

OPTIMALISASI PEMBELAJARAN MENDALAM BERBASIS STEAM TERINTEGRASI 3D-PRINTING DALAM MENINGKATKAN KOMPETENSI NUMERASI GURU

Nita Syahputri¹, Triadi Sya'dian²,
Fevi Rahmawati Suwanto³, Rahmi
Ramadhani⁴, Abqoriy Hisan
Lahilote⁵, Tamama Alvin Niami⁶,
Anil Mardhiyah⁷

¹⁾ Program Studi Sistem Informasi,
Universitas Pembinaan Masyarakat
Indonesia

²⁾ Program Studi Seni Pertunjukan,
Universitas Negeri Medan

³⁾ Program Studi Pendidikan
Matematika, Universitas Negeri Medan

⁴⁾ Program Studi Pendidikan Bahasa
Inggris, Universitas Potensi Utama

⁵⁾ Program Studi Informatika, Universitas
Potensi Utama

⁶⁾ Program Studi Televisi dan Film,
Universitas Potensi Utama

⁷⁾ Program Studi Teknik Perancangan
Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri
Medan

Article history

Received : 28 April 2026

Revised : 17 Mei 2026

Accepted : 10 Juni 2026

*Corresponding author

Rahmi Ramadhani

Email : rahmiramadhani3@gmail.com

Abstrak

Pembelajaran mendalam berbasis STEAM merupakan pendekatan pembelajaran yang diterapkan dalam Kurikulum Pendidikan Nasional saat ini untuk meningkatkan kemampuan numerasi siswa. Namun, penerapan pembelajaran mendalam berbasis STEAM belum optimal dilakukan karena belum didukung oleh teknologi yang memfasilitasi kebutuhan numerasi siswa. Kemampuan numerasi siswa sangat bergantung dengan kompetensi numerasi guru. Solusi dari masalah tersebut adalah dengan menerapkan pembelajaran mendalam berbasis STEAM terintegrasi 3D-printing yang dapat meningkatkan kompetensi numerasi guru. Mitra kegiatan adalah komunitas belajar guru yang terdiri dari 30 orang guru di SMP Negeri 14 Binjai. Kegiatan dilakukan dengan menggunakan metode partisipatif, yang terdiri dari tiga tahapan, yakni persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi serta refleksi. Hasil evaluasi yang dilakukan melalui pemberian pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan, di mana sebanyak 86,7% guru berhasil mencapai kategori cukup dan baik setelah program dilaksanakan, dibandingkan kondisi awal yang mayoritas berada pada kategori rendah dan sedang. Program ini juga menghasilkan luaran berupa modul pelatihan, rancangan pembelajaran numerasi terintegrasi 3D-printing, serta terbentuknya komunitas belajar guru sebagai wadah kolaborasi berkelanjutan.

Kata Kunci: Kompetensi Numerasi Guru; Pembelajaran Mendalam; Pengabdian Masyarakat; STEAM; 3D-Printing

Abstract

STEAM-based deep learning is an educational approach implemented in the current National Education Curriculum to improve students' numeracy skills. However, the implementation of STEAM-based deep learning has not been optimal because it is not yet supported by technology that facilitates students' numeracy needs. Students' numeracy skills are highly dependent on teachers' numeracy competencies. The solution to this problem is to implement STEAM-based deep learning integrated with 3D printing, which can enhance teachers' numeracy competencies. The activity partners were a teacher learning community consisting of 30 teachers at SMP Negeri 14 Binjai. The activity was conducted using a participatory method, consisting of three stages: preparation, implementation, and evaluation and reflection. The results of the evaluation, conducted through pre-tests and post-tests, showed a significant improvement in understanding, with 86.7% of teachers achieving the sufficient and good categories after the program was implemented, compared to the initial condition where the majority were in the low and moderate categories. This program also produced outputs in the form of training modules, integrated numeracy lesson plans incorporating 3D printing, and the formation of a teacher learning community as a platform for ongoing collaboration.

Keywords: Teachers' Numeracy Competence; Deep Learning; Community Service; STEAM; 3D-Printing

PENDAHULUAN

Kompetensi numerasi menjadi bagian dari kompetensi pedagogi dan profesional yang harus dimiliki oleh guru semua mata pelajaran di semua jenjang pendidikan (Directorate General of Teachers and Educational Personnel, 2022). Pencapaian kompetensi numerasi pada siswa menjadi salah satu indikator pendidikan berkualitas. Urgensi ini selaras dengan target global dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin 4.6 yang menuntut setiap negara untuk memastikan seluruh pemuda mencapai kemampuan literasi dan numerasi pada tahun 2030 (Setiyani et al., 2022). Guru memegang peranan penting dalam transformasi ini, karena mereka membutuhkan otonomi dan kemampuan untuk mendesain pembelajaran, tidak hanya pada pembelajaran matematika dengan memperkenalkan masalah numerasi dalam konteks kehidupan sehari-hari secara efektif. Kondisi ideal yang diharapkan adalah terwujudnya pembelajaran interdisipliner melalui kerangka Kurikulum Merdeka yang memungkinkan guru untuk lebih fleksibel dalam mengembangkan potensi siswa. Dalam ekosistem pendidikan modern, pendidikan STEAM menjadi sangat krusial, karena mampu menghubungkan konsep yang abstrak dengan objek teknik dan konstruksi nyata di dalam kelas (Dyehouse et al., 2018). Penggunaan teknologi seperti *3D Modelling and Printing* dipandang sebagai alat pengajaran yang sangat bermanfaat karena dapat meningkatkan kemampuan guru dalam mencapai prinsip-prinsip transdisiplinairitas serta memperkuat keterampilan digital dan evaluasi mereka (Andić et al., 2023), termasuk kompetensi numerasi.

Namun, realitas yang terjadi pada guru-guru di SMP Negeri 14 Binjai masih menunjukkan adanya kesenjangan antara harapan dan capaian kompetensi. Jika ditinjau dari capaian kualitas pengajaran numerasi berdasarkan rapor pendidikan masih menunjukkan pencapaian yang rendah (59,73%). Hasil Rapor Pendidikan tersebut merupakan gambaran yang menunjukkan permasalahan yang dihadapi oleh mitra. Temuan ini juga didukung dengan hasil observasi yang dilakukan kepada beberapa guru mitra, dimana pengelolaan kelas belum memberikan suasana yang mendorong siswa untuk termotivasi belajar. Rendahnya capaian pembelajaran numerasi juga berkaