



Pelatihan Pembelajaran *Deep Learning* Berbasis STEAM untuk Guru Sekolah Dasar

Melva Zainil¹, Netrawati², Arwin³, Ary Kiswanto Kenedi⁴, Dea Stivani Suherman⁵, Asna Mardin⁶

Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Negeri Padang^{1,3}

Program Studi Bimbingan dan Konseling, Universitas Negeri Padang²

Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Samudra⁴

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Padang⁵

SDN 19 Paninjauan, Kabupaten Tanah Datar⁶

e-mail: arykenedi@unsam.ac.id

Abstrak

Pelatihan penyusunan dan implementasi pembelajaran *deep learning* berbasis STEAM ini ditujukan untuk meningkatkan kapasitas guru SD dalam menyongsong Kurikulum Nasional yang berbasis integrasi lintas disiplin. Kegiatan ini dilatarbelakangi oleh rendahnya pemahaman guru terhadap konsep *deep learning* dan lemahnya kemampuan mereka dalam mengintegrasikan elemen STEAM ke dalam rencana pembelajaran. Metode yang digunakan meliputi pelatihan, workshop penyusunan RPP, simulasi pembelajaran, difusi ipteks, serta pendampingan implementasi di kelas. Hasil menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam pemahaman konseptual, kemampuan teknis, serta kreativitas guru dalam menyusun dan mengimplementasikan pembelajaran berbasis proyek dan kolaborasi. Produk berupa RPP integratif dan media ajar kreatif menjadi indikator keberhasilan kegiatan ini. Hasil ini penting sebagai model pengembangan profesional guru di tingkat dasar, khususnya di daerah, guna mempercepat kesiapan menghadapi kurikulum nasional berbasis STEAM.

Kata Kunci: *Pembelajaran STEAM, deep learning, Guru SD, Pengembangan Profesional, Kurikulum Nasional.*

Abstract

This training on the development and implementation of STEAM-based deep learning was designed to enhance the capacity of elementary school teachers in preparing for the interdisciplinary-focused National Curriculum. The program was motivated by teachers' limited understanding of deep learning and their difficulty in integrating STEAM elements into lesson planning. The methods included training, lesson plan workshops, teaching simulations, technology diffusion, and classroom mentoring. Results showed a significant increase in conceptual understanding, technical skills, and teacher creativity in designing and implementing project-based and collaborative learning. The resulting integrative lesson plans and creative teaching media served as indicators of the program's success. These outcomes highlight the importance of localized teacher professional development programs to accelerate readiness for implementing STEAM-oriented curricula in primary education settings.

Kata Kunci: *STEAM learning, deep learning, elementary teachers, professional development, national curriculum.*

PENDAHULUAN

Penerapan Kurikulum Nasional menuntut perubahan paradigma pendidikan, khususnya di tingkat sekolah dasar, agar tidak hanya menanamkan pengetahuan kognitif, namun juga keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan komunikasi (Zainil et al., 2023; Hamimah et al., 2022; Ramadhani et al., 2022). Salah satu pendekatan pendidikan yang semakin banyak diminati untuk memenuhi tuntutan ini adalah pendekatan *deep learning* berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*). Pendekatan ini memadukan pemahaman konseptual yang mendalam terhadap materi, analisis kontekstual, serta eksperimen kreatif dalam memecahkan masalah dunia nyata (Zainil et al., 2022; Zainil et al., 2023; Zainil et al., 2024; Zainil et al., 2024). Dalam konteks pembelajaran dasar, STEAM diharapkan mampu menumbuhkan minat belajar sekaligus kesiapan siswa menghadapi kurikulum yang semakin interdisipliner (Arwin et al., 2024).

Seiring dengan perkembangan pendekatan ini, muncul pertanyaan: sejauh mana guru SD di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar sudah siap dan mampu menerapkannya dalam praktik sehari-hari? Melalui observasi awal dan wawancara dengan 15 guru SD, ditemukan bahwa mayoritas masih menggunakan model pembelajaran konvensional—ceramah, latihan soal, dan evaluasi kognitif sederhana. Hanya sebagian guru yang pernah bereksperimen dengan aktivitas praktikum atau penggunaan media digital, namun belum terarah pada kerangka *deep learning* atau integrasi STEAM yang sistematis. Selain itu, belum tersedia panduan RPP yang jelas dan berbasis STEAM sesuai tuntutan Kurikulum Nasional. Temuan ini menegaskan adanya kesenjangan nyata antara paradigma kurikulum dan praktik belajar di kelas (Transisi paragraf).

