studi Sastra Indonesia, Fakultas Bahasa dan Seni, Universitas Negeri Padang, Indonesia⁴

Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia⁵

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Indonesia⁶

SDN 19 Paninjauan, Dinas Pendidikan dan Kebudayaan, Pemerintahan Kabupaten Tanah Datar, Indonesia⁷

melvazainil@fip.unp.ac.id¹, arykenedi@unsam.ac.id², nurhafizah@fip.unp.ac.id³

Kata Kunci:

Pembelajaran Mendalam, STEAM, Kompetensi Guru, Manajemen Pembelajaran, Sekolah Unggul

Abstrak

SD Pembangunan Laboratorium Universitas Negeri Padang memiliki potensi besar untuk mengembangkan pembelajaran inovatif, tetapi pemahaman guru mengenai pembelajaran mendalam dan pendekatan STEAM, kemampuan merancang proyek, serta sistem manajemen pembelajaran masih terbatas. Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan kompetensi guru dalam merancang dan mengimplementasikan pembelajaran mendalam berbasis STEAM serta memperkuat manajemen pembelajaran sekolah menuju sekolah unggul STEAM. Program dilaksanakan melalui pelatihan selama dua hari dan empat kali pendampingan yang melibatkan 24 guru. Kegiatan mencakup pemaparan materi, lokakarya penyusunan perangkat ajar, pengembangan asesmen autentik, praktik *microteaching*, penyusunan panduan implementasi, pembentukan Tim Pengembang STEAM, dan pengembangan instrumen monitoring. Evaluasi dilakukan menggunakan pretest dan posttest, observasi *microteaching*, angket respons, serta penilaian perangkat dan produk program. Hasil menunjukkan bahwa nilai rata-rata peserta meningkat dari 51,50 menjadi 87,67. Sebanyak 87,5% guru mampu menyusun perangkat dengan kategori baik atau sangat baik, hasil *microteaching* mencapai 89,75%, dan kelayakan produk memperoleh nilai 92,50%. Respons peserta mencapai 96,25% dengan kategori sangat baik. Program ini menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan terstruktur efektif memperkuat kompetensi guru dan manajemen pembelajaran sebagai dasar pengembangan sekolah unggul STEAM.

Abstract

SD Pembangunan Laboratorium Universitas Negeri Padang had strong potential to develop innovative learning, but teachers' understanding of deep learning and the STEAM approach, their ability to design projects, and the school's learning management system remained limited. This community service program aimed to improve teachers' competence in designing and implementing deep learning-based STEAM instruction and to strengthen school learning management toward becoming a high-performing STEAM school. The program was conducted through two days of training and four mentoring sessions involving 24 teachers. The activities included material presentations, instructional design workshops, authentic assessment development, microteaching practice, implementation guide preparation, establishment of a STEAM Development Team, and development of monitoring instruments. Evaluation was conducted through pretests and posttests, microteaching observations, response questionnaires, and assessments of instructional tools and program products. The results showed that the participants' average score increased from 51.50 to 87.67. A total of 87.5% of teachers were able to develop instructional tools in the good or very good category, the microteaching score reached 89.75%, and product feasibility reached 92.50%. Participants' responses reached 96.25%, categorized as very good. The program demonstrated that structured training and mentoring were effective in strengthening teacher competence and learning management as a foundation for developing a high-performing STEAM school.

Key Word:

Deep Learning, STEAM, Teacher Competence, Learning Management, High-Performing School

PENDAHULUAN

Perkembangan pendidikan abad ke-21 menuntut pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada hafalan dan penyampaian informasi, tetapi juga mengembangkan pemahaman konseptual, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan kemampuan memecahkan masalah. Peserta didik perlu memperoleh pengalaman belajar yang memungkinkan mereka menghubungkan pengetahuan antardisiplin dan menerapkannya dalam kehidupan nyata. Tuntutan tersebut mendorong sekolah mengembangkan pembelajaran yang lebih aktif, kontekstual, reflektif, dan berpusat pada peserta didik (Belbase et al., 2022; Chistyakov et al., 2023; Yim et al., 2024). Salah satu pendekatan yang dikembangkan dalam kebijakan pendidikan Indonesia adalah pembelajaran mendalam atau *deep learning*. Istilah tersebut dalam artikel ini merujuk pada pendekatan pedagogis, bukan teknologi kecerdasan buatan. Pembelajaran mendalam diarahkan pada pemahaman konsep secara menyeluruh, kemampuan menghubungkan pengetahuan, refleksi atas proses belajar, serta penerapan konsep untuk menyelesaikan persoalan nyata. Pendekatan ini bukan kurikulum baru, melainkan bagian dari penguatan proses pembelajaran dalam kurikulum yang berlaku. Pelaksanaannya menekankan pembelajaran yang berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan serta membutuhkan dukungan ekosistem sekolah dan peningkatan kompetensi guru.

Prinsip pembelajaran mendalam memiliki keterkaitan dengan pendekatan STEAM, yaitu integrasi *science, technology, engineering, arts, dan mathematics*. STEAM mengarahkan peserta didik menggunakan pengetahuan dari berbagai disiplin untuk memahami masalah, merancang solusi, menguji gagasan, memperbaiki hasil, serta mengomunikasikan produk. Penambahan unsur seni memperluas STEM melalui kreativitas, desain, ekspresi, dan beragam cara merepresentasikan pemahaman (Belbase et al., 2022; Johnston et al., 2022; Uştu et al., 2022). STEAM tidak cukup diterapkan dengan menghadirkan beberapa mata pelajaran secara bersamaan. Integrasinya harus memperlihatkan hubungan konseptual yang jelas, masalah autentik, kegiatan penyelidikan, proses desain, dan asesmen yang sesuai. Kajian pada sekolah dasar menunjukkan bahwa STEAM berpotensi meningkatkan pengetahuan, sikap, partisipasi, kreativitas, dan keterampilan peserta didik. Namun, efektivitas tersebut sangat bergantung pada kualitas integrasi disiplin dan strategi pedagogis yang digunakan (Li et al., 2022; Yim et al., 2025).

Pembelajaran berbasis proyek menjadi salah satu strategi yang relevan untuk mengoperasionalkan pembelajaran mendalam–STEAM. Melalui proyek, peserta didik mengidentifikasi masalah, menyusun pertanyaan, mencari informasi, merancang produk, melakukan pengujian, mengevaluasi hasil, dan menyampaikan solusi. Proses tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menggunakan pengetahuan secara aktif serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Kajian tentang pembelajaran berbasis proyek dalam pendidikan sains dan STEAM menunjukkan pengaruh positif terhadap hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Chistyakov et al., 2023). Pada jenjang sekolah dasar, pembelajaran STEAM perlu dirancang sesuai dengan tahap perkembangan siswa. Aktivitas dapat memadukan bahan konkret, eksperimen sederhana, teknologi digital, seni, permainan, dan pembuatan prototipe. Pendekatan STEAM memberikan ruang bagi siswa untuk menyelidiki, mencoba, membuat kesalahan, memperbaiki karya, dan merefleksikan proses belajar. Unsur seni juga membuat pembelajaran lebih terbuka terhadap keberagaman cara berpikir dan berekspresi (Johnston et al., 2022; Su et al., 2025; Yim et al., 2025).

Keberhasilan pembelajaran mendalam–STEAM sangat dipengaruhi oleh kapasitas guru. Guru perlu mampu memilih masalah kontekstual, merumuskan pertanyaan pemantik, menghubungkan disiplin ilmu, merancang tahapan proyek, mengelola kolaborasi, menyediakan dukungan belajar, dan mengembangkan asesmen autentik. Tantangan implementasi muncul ketika guru belum memahami integrasi disiplin, kekurangan waktu perencanaan, atau belum memperoleh contoh perangkat dan asesmen yang dapat diterapkan di kelas (Hendri et al., 2021; Zainil, Kenedi, & Asnawi, 2022; Zainil, Kenedi, et al., 2023a, 2023b; Zainil & Kiswanto Kenedi, 2022). Kolaborasi antarguru diperlukan karena penguasaan seluruh komponen STEAM sulit dibebankan kepada seorang guru secara individual. Perencanaan bersama memungkinkan guru membagi keahlian, menelaah hubungan antarmuatan pembelajaran, memberikan umpan balik, dan mengevaluasi proyek secara kolaboratif. Pengajaran kooperatif dilaporkan dapat memperkuat integrasi disiplin dan membantu mengatasi keterbatasan sumber daya manusia dalam implementasi STEAM di sekolah dasar (Zainil et al., 2024; Zainil, Kenedi, Rahmatina, et al., 2022).

Pengembangan profesional guru karena itu tidak cukup dilakukan melalui sosialisasi singkat. Pelatihan perlu memberikan pengalaman mempelajari konsep, menganalisis contoh, menyusun perangkat, melakukan praktik, memperoleh umpan balik, serta merefleksikan implementasi. Program pengembangan profesional yang terstruktur dapat memengaruhi pemahaman, persepsi, dan praktik mengajar, terutama apabila pelatihan

relevan dengan kebutuhan peserta dan memberikan kesempatan menerapkan keterampilan secara langsung (Ahmad et al., 2025; Akmal et al., 2025; Nurhaswinda et al., 2023a, 2023b; Zainil, Kiswanto Kenedi, et al., 2023). Penguatan kompetensi individual perlu disertai manajemen pembelajaran di tingkat sekolah. Implementasi STEAM secara berkelanjutan membutuhkan panduan, koordinator atau tim pengelola, jadwal kolaborasi guru, perangkat bersama, mekanisme monitoring, dan evaluasi. Tanpa dukungan kelembagaan, penerapan STEAM berisiko bergantung pada inisiatif guru tertentu dan berhenti setelah kegiatan pelatihan selesai. Pembelajaran profesional guru STEAM perlu dipandang sebagai proses berkelanjutan yang menghubungkan pengetahuan, keyakinan, kinerja guru, dan hasil belajar siswa (Jiang & Li, 2021).

Kebutuhan tersebut relevan dengan kondisi SD Pembangunan Laboratorium Universitas Negeri Padang. Sekolah ini memiliki 24 guru dan 16 rombongan belajar serta berada dalam lingkungan akademik perguruan tinggi yang terbuka terhadap inovasi pendidikan. Sebagai sekolah laboratorium, sekolah memiliki potensi menjadi tempat pengembangan, penerapan, evaluasi, dan diseminasi model pembelajaran inovatif. Namun, potensi tersebut belum sepenuhnya didukung oleh kapasitas guru dan sistem implementasi pembelajaran STEAM yang terstruktur. Hasil angket awal menunjukkan bahwa guru yang memahami konsep pembelajaran mendalam baru mencapai 37,5%, sedangkan pemahaman terhadap STEAM sebesar 33,3%. Guru yang mampu merancang proyek STEAM mencapai 29,2%, dan hanya 20,8% yang pernah mengikuti pelatihan STEAM. Sekolah juga belum memiliki panduan implementasi pembelajaran STEAM. Kondisi awal tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Awal Kompetensi Guru dan Manajemen Pembelajaran STEAM

No.	Indikator	Persentase
1	Guru memahami konsep pembelajaran mendalam	37,5%
2	Guru memahami konsep pembelajaran STEAM	33,3%
3	Guru mampu merancang pembelajaran berbasis proyek STEAM	29,2%
4	Guru pernah mengikuti pelatihan pembelajaran STEAM	20,8%
5	Sekolah memiliki panduan implementasi STEAM	0%

Hasil angket dan wawancara dengan kepala sekolah menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi sekolah laboratorium dan kesiapan implementasi pembelajaran mendalam-STEAM. Guru masih memerlukan pendampingan dalam mengintegrasikan disiplin, mengembangkan proyek, menyusun asesmen, dan melakukan praktik pembelajaran. Pada tingkat kelembagaan, sekolah belum memiliki tim pengelola, panduan, pola kolaborasi, serta instrumen monitoring dan evaluasi.

Kebaruan program ini terletak pada integrasi prinsip pembelajaran mendalam dengan pendekatan STEAM melalui penguatan kapasitas guru dan manajemen sekolah secara bersamaan. Program tidak hanya memberikan pelatihan konseptual, tetapi mendampingi guru menghasilkan modul ajar proyek, melakukan *microteaching*, menyusun panduan implementasi, membentuk koordinator STEAM, serta mengembangkan instrumen monitoring dan evaluasi. Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan guru dalam merancang serta mengimplementasikan pembelajaran mendalam berbasis STEAM, memperkuat manajemen pembelajaran melalui perencanaan dan evaluasi yang terstruktur, serta menghasilkan modul pelatihan, perangkat ajar proyek, panduan implementasi, dan instrumen evaluasi. Program tersebut diharapkan menjadi dasar pengembangan SD Pembangunan Laboratorium UNP menuju sekolah unggul STEAM.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan pelatihan dan pendampingan partisipatif yang dipadukan dengan lokakarya pengembangan perangkat, praktik *microteaching*, refleksi, serta penguatan manajemen pembelajaran STEAM di tingkat sekolah. Pendekatan ini dipilih karena permasalahan mitra tidak hanya berkaitan dengan keterbatasan pemahaman guru mengenai pembelajaran mendalam dan STEAM, tetapi juga belum tersedianya sistem perencanaan, koordinasi, monitoring, dan evaluasi pembelajaran STEAM yang terstruktur. Kegiatan dilaksanakan di SD Pembangunan Laboratorium Universitas Negeri Padang dengan melibatkan 24 orang guru dari 16 rombongan belajar. Program juga melibatkan kepala sekolah, tim dosen pengabdian, mahasiswa pendamping, serta tiga orang penilai yang terdiri atas ahli pendidikan dasar, ahli pembelajaran STEAM, dan ahli manajemen pembelajaran. Pelatihan dirancang selama dua hari dan dilanjutkan dengan empat kali pertemuan pendampingan.

Pelaksanaan kegiatan terdiri atas lima tahap, yaitu analisis kebutuhan, persiapan program, pelatihan, pendampingan pengembangan dan implementasi perangkat, serta evaluasi dan tindak lanjut. Rangkaian kegiatan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Tahap	Kegiatan	Luaran
Analisis kebutuhan	Observasi, angket awal, dan wawancara dengan guru serta kepala sekolah	Peta kompetensi guru dan kesiapan manajemen pembelajaran
Persiapan	Penyusunan materi, instrumen evaluasi, contoh proyek, format modul ajar, dan panduan implementasi	Perangkat pelatihan dan pendampingan
Pelatihan	Materi pembelajaran mendalam, konsep STEAM, desain proyek, asesmen autentik, dan manajemen pembelajaran	Peningkatan pengetahuan serta draf awal perangkat
Pendampingan	Penyusunan modul ajar proyek, <i>microteaching</i> , revisi perangkat, pembentukan tim STEAM, dan penyusunan instrumen monitoring	Paket perangkat ajar, panduan, tim pengelola, dan instrumen monev
Evaluasi dan tindak lanjut	Posttest, observasi <i>microteaching</i> , penilaian produk, angket respons, refleksi, dan rencana implementasi	Data ketercapaian program dan rencana keberlanjutan

Tahap analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi terhadap praktik pembelajaran, penyebaran angket kepada 24 guru, serta wawancara dengan kepala sekolah. Angket digunakan untuk mengukur pemahaman guru mengenai pembelajaran mendalam, konsep STEAM, kemampuan merancang proyek, pengalaman mengikuti pelatihan, serta kesiapan sekolah dalam mengelola pembelajaran STEAM. Wawancara digunakan untuk memperoleh informasi mengenai hambatan implementasi, kebutuhan perangkat, dukungan kelembagaan, dan peluang pengembangan sekolah unggul STEAM. Tahap persiapan mencakup penyusunan modul pelatihan, lembar kerja peserta, instrumen pretest dan posttest, lembar observasi, angket respons, rubrik penilaian perangkat, rubrik *microteaching*, pedoman wawancara, serta format panduan implementasi dan instrumen monitoring. Materi pelatihan meliputi prinsip pembelajaran mendalam, integrasi disiplin STEAM, pembelajaran berbasis proyek, pengembangan pertanyaan pemantik, penyusunan tujuan dan aktivitas pembelajaran, asesmen autentik, pengelolaan kolaborasi siswa, serta manajemen program STEAM di tingkat sekolah.

Pelatihan dilaksanakan selama dua hari melalui pemaparan materi, diskusi, analisis contoh, demonstrasi, lokakarya, dan praktik terbimbing. Sebelum kegiatan dimulai, peserta mengerjakan pretest untuk mengukur pemahaman awal. Hari pertama difokuskan pada konsep pembelajaran mendalam, karakteristik STEAM, integrasi disiplin, dan desain proyek kontekstual. Hari kedua diarahkan pada penyusunan modul ajar, pengembangan asesmen, dan simulasi pembelajaran melalui *microteaching*. Pendampingan dilakukan sebanyak empat kali pertemuan. Pertemuan pertama berfokus pada penyempurnaan ide proyek, tujuan, dan alur kegiatan pembelajaran. Pertemuan kedua digunakan untuk penyusunan modul ajar, bahan pendukung, dan instrumen asesmen. Pertemuan ketiga difokuskan pada praktik *microteaching*, observasi, dan pemberian umpan balik. Pertemuan keempat digunakan untuk finalisasi perangkat, penyusunan panduan implementasi, pembentukan Tim atau Koordinator STEAM, serta pengembangan mekanisme monitoring dan evaluasi.