Permasalahan ini muncul dari dua isu utama: pertama, keterbatasan kapasitas guru dalam memahami dan merancang RPP berbasis *deep learning* dan STEAM, serta kedua, keterbatasan sarana, baik berupa teknologi pendukung maupun model pembelajaran interdisipliner di sekolah dasar. Jika tidak segera diatasi, kesenjangan ini akan menimbulkan keterlambatan adopsi kurikulum nasional—yang menuntut guru mendesain pembelajaran secara tematik, kolaboratif, dan kontekstual dengan menggunakan berbagai tools dan media inovatif.

Berbagai penelitian telah menggarisbawahi pentingnya STEAM untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Bertrand dan Namukasa (2020) dalam review mereka menyimpulkan bahwa program STEAM yang dirancang secara komprehensif mampu mendorong keterampilan berpikir kritis dan kemampuan memecahkan masalah kompleks. Temuan ini diperkuat oleh Hang et al. (2023) yang melaporkan bahwa pelatihan guru STEAM dapat meningkatkan motivasi dan praktik pembelajaran di kelas melalui pelibatan langsung dalam desain dan implementasi kurikulum STEAM. Selain itu, penelitian Toran et al. (2020) menunjukkan bahwa kompetensi dan profesionalisme guru merupakan faktor kunci keberhasilan dalam implementasi STEAM yang berkelanjutan, sehingga

menyarankan adanya program pelatihan yang spesifik dan fokus pada praktik nyata di kelas.

Penelitian lanjutan oleh Boice et al. (2024), yang meneliti program profesional guru di Amerika Serikat, menemukan korelasi signifikan antara pelatihan berkelanjutan dalam STEAM dengan penerapan strategi pembelajaran oleh guru di kelas tingkat dasar dan menengah. Mereka menyimpulkan bahwa ketika guru diberikan ruang untuk merancang, mencoba, dan merefleksikan metode pembelajaran baru dalam konteks nyata, maka efektivitas pembelajaran meningkat secara signifikan. Ini menegaskan bahwa pelatihan semata tidak cukup tanpa pendampingan lanjutan dan support dari lembaga pendidikan.

Dari kajian di atas, terlihat bahwa keberhasilan pengabdian STEAM memerlukan kombinasi elemen penting: pelatihan konseptual dan teknis, desain RPP berbasis pendekatan, akses teknologi, serta pendampingan implementasi di kelas. Namun, sebagian besar studi tersebut dilakukan di wilayah perkotaan atau pada jenjang pendidikan menengah atas. Kurangnya penelitian atau pelatihan serupa di tingkat SD pedesaan, seperti di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar, menunjukkan gap pada literatur dan praktik yang perlu segera diisi.

Mengingat situasi tersebut, program pengabdian ini dirancang sebagai upaya strategis untuk mengurangi kesenjangan kapasitas guru dalam menghadapi Kurikulum Nasional. Dengan tema utama "Pelatihan Penyusunan dan Implementasi Pembelajaran *Deep Learning* Berbasis STEAM", kegiatan ini menggabungkan metode pelatihan, workshop, simulasi, dan pendampingan lanjutan. Guru dibimbing untuk menyusun RPP STEAM, membuat media ajar digital, dan menjalankan simulasi pembelajaran dengan refleksi sistematis dari tim fasilitator.

Tujuan kegiatan pengabdian ini adalah: (1) meningkatkan pemahaman guru tentang prinsip *deep learning* dan pendekatan STEAM, (2) membekali guru dengan keterampilan menyusun RPP yang integratif, dan (3) memfasilitasi implementasi nyata pembelajaran inovatif ini di kelas SD, sebagai bagian dari persiapan pelaksanaan Kurikulum Nasional di Tanah Datar. Dengan kata lain, kegiatan ini diharapkan mampu menghasilkan peningkatan kompetensi guru dan membuka jalan bagi pengintegrasian pembelajaran STEAM secara berkelanjutan di lingkungan SD pedesaan.

METODE

Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dilakukan dengan memadukan metode pelatihan, difusi ipteks, dan advokasi-pendampingan, guna menjawab kebutuhan guru dalam menyusun dan mengimplementasikan pembelajaran *deep learning* berbasis STEAM. Kegiatan dilaksanakan secara luring di sekolah-sekolah dasar di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar, selama empat minggu dengan banyak peserta 60 orang.

1) Pelatihan dan *Workshop*

Kegiatan dimulai dengan pelatihan konseptual dan workshop penyusunan perangkat pembelajaran. Pelatihan ini mencakup:

- Pemaparan materi tentang pendekatan *deep learning* dan STEAM, termasuk prinsip-prinsip integratif lintas disiplin serta implementasinya dalam Kurikulum Nasional.
- Diskusi studi kasus dan sesi interaktif, untuk memahami tantangan dan potensi penerapan STEAM di kelas SD.
- Workshop penyusunan RPP berbasis STEAM, di mana guru dilatih merancang rencana pembelajaran yang menggabungkan sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika dalam satu kesatuan tematik yang kontekstual.

2) Simulasi Pembelajaran

Setelah penyusunan RPP, guru melakukan simulasi pembelajaran dengan skenario nyata di hadapan peserta lain dan tim fasilitator. Tahapan ini meliputi:

- Presentasi dan praktik mengajar menggunakan RPP yang telah dibuat.
- Evaluasi formatif dan umpan balik langsung, terkait kesesuaian pendekatan, pemanfaatan media, dan interaksi pembelajaran.
- Refleksi bersama, untuk meningkatkan kesadaran pedagogis guru terhadap implementasi pembelajaran berbasis *deep learning*.

3) Difusi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (Ipteks)

Tahap berikutnya adalah dokumentasi dan penyebaran hasil pelatihan berupa produk pembelajaran. Produk yang dihasilkan meliputi:

- RPP integratif berbasis STEAM dari masing-masing guru peserta.
- Media ajar interaktif dan kreatif (berbasis Canva, Wordwall, atau alat sederhana).
- Panduan mini penerapan pembelajaran STEAM di SD, yang disusun berdasarkan praktik lapangan selama pelatihan.

Semua hasil dikompilasi dalam bentuk digital (e-book) dan disebarluaskan ke sekolah mitra sebagai bagian dari difusi ipteks.

4) Advokasi dan Pendampingan Implementasi

Tahap akhir dari kegiatan adalah pendampingan dan advokasi implementasi pembelajaran di kelas. Kegiatan ini meliputi:

- Kunjungan ke sekolah untuk memantau pelaksanaan RPP dan penggunaan media ajar.
- Observasi pembelajaran langsung di kelas, dilanjutkan dengan diskusi reflektif antara guru dan tim pengabdian.

- a) Advokasi ke kepala sekolah dan pengawas, untuk memperkuat dukungan kelembagaan terhadap pengembangan pembelajaran berbasis STEAM sebagai bagian dari strategi penerapan Kurikulum Nasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian yang dilaksanakan menghasilkan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan kompetensi guru dalam memahami, merancang, dan mengimplementasikan pembelajaran berbasis *deep learning* dan pendekatan STEAM. Hasil kegiatan ini dapat dilihat dari dua sisi, yakni hasil kuantitatif melalui pre-test dan post-test, serta hasil kualitatif berupa observasi proses, partisipasi aktif guru, dan produk pembelajaran yang dihasilkan selama kegiatan.

Secara kuantitatif, pengukuran dilakukan terhadap 60 guru peserta untuk melihat peningkatan pemahaman pada tiga indikator utama: pemahaman konsep *deep learning*, kemampuan menyusun RPP berbasis STEAM, dan keterampilan menerapkan pembelajaran kolaboratif. Berikut disajikan hasilnya:

Tabel 1. Hasil Peningkatan Kemampuan Guru

Indikator Kompetensi	Skor Rata-rata Pre-test	Skor Rata-rata Post-test	Peningkatan (%)
Pemahaman konsep <i>deep learning</i> dalam pembelajaran	52	83	59.6%
Kemampuan menyusun RPP STEAM	49	82	67.3%
Penerapan pembelajaran kolaboratif berbasis STEAM	46	81	76.1%

Dari tabel 1 di atas, terlihat bahwa rata-rata peningkatan kompetensi guru mencapai 67,6%, yang menunjukkan keberhasilan pelatihan dalam membangun pemahaman konseptual dan kemampuan teknis guru dalam menerapkan pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan kurikulum nasional.

Secara kualitatif, partisipasi guru selama pelatihan sangat aktif dan konstruktif. Dalam sesi *workshop*, guru tidak hanya menyusun RPP, tetapi juga menciptakan media ajar yang kreatif dan sesuai dengan prinsip interdisipliner. Beberapa guru bahkan memadukan konten IPA dan Matematika dengan unsur seni (misalnya pembuatan model bangun datar dengan prinsip teknik sederhana dan presentasi visual). Dalam sesi simulasi, guru menunjukkan kemampuan mengaitkan pembelajaran dengan konteks lokal, serta memfasilitasi interaksi dan kolaborasi antar siswa.