Evaluasi dilakukan melalui pretest dan posttest, observasi, angket, wawancara, dokumentasi, penilaian perangkat ajar, dan penilaian *microteaching*. Rubrik penilaian perangkat mencakup kesesuaian tujuan, kedalaman konsep, integrasi disiplin STEAM, karakter masalah, tahapan proyek, asesmen, dan keterlaksanaan. Rubrik *microteaching* mencakup kemampuan membuka pembelajaran, mengajukan pertanyaan pemantik, mengelola eksplorasi, memfasilitasi kolaborasi, mengintegrasikan unsur STEAM, melakukan refleksi, dan menilai proses belajar. Produk dinilai oleh tiga orang penilai menggunakan skala Likert 1–5. Indikator keberhasilan program meliputi minimal 80% guru mengalami peningkatan skor posttest sekurang-kurangnya 30% dibandingkan pretest, minimal 80% guru mampu menyusun satu modul ajar proyek STEAM dengan kategori baik, minimal 75% guru melaksanakan *microteaching* atau implementasi kelas dengan kategori baik, tersusunnya panduan manajemen pembelajaran STEAM, terbentuknya Tim atau Koordinator STEAM, serta tersedianya instrumen monitoring dan evaluasi yang digunakan sekurang-kurangnya dalam satu siklus.

Data kuantitatif dari pretest, posttest, angket, penilaian perangkat, dan penilaian *microteaching* dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa nilai rata-rata, persentase, dan selisih skor. Data kualitatif dari observasi, wawancara, refleksi, dan catatan pendampingan dianalisis melalui reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil analisis digunakan untuk menilai peningkatan kompetensi guru, kualitas perangkat, keterlaksanaan pembelajaran, kesiapan manajemen sekolah, serta potensi keberlanjutan program menuju sekolah unggul STEAM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di SD Pembangunan Laboratorium Universitas Negeri Padang dengan melibatkan 24 orang guru sebagai peserta utama. Program dilaksanakan melalui

pelatihan selama dua hari yang dilanjutkan dengan pendampingan sebanyak empat kali pertemuan. Tingkat kehadiran peserta selama kegiatan mencapai 100%, menunjukkan tingginya komitmen guru dalam mengikuti seluruh rangkaian pelatihan dan pendampingan. Selama kegiatan berlangsung, peserta memperoleh materi mengenai konsep pembelajaran mendalam, integrasi STEAM, pembelajaran berbasis proyek, penyusunan modul ajar, asesmen autentik, *microteaching*, serta manajemen pembelajaran menuju sekolah unggul STEAM.

Pada awal kegiatan seluruh peserta mengikuti pretest untuk mengukur pemahaman mengenai konsep pembelajaran mendalam, prinsip STEAM, penyusunan proyek, asesmen autentik, dan manajemen pembelajaran. Setelah seluruh rangkaian pelatihan dan pendampingan selesai, peserta kembali mengikuti posttest dengan tingkat kesulitan yang setara. Hasil perbandingan nilai pretest dan posttest disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Pretest dan Posttest Guru

Aspek yang Dinilai	Pretest	Posttest	Selisih
Pemahaman konsep pembelajaran mendalam	55,83	89,58	33,75
Pemahaman konsep STEAM	52,92	88,75	35,83
Perancangan pembelajaran berbasis proyek	50,42	87,50	37,08
Penyusunan asesmen autentik	48,75	85,83	37,08
Manajemen pembelajaran STEAM	49,58	86,67	37,09
Rata-rata	51,50	87,67	36,17

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai rata-rata guru meningkat dari 51,50 menjadi 87,67. Seluruh aspek mengalami peningkatan lebih dari 30 poin. Peningkatan tertinggi terjadi pada kemampuan merancang pembelajaran berbasis proyek dan penyusunan asesmen autentik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan memberikan dampak positif terhadap peningkatan kompetensi guru dalam memahami dan mengimplementasikan pembelajaran mendalam berbasis STEAM.

Selain peningkatan pengetahuan, kegiatan juga menghasilkan peningkatan keterampilan guru dalam menyusun perangkat pembelajaran. Seluruh peserta menyusun satu paket modul ajar proyek STEAM yang memuat tujuan pembelajaran, aktivitas berbasis proyek, integrasi unsur STEAM, asesmen autentik, serta refleksi pembelajaran. Produk yang dihasilkan kemudian dinilai oleh tiga orang ahli menggunakan rubrik yang telah disiapkan. Hasil penilaian perangkat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Perangkat Pembelajaran Deep Learning–STEAM

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Kesesuaian tujuan pembelajaran	92,50%	Sangat baik
Integrasi unsur STEAM	90,42%	Sangat baik
Kedalaman aktivitas pembelajaran	89,58%	Sangat baik
Kesesuaian asesmen autentik	88,75%	Sangat baik
Keterlaksanaan di kelas	91,25%	Sangat baik
Rata-rata	90,50%	Sangat baik

Sebanyak 21 guru (87,5%) berhasil menyusun perangkat pembelajaran dengan kategori baik dan sangat baik, sedangkan tiga guru lainnya masih memerlukan penyempurnaan pada bagian asesmen autentik dan integrasi antardisiplin. Secara umum, perangkat yang dikembangkan telah memenuhi karakteristik pembelajaran mendalam melalui aktivitas yang mendorong peserta didik melakukan eksplorasi, penyelidikan, refleksi, dan pemecahan masalah secara kolaboratif.



Gambar 1. Pelaksanaan Pelatihan Pembelajaran Deep Learning–STEAM

Pada tahap pendampingan, guru melaksanakan *microteaching* menggunakan perangkat yang telah dikembangkan. Praktik pembelajaran dilakukan secara berkelompok dan diamati menggunakan rubrik observasi yang mencakup kemampuan membuka pembelajaran, memfasilitasi eksplorasi, mengintegrasikan unsur STEAM, mengelola kolaborasi peserta didik, memberikan umpan balik, dan melaksanakan refleksi pembelajaran. Hasil penilaian *microteaching* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penilaian Microteaching Guru

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Pembukaan pembelajaran	91,25%	Sangat baik
Fasilitasi eksplorasi peserta didik	89,58%	Sangat baik
Integrasi unsur STEAM	88,75%	Sangat baik
Pengelolaan kolaborasi	90,00%	Sangat baik
Refleksi pembelajaran	89,17%	Sangat baik
Rata-rata	89,75%	Sangat baik

Hasil observasi menunjukkan bahwa 19 guru (79,17%) telah mampu melaksanakan *microteaching* dengan kategori sangat baik, sedangkan lima guru lainnya memperoleh kategori baik. Guru telah mampu mengintegrasikan unsur sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika ke dalam aktivitas pembelajaran proyek, meskipun beberapa peserta masih memerlukan pendampingan dalam memperdalam proses refleksi dan penguatan asesmen autentik.

Selain meningkatkan kompetensi guru, kegiatan juga menghasilkan berbagai produk yang akan digunakan sebagai acuan implementasi pembelajaran STEAM di sekolah. Produk yang dihasilkan meliputi modul pelatihan, paket perangkat ajar proyek STEAM, panduan implementasi pembelajaran mendalam-STEAM, instrumen monitoring pembelajaran, serta panduan evaluasi program. Seluruh produk dinilai oleh tiga orang ahli. Hasil penilaian disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Penilaian Produk Program

Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
Kesesuaian isi	93,33%	Sangat baik
Kejelasan panduan	91,67%	Sangat baik
Kemudahan implementasi	90,83%	Sangat baik
Kebermanfaatan bagi guru	94,17%	Sangat baik
Potensi keberlanjutan	92,50%	Sangat baik
Rata-rata	92,50%	Sangat baik

Hasil penilaian menunjukkan bahwa seluruh produk memperoleh kategori sangat baik dengan nilai rata-rata 92,50%, sehingga dinilai layak digunakan sebagai pedoman implementasi pembelajaran mendalam-STEAM di SD Pembangunan Laboratorium UNP.

Pada aspek kelembagaan, sekolah berhasil menyusun Panduan Implementasi Pembelajaran Deep Learning-STEAM, membentuk Tim Pengembang STEAM Sekolah, menyusun mekanisme kolaborasi guru, serta mengembangkan instrumen monitoring dan evaluasi pembelajaran proyek. Sebelum kegiatan dilaksanakan, seluruh komponen tersebut belum tersedia. Setelah pendampingan selesai, seluruh dokumen telah disahkan oleh kepala sekolah dan siap diterapkan pada tahun ajaran berikutnya. Hasil capaian tersebut disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Capaian Penguatan Manajemen Pembelajaran STEAM

Indikator	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	Capaian
Panduan implementasi STEAM	Tidak tersedia	Tersusun	100%
Tim Pengembang STEAM	Belum ada	Terbentuk	100%
Mekanisme kolaborasi guru	Belum tersedia	Tersusun	100%
Instrumen monitoring pembelajaran	Belum tersedia	Tersusun	100%
Modul pelatihan	Belum tersedia	Tersusun	100%
Paket perangkat ajar proyek	Belum tersedia	Tersusun	100%

Sebagai tahap akhir, guru mempresentasikan perangkat pembelajaran yang telah disusun dan memperoleh umpan balik dari tim pengabdian serta peserta lainnya. Kegiatan refleksi menunjukkan bahwa guru mulai memahami pentingnya pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, penggunaan proyek sebagai sarana membangun pemahaman konseptual, serta integrasi berbagai disiplin ilmu dalam menyelesaikan masalah nyata.

Respons peserta terhadap pelaksanaan kegiatan diukur menggunakan angket evaluasi yang meliputi kualitas materi, metode pelatihan, pendampingan, kebermanfaatan program, dan peluang implementasi di sekolah. Hasil angket disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Respons Guru terhadap Pelaksanaan Program

Aspek	Persentase	Kategori
Kesesuaian materi	96,25%	Sangat baik
Kejelasan penyampaian	95,42%	Sangat baik
Kualitas pendampingan	96,67%	Sangat baik
Manfaat bagi kompetensi guru	96,25%	Sangat baik
Manfaat bagi sekolah	95,83%	Sangat baik
Keinginan mengimplementasikan STEAM	97,08%	Sangat baik
Rata-rata	96,25%	Sangat baik

Hasil angket menunjukkan bahwa peserta memberikan respons yang sangat positif terhadap pelaksanaan program. Guru menilai bahwa materi yang diberikan sesuai dengan kebutuhan sekolah, pendampingan membantu dalam menyusun perangkat pembelajaran, dan sistem manajemen yang dikembangkan dapat mendukung implementasi pembelajaran STEAM secara berkelanjutan.

Selama pelaksanaan kegiatan masih ditemukan beberapa kendala, antara lain guru belum terbiasa merancang proyek lintas disiplin, masih memerlukan latihan dalam menyusun asesmen autentik, serta keterbatasan waktu untuk mengimplementasikan seluruh perangkat secara langsung di kelas. Kendala tersebut diatasi melalui pendampingan intensif, diskusi kelompok, pemberian contoh perangkat pembelajaran, dan umpan balik terhadap hasil *microteaching*.

Secara keseluruhan, hasil kegiatan menunjukkan bahwa seluruh indikator keberhasilan program telah tercapai. Hal tersebut ditunjukkan oleh meningkatnya kompetensi guru dalam pembelajaran mendalam–STEAM, meningkatnya kualitas perangkat pembelajaran yang dikembangkan, terbentuknya sistem manajemen pembelajaran STEAM di sekolah, serta tersedianya berbagai produk yang dapat mendukung pengembangan SD Pembangunan Laboratorium UNP menuju sekolah unggul berbasis STEAM.

Peningkatan nilai rata-rata peserta dari 51,50 pada pretest menjadi 87,67 pada posttest menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan mampu memperkuat pemahaman guru mengenai pembelajaran mendalam, integrasi STEAM, pembelajaran berbasis proyek, asesmen autentik, dan manajemen pembelajaran. Perubahan tersebut berkaitan dengan desain kegiatan yang memadukan penjelasan konseptual, analisis contoh, lokakarya pengembangan perangkat, praktik *microteaching*, dan umpan balik. Program pengembangan profesional STEM terbukti memberikan pengaruh positif yang kuat terhadap efikasi diri guru ketika peserta mempelajari pendekatan pedagogis sekaligus memperoleh kesempatan untuk menerapkannya dalam praktik (Zhou et al., 2023). Keberhasilan kegiatan juga dipengaruhi oleh keterlibatan aktif guru selama proses pelatihan. Peserta tidak hanya menerima penjelasan mengenai pembelajaran mendalam–STEAM, tetapi langsung mengembangkan pertanyaan pemantik, merancang proyek kontekstual, menyusun aktivitas lintas disiplin, dan mengembangkan asesmen. Pengalaman semacam ini memungkinkan guru membangun pemahaman melalui proses merancang dan merefleksikan pembelajaran. Kursus STEM yang memadukan kajian materi, tugas desain, penyusunan rencana pembelajaran, dan refleksi dilaporkan mampu meningkatkan pengetahuan, efikasi diri, serta kualitas integrasi disiplin dalam perangkat yang dikembangkan guru (Zhumabay et al., 2024).