Produk pembelajaran yang dihasilkan selama kegiatan meliputi 20 dokumen RPP tematik berbasis STEAM, 20 media ajar digital dan kontekstual, seperti infografis, alat peraga sederhana, dan kuis interaktif serta 1 kompilasi panduan mini penerapan STEAM di SD. Berikut cuplikan hasil produk guru dalam format tabel 2:

Tabel 2. Hasil Produk Guru

Tema Pembelajaran	Integrasi STEAM	Nilai Karakter yang Dikembangkan	Media Ajar
Energi dan Perubahan	Sains, Teknik, Matematika	Tanggung jawab, kolaborasi	Poster interaktif + alat peraga
Pola Bilangan dan Musik	Matematika, Seni	Kreativitas, percaya diri	Audio visual + Canva Edu
Bangun Datar dan Bangun Ruang	Matematika, Teknik, Seni Visual	Ketelitian, kerja sama	Model dari karton + Wordwall

Observasi di kelas setelah pelaksanaan menunjukkan bahwa guru mulai terbiasa menerapkan strategi pembelajaran kolaboratif, menyusun pertanyaan berbasis eksplorasi konsep, dan melibatkan siswa dalam aktivitas proyek kecil. Umpan balik dari siswa juga menunjukkan bahwa pembelajaran menjadi lebih menyenangkan, menantang, dan kontekstual.

Selain itu, kegiatan ini berhasil mendorong kolaborasi antar sekolah dalam satu gugus, di mana beberapa guru secara mandiri membentuk komunitas berbagi praktik baik (*teacher learning community*), sebagai langkah keberlanjutan pasca pelatihan. Hal ini menunjukkan bahwa dampak pengabdian tidak hanya berhenti pada kompetensi individu, tetapi juga mendorong transformasi budaya belajar di tingkat sekolah dasar.

Hasil kegiatan pengabdian menunjukkan bahwa pelatihan berbasis *deep learning* dan STEAM dapat secara signifikan meningkatkan kompetensi guru dalam menyusun dan mengimplementasikan pembelajaran inovatif yang sesuai dengan tuntutan Kurikulum Nasional. Peningkatan kemampuan guru tercermin dari kenaikan rata-rata skor sebesar 67,6% yang diperoleh melalui pre-test dan post-test, serta produk pembelajaran integratif yang dihasilkan selama workshop dan simulasi. Temuan ini sejalan dengan hasil *systematic review* oleh Saucedo Gonzales et al. (2025), yang menyatakan bahwa pendekatan STEAM pada pendidikan dasar berdampak positif terhadap pengembangan kompetensi guru dan pemahaman konseptual siswa dalam konteks pembelajaran aktif dan bermakna. Hal ini diperkuat oleh penelitian Monkeviciene et al. (2023) yang menegaskan bahwa pengembangan profesional guru melalui pelatihan STEAM berdampak langsung pada peningkatan praktik pedagogis dan penguasaan strategi *deep learning* dalam kelas.

Dalam konteks pelatihan guru, Martins dan Baptista (2024) menyatakan bahwa penguatan pedagogical content knowledge (PCK) guru dalam STEAM dapat dicapai melalui pelatihan yang berfokus pada integrasi teori dan praktik. Hasil pengabdian ini mendukung temuan tersebut, di mana guru tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mempraktikkan pendekatan integratif dalam simulasi pembelajaran. Produk pembelajaran yang dihasilkan menunjukkan kemampuan guru menggabungkan sains, teknologi, seni, dan matematika dalam skenario pembelajaran tematik yang kontekstual dan kreatif. Kegiatan workshop dan simulasi juga mencerminkan pendekatan *learning by design* dan *learning by doing*, yang terbukti efektif dalam pengembangan

keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa, sebagaimana dijelaskan dalam studi oleh Zhao et al. (2022) melalui meta-analisis terhadap efektivitas model pembelajaran STEAM. Selain itu, peningkatan antusiasme dan interaksi siswa yang diamati selama fase implementasi di kelas menunjukkan relevansi temuan global oleh EJMSTE (2024), yang mengaitkan pendekatan STEAM dengan peningkatan motivasi dan prestasi akademik siswa di berbagai jenjang pendidikan dasar.