Peningkatan tertinggi pada kemampuan merancang proyek dan asesmen autentik menunjukkan bahwa guru mulai mampu menerjemahkan konsep pembelajaran mendalam menjadi aktivitas yang operasional. Pembelajaran mendalam–STEAM dalam kegiatan ini tidak hanya ditandai oleh pembuatan produk, tetapi mencakup proses mengidentifikasi masalah, mengembangkan gagasan, menguji solusi, melakukan perbaikan, serta merefleksikan hasil. Perubahan tersebut penting karena proyek STEAM perlu memperlihatkan keterkaitan antara tujuan konseptual, proses desain, kolaborasi, dan produk yang dihasilkan, bukan sekadar kegiatan kerajinan atau eksperimen yang berdiri sendiri. Hasil penilaian perangkat sebesar 90,50% menunjukkan bahwa modul ajar yang dikembangkan telah memenuhi aspek tujuan pembelajaran, integrasi unsur STEAM, kedalaman aktivitas, asesmen autentik, dan keterlaksanaan di kelas. Capaian tersebut memperlihatkan bahwa sebagian besar guru telah mampu mengembangkan perangkat yang lebih berpusat pada peserta didik. Namun, integrasi STEAM tidak selalu berlangsung dalam bentuk yang sama pada setiap guru dan setiap mata pelajaran. Pemahaman, kepercayaan diri, pengalaman, serta karakteristik kelas memengaruhi cara guru menginterpretasikan dan menerapkan STEAM, sehingga dukungan pengembangan profesional perlu menyesuaikan kebutuhan peserta dan konteks sekolah (Boice et al., 2021, 2024).

Penerapan proyek STEAM pada jenjang sekolah dasar berpotensi memperkuat literasi ilmiah karena siswa menggunakan konsep untuk memahami masalah dan mengembangkan solusi. Pembelajaran proyek yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika dilaporkan memberikan peningkatan literasi ilmiah yang lebih baik dibandingkan pembelajaran konvensional pada siswa sekolah dasar (Suryanti et al., 2024). Temuan tersebut memperkuat relevansi perangkat yang dikembangkan guru, meskipun efektivitasnya terhadap hasil belajar siswa pada program ini masih perlu diuji melalui implementasi kelas secara langsung. Hasil microteaching sebesar 89,75% menunjukkan bahwa guru telah mampu menerapkan perangkat dalam simulasi pembelajaran. Guru mulai beralih dari peran sebagai penyampai informasi menjadi fasilitator yang mengajukan pertanyaan pemantik, mengarahkan eksplorasi, mengelola kerja kelompok, dan memberikan ruang kepada peserta didik untuk mengembangkan solusi. Pergeseran peran tersebut merupakan bagian penting dari pembelajaran STEAM karena siswa membutuhkan kesempatan untuk menyelidiki, mencoba, membuat kesalahan, memperbaiki rancangan, dan menjelaskan alasan di balik solusi yang dipilih.

Meskipun hasil microteaching berada pada kategori sangat baik, beberapa guru masih mengalami kesulitan dalam memperdalam refleksi dan asesmen autentik. Penilaian proyek STEAM lebih kompleks daripada tes hasil belajar biasa karena guru perlu menilai proses kolaborasi, argumentasi, kreativitas, penggunaan konsep, kualitas desain, dan produk akhir. Guru juga perlu membedakan penilaian kelompok dan kontribusi individual. Kajian mengenai implementasi STEAM menunjukkan bahwa asesmen autentik sering dipandang menantang karena proyek melibatkan kerja kolaboratif, proses iteratif, dan penilaian terhadap proses sekaligus hasil belajar (Boice et al., 2021).

Peningkatan kompetensi guru tidak dapat dilepaskan dari pendampingan yang dilakukan setelah pelatihan. Empat pertemuan pendampingan memberikan kesempatan kepada peserta untuk menyempurnakan gagasan proyek, memperbaiki perangkat, melaksanakan microteaching, dan menindaklanjuti umpan balik. Dukungan berkelanjutan penting karena pelatihan satu kali sering belum cukup untuk mengubah praktik pembelajaran. Guru membutuhkan waktu, contoh, kolaborasi sejawat, dan kesempatan melakukan revisi agar konsep baru dapat diterapkan dalam konteks kelas masing-masing. Pengembangan profesional STEAM yang disertai dukungan berkelanjutan dilaporkan dapat menghasilkan perubahan positif pada pemahaman guru dan lingkungan pembelajaran (Boice et al., 2024). Pengalaman belajar yang dekat dengan praktik nyata juga membantu guru memahami bagaimana konsep STEAM digunakan di luar ruang kelas. Kajian tentang pengalaman profesional STEM yang bersifat imersif menunjukkan bahwa keterlibatan dalam situasi autentik, jika disertai dukungan terstruktur, dapat memperkaya kompetensi guru dan mendorong penggunaan konteks dunia nyata dalam pembelajaran (Hurley et al., 2024). Dalam program ini, prinsip tersebut diterapkan melalui pengembangan proyek yang berangkat dari masalah di lingkungan sekolah dan kehidupan sehari-hari, meskipun belum melibatkan kemitraan langsung dengan industri atau lembaga STEAM eksternal.

Tersusunnya modul pelatihan, perangkat ajar, panduan implementasi, dan instrumen monitoring menunjukkan bahwa program menghasilkan luaran pada tingkat individu dan kelembagaan. Produk tersebut membantu guru memiliki acuan yang sama dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran STEAM. Nilai kelayakan produk sebesar 92,50% menunjukkan bahwa perangkat dinilai sesuai dengan kebutuhan sekolah, mudah digunakan, dan berpotensi diterapkan secara berkelanjutan. Meskipun demikian, panduan tersebut perlu diperlakukan sebagai dokumen yang dapat diperbarui berdasarkan pengalaman implementasi, perkembangan kebutuhan siswa, dan hasil monitoring. Pembentukan Tim Pengembang STEAM juga menjadi capaian penting karena implementasi pembelajaran lintas disiplin memerlukan koordinasi. Tim dapat memfasilitasi perencanaan bersama, penelaahan perangkat, berbagi sumber belajar, observasi sejawat, dan evaluasi program. Partisipasi kolaboratif merupakan salah satu unsur pengembangan profesional yang dapat meningkatkan efikasi diri guru STEM karena peserta memperoleh dukungan, contoh praktik, serta umpan balik dari rekan sejawat (Zhou et al., 2023). Respons peserta sebesar 96,25% menunjukkan bahwa kegiatan dipandang relevan dan bermanfaat. Tingginya penerimaan tersebut kemungkinan berkaitan dengan kesesuaian materi terhadap kebutuhan sekolah serta orientasi kegiatan yang menghasilkan produk nyata. Namun, respons positif tidak boleh menjadi satu-satunya dasar untuk menilai efektivitas program. Evaluasi lanjutan perlu melihat apakah perangkat benar-benar digunakan, bagaimana kualitas pelaksanaannya, serta perubahan apa yang terjadi pada keterlibatan dan hasil belajar siswa.

Kendala utama kegiatan meliputi kesulitan mengintegrasikan seluruh unsur STEAM secara bermakna, penyusunan asesmen autentik, dan keterbatasan waktu perencanaan. Tantangan tersebut sejalan dengan temuan bahwa guru menghadapi keterbatasan waktu, tuntutan kurikulum, kebutuhan perencanaan, dan kebijakan sekolah ketika mengimplementasikan STEAM. Implementasi juga tidak selalu membutuhkan

perubahan total terhadap praktik guru, tetapi dapat dilakukan melalui penyesuaian bertahap terhadap pembelajaran yang telah berjalan.

Program ini memiliki keunggulan karena mengintegrasikan pelatihan konseptual, pengembangan perangkat, microteaching, pendampingan, dan penguatan manajemen sekolah. Dengan demikian, perubahan tidak hanya ditargetkan pada pengetahuan guru, tetapi juga pada kualitas produk, praktik pembelajaran, kolaborasi, dan sistem implementasi. Keunggulan lainnya adalah penggunaan pembelajaran mendalam sebagai prinsip yang memperkuat kedalaman integrasi STEAM sehingga proyek tidak hanya menghasilkan produk, tetapi mendorong pemahaman, refleksi, dan penerapan konsep. Keterbatasan kegiatan terletak pada penggunaan data hasil pelatihan dan microteaching yang belum sepenuhnya menggambarkan pelaksanaan dalam kelas nyata. Efektivitas perangkat terhadap pemahaman konseptual, kreativitas, kolaborasi, dan kemampuan pemecahan masalah siswa juga belum diukur secara langsung. Oleh karena itu, capaian program belum dapat digunakan untuk menyimpulkan bahwa hasil belajar siswa telah meningkat.

Tahap berikutnya perlu mencakup implementasi perangkat di kelas, observasi praktik guru, analisis hasil karya siswa, serta evaluasi ketercapaian tujuan pembelajaran. Sekolah juga perlu menjalankan monitoring sekurang-kurangnya dalam satu siklus, mengadakan refleksi bersama, memperbaiki perangkat, dan mendokumentasikan praktik baik. Dengan langkah tersebut, pelatihan tidak berhenti sebagai kegiatan pengembangan kompetensi jangka pendek, tetapi berkembang menjadi proses pembelajaran profesional yang berkelanjutan. Secara keseluruhan, peningkatan pemahaman, kualitas perangkat, hasil microteaching, pembentukan tim, dan tersusunnya sistem monitoring menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan merupakan strategi yang relevan untuk memperkuat kompetensi guru serta manajemen pembelajaran STEAM. Keberlanjutan program memerlukan dukungan kepemimpinan sekolah, waktu kolaborasi, pendampingan, implementasi kelas, dan evaluasi dampak terhadap siswa agar SD Pembangunan Laboratorium UNP dapat berkembang menuju sekolah unggul STEAM secara bertahap dan terukur.

KESIMPULAN

Pelatihan dan pendampingan pembelajaran mendalam berbasis STEAM berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru dalam merancang perangkat ajar, mengembangkan proyek lintas disiplin, menyusun asesmen autentik, serta melaksanakan microteaching. Kegiatan ini juga menghasilkan modul pelatihan, paket perangkat ajar proyek, panduan implementasi, instrumen monitoring dan evaluasi, serta pembentukan Tim Pengembang STEAM di sekolah. Capaian tersebut menunjukkan bahwa penguatan kompetensi guru yang disertai penataan manajemen pembelajaran dapat mendukung implementasi STEAM secara lebih terstruktur, kolaboratif, dan berkelanjutan. Program ini berkontribusi terhadap pengembangan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, kontekstual, reflektif, dan berorientasi pada pemecahan masalah. Ke depan, program perlu dilanjutkan melalui penerapan perangkat di kelas nyata, evaluasi dampaknya terhadap pemahaman konseptual dan keterampilan peserta didik, refleksi berkala antar guru, serta penyempurnaan sistem monitoring. Dengan keberlanjutan tersebut, SD Pembangunan Laboratorium UNP memiliki landasan yang kuat untuk berkembang menuju sekolah unggul STEAM.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Padang yang telah memberikan dukungan pendanaan sehingga kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik berdasarkan Kontrak Pengabdian Nomor 2672/UN35.15/PM/2026. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kepala sekolah, para guru, dan seluruh warga SD Pembangunan Laboratorium UNP atas dukungan, kerja sama, serta partisipasi selama pelaksanaan kegiatan.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, S., Zen, Z., Hamimah, H., Masniladevi, M., Kenedi, A. K., & Mardin, A. (2025). Pelatihan pembelajaran matematika berbasis deep learning dan teknologi untuk guru sekolah dasar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat (ABDIRA)*, 5(3), 1138–1146. <https://doi.org/10.31004/abdira.v5i3.918>
- Akmal, A. U., Kenedi, A. K., Muthie, I., Novariza, R., & Mardin, A. (2025). Pelatihan integrasi deep learning, flipped classroom, dan STEAM untuk guru sekolah dasar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat (ABDIRA)*, 5(3), 1270–1277. <https://doi.org/10.31004/abdira.v5i3.936>
- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2022). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: Prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*,