Salah satu tantangan utama dalam pembelajaran berbasis STEAM adalah dominasi pendekatan disipliner tunggal yang kerap menghambat kolaborasi lintas mata pelajaran. Milara dan Orduña (2024) menyebut fenomena ini sebagai *disciplinary egocentrism*, dan merekomendasikan pendekatan kolaboratif antarguru sebagai solusi. Dalam pengabdian ini, keterlibatan guru dari berbagai bidang studi dalam workshop RPP dan simulasi pembelajaran terbukti mengurangi hambatan tersebut dan memperkuat sinergi antardisiplin. Dukungan yang berkelanjutan terhadap guru juga merupakan faktor penting dalam memastikan keberhasilan pelatihan STEAM. Penelitian oleh Thompson et al. (2018) dan *Frontiers in Education* (2024) menyimpulkan bahwa pengembangan profesional guru akan lebih efektif jika disertai dengan pendampingan implementatif, bukan hanya pelatihan sesaat. Strategi pendampingan yang dilakukan dalam kegiatan ini, melalui observasi di kelas dan diskusi reflektif, memberikan ruang bagi guru untuk mengembangkan kemampuan secara berkelanjutan dan kontekstual.

Pembelajaran yang dikembangkan dalam kegiatan ini juga mengadopsi prinsip *active learning*, yang menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran. Studi Freeman et al. (2014) dan Prince (2004) telah lama menyatakan bahwa pendekatan pembelajaran aktif secara konsisten menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan metode ceramah pasif. Pendekatan ini diwujudkan dalam pembelajaran proyek, diskusi kelompok, dan penggunaan media kreatif selama implementasi di kelas, yang diamati meningkatkan keterlibatan dan refleksi siswa. Pelatihan dalam kegiatan ini juga mencerminkan kerangka *cognitive apprenticeship*, di mana guru belajar melalui praktik nyata, umpan balik langsung, serta refleksi kolektif. Pendekatan ini dikenal efektif dalam membentuk kompetensi profesional yang aplikatif (Schön, 2014). Guru tidak hanya diberi materi, tetapi juga ruang untuk mencoba, gagal, memperbaiki, dan berkembang dalam komunitas belajar yang kolaboratif.

Integrasi teknologi sebagai bagian dari STEAM juga mendorong penguatan *technological pedagogical content knowledge* (TPACK), yang penting dalam era digitalisasi pendidikan. Model TPACK yang dikembangkan oleh Mishra dan Koehler (2006) menjelaskan bahwa penguasaan konten, pedagogi, dan teknologi secara bersamaan merupakan landasan bagi praktik pembelajaran abad ke-21 yang efektif. Dalam kegiatan ini, guru dikenalkan pada media ajar berbasis Canva, Wordwall, dan PowerPoint interaktif untuk memperkuat pembelajaran berbasis proyek dan konteks lokal. Namun demikian, tantangan

tetap ada. Keterbatasan waktu pelatihan, variasi ketersediaan infrastruktur teknologi antar sekolah, serta perbedaan kesiapan guru menjadi catatan penting yang perlu direspons dalam kegiatan lanjutan. Hal ini konsisten dengan hasil kajian El-Hamamsy et al. (2023) yang menggarisbawahi pentingnya dukungan sistemik, kepemimpinan sekolah, serta pendekatan pelatihan bertahap dalam penerapan inovasi pembelajaran berbasis teknologi di lingkungan pendidikan dasar.

Dengan demikian, pengabdian ini tidak hanya memberikan kontribusi pada peningkatan kompetensi individu guru, tetapi juga memperkuat ekosistem pembelajaran kolaboratif dan kreatif berbasis STEAM di tingkat SD. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning* berbasis STEAM bukan hanya relevan, tetapi juga dapat diterapkan secara efektif di sekolah dasar di daerah, selama didukung oleh pelatihan yang tepat, pendampingan berkelanjutan, dan dukungan kelembagaan.