- 53(11), 2919–2955. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
- Boice, K. L., Alemdar, M., Jackson, J. R., Kessler, T. C., Choi, J., Grossman, S., & Usselman, M. (2024). Exploring teachers' understanding and implementation of STEAM: One size does not fit all. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1401191>
- Boice, K. L., Jackson, J. R., Alemdar, M., Rao, A. E., Grossman, S., & Usselman, M. (2021). Supporting teachers on their STEAM journey: A collaborative STEAM teacher training program. *Education Sciences*, 11(3), 105. <https://doi.org/10.3390/educsci11030105>
- Chistyakov, A. A., Zhdanov, S. P., Avdeeva, E. L., Dyadichenko, E. A., Kunitsyna, M. L., & Yagudina, R. I. (2023). Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(5), em2256. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13128>
- Hendri, S., Handika, R., Kenedi, A. K., & Ramadhani, D. (2021). Pengembangan modul digital pembelajaran matematika berbasis science, technology, engineering, mathematic untuk calon guru sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(4), 2395–2403. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.1172>
- Hurley, M., Butler, D., & McLoughlin, E. (2024). STEM teacher professional learning through immersive STEM learning placements in industry: A systematic literature review. *Journal for STEM Education Research*, 7(1), 122–152. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00089-7>
- Jiang, B., & Li, Z. (2021). Effect of Scratch on computational thinking skills of Chinese primary school students. *Journal of Computers in Education*, 8(4), 505–525. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00190-z>
- Johnston, K., Kervin, L., & Wyeth, P. (2022). STEM, STEAM and makerspaces in early childhood: A scoping review. *Sustainability*, 14(20), 13533. <https://doi.org/10.3390/su142013533>
- Li, J., Luo, H., Zhao, L., Zhu, M., Ma, L., & Liao, X. (2022). Promoting STEAM education in primary school through cooperative teaching: A design-based research study. *Sustainability*, 14(16), 10333. <https://doi.org/10.3390/su141610333>
- Nurhaswinda, N., Kusuma, Y. Y., & Sumianto, S. (2023). Pelatihan model berbasis blended learning dengan penggunaan Google Classroom di SD Pahlawan. *Dedikasi: Jurnal Pengabdian Pendidikan dan Teknologi Masyarakat*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.31004/dedikasi.v1i1.1>
- Su, J., Yim, I. H. Y., Wegerif, R., & Wah Chu, S. K. (2025). STEAM in early childhood education: A scoping review. *Research in Science & Technological Education*, 43(2), 495–511. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2296445>
- Suryanti, S., Nursalim, M., Choirunnisa, N. L., & Yuliana, I. (2024). STEAM-project-based learning: A catalyst for elementary school students' scientific literacy skills. *European Journal of Educational Research*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.13.1.1>
- Uştu, H., Saito, T., & Mentiş Taş, A. (2022). Integration of art into STEM education at primary schools: An action research study with primary school teachers. *Systemic Practice and Action Research*, 35(2), 253–274. <https://doi.org/10.1007/s11213-021-09570-z>
- Yim, I. H. Y., Su, J., & Wegerif, R. (2024). STEAM in practice and research in primary schools: A systematic literature review. *Research in Science & Technological Education*, 1–25. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2440424>
- Zainil, M., Kenedi, A. K., & Asnawi. (2022). Advancement of STEM-based e-student worksheet to enhance the HOTS of elementary school students. *Journal of Education Technology*, 6(3), 478–488. <https://doi.org/10.23887/jet.v6i3.46202>
- Zainil, M., Kenedi, A. K., Helsa, Y., & Kenedi, T. E. P. (2023). The influence of STEM approach on mathematical literacy skills of elementary school students during the COVID-19 pandemic. In *Proceedings of the 3rd Progress in Social Science, Humanities and Education Research Symposium (PSSHRS 2021)* (pp. 103–109). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-494069-33-6_12
- Zainil, M., Kenedi, A. K., Rahmatina, Indrawati, T., & Handrianto, C. (2022). The influence of a STEM-based digital classroom learning model and high-order thinking skills on the 21st-century skills of elementary school students in Indonesia. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(1), 29–35. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i1.4336>
- Zainil, M., Kenedi, A. K., Rahmatina, Indrawati, T., & Handrianto, C. (2024). The influence of STEM-based digital learning on 6C skills of elementary school students. *Open Education Studies*, 6(1). <https://doi.org/10.1515/edu-2024-0039>
- Zainil, M., & Kiswanto Kenedi, A. (2022). Advancement of STEM-based e-student worksheet to enhance the

- HOTS of elementary school students. *Journal of Education Technology*, 6(3), 478–488. <https://doi.org/10.23887/jet.v6i3.462>
- Zainil, M., Kiswanto Kenedi, A., Sylvia, I., Khairat, F., & Oktavia, N. (2023). Pelatihan pengembangan pembelajaran STEM pada Kurikulum Merdeka untuk guru sekolah dasar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2). <https://doi.org/10.32529/tano.v6i2.2651>
- Zhou, X., Shu, L., Xu, Z., & Padrón, Y. (2023). The effect of professional development on in-service STEM teachers' self-efficacy: A meta-analysis of experimental studies. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00422-x>
- Zhumabay, N., Yelemessova, Z., Balta, N., Abylkassymova, A., Bakytказы, T., & Marynowski, R. (2024). Designing effective STEM courses: A mixed-methods study of the impact of a STEM education course on teachers' self-efficacy and course experiences. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1276828>