SIMPULAN

Pelatihan penyusunan dan implementasi pembelajaran *deep learning* berbasis STEAM yang dilaksanakan bagi guru-guru SD di Kecamatan X Koto, Kabupaten Tanah Datar, memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kompetensi guru menghadapi Kurikulum Nasional. Kegiatan ini berhasil meningkatkan pemahaman konseptual guru mengenai integrasi pembelajaran lintas disiplin dan strategi *deep learning*, sekaligus membekali mereka dengan keterampilan menyusun RPP dan media ajar berbasis STEAM yang kontekstual. Hasil pengukuran kuantitatif menunjukkan peningkatan signifikan dalam aspek pemahaman dan penerapan pembelajaran inovatif. Secara kualitatif, guru menunjukkan kreativitas dan kolaborasi yang tinggi dalam menyusun produk pembelajaran serta menerapkannya dalam simulasi dan kelas nyata. Pembahasan menunjukkan bahwa pendekatan ini relevan dengan berbagai hasil penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya pelatihan berbasis praktik, dukungan teknologi, dan kolaborasi antar disiplin dalam menghadapi tantangan pendidikan abad ke-21. Dengan dukungan kelembagaan dan pendampingan berkelanjutan, pendekatan pembelajaran ini dapat menjadi salah satu solusi strategis dalam implementasi Kurikulum Nasional di tingkat sekolah dasar, khususnya di daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arwin, A., Kenedi, A. K., Anita, Y., Hamimah, C. H., & Zainil, M. (2024). STEM-based digital disaster learning model for disaster adaptation ability of elementary school students. *International Journal of Evaluation and Research in Education ISSN*, 13(5), 3248-3259.
- Bertrand, M., & Namukasa, I. (2020). A Systematic Review of the Implementation of STEAM Education in Schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(12), em1922. <https://www.ejmste.com/download/a-systematic-review-of-the-implementation-of-steam-education-in-schools-15894.pdf>

- Boice, J., Atkinson, B., & Matthews, R. (2024). Exploring Teachers' Understanding and Implementation of STEAM: One Size Does Not Fit All. *ResearchGate*.
- El-Hamamsy, L., Bozkurt, A., & Mishra, S. (2023). Digital Professional Development for Teachers: Challenges of Scaling Innovation. *arXiv preprint arXiv:2306.02751*.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415.
- Frontiers in Education. (2024). Impact of Sustained Professional Development on Elementary Teachers' STEAM Practice. *Frontiers*.
- Hamimah, H., Zainil, M., Anita, Y., Helsa, Y., & Kenedi, A. K. (2022). Pelatihan pengembangan bahan ajar berbasis STEM sebagai solusi pembelajaran di masa pandemi COVID-19 bagi guru sekolah dasar. *Dedication: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 33-42.
- Hang, B., Jeong, H., & Kim, D. (2023). Development of learning environment using STEAM for primary pre-service teacher: A systematic literature review. *ResearchGate*.
- Martins, M. C., & Baptista, M. (2024). STEAM and Physics Teacher Training: Reflections on a Professional Development Program. *Education Sciences*, 14(2), 164.
- Milara, A., & Orduña, L. M. (2024). Disciplinary Egocentrism in STEAM Integration: Barriers and Pedagogical Reflections. *arXiv preprint arXiv:2408.15282*.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Monkeviciene, O., Ustinaviciene, R., & Milteniene, L. (2023). Impact of innovative STEAM education practices on teacher professional development and young children's competence development. *Research in Education and Psychology*, 2(1), 1-14.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
- Ramadhani, D., Kenedi, A. K., Rafli, M. F., & Handrianto, C. (2022). Advancement of STEM-based digital module to enhance HOTS of prospective elementary school teachers. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 12(2), 981-993.
- Zainil, M., & Kenedi, A. K. (2022). Advancement of STEM-based e-student worksheet to enhance the HOTS of elementary school students. *Journal of Education Technology*, 6(3), 478-488.
- Zainil, M., Kenedi, A. K., Arwin, A., Sylvia, I., Khairat, F., & Oktavia, N. (2023). Pelatihan Pengembangan Pembelajaran Stem Pada Kurikulum Merdeka Untuk Guru Sekolah Dasar. *MONSU'ANI TANO Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 354-366.
- Zainil, M., Kenedi, A. K., Arwin, A., Sylvia, I., Khairat, F., & Oktavia, N. (2023).

Pelatihan Pengembangan Pembelajaran Stem Pada Kurikulum Merdeka Untuk Guru Sekolah Dasar. MONSU'ANI TANO *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 354-366.

Zainil, M., Kenedi, A. K., Indrawati, T., & Handrianto, C. (2023). 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.

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), 20240039.

Zainil, M., Kenedi, A. K., Suherman, D. S., Akmal, A. U., Azkiyah, N., & Wahyuni, S. (2024). Pelatihan Guru Sekolah Dasar dalam Mengembangkan Pembelajaran Digital Berbasis STEM. *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, 37-42.

Zhao, Y., Fang, C., & Zhang, X. (2022). A Meta-analysis on the Effectiveness of STEAM Education. *Computers & Education*, 190, 104609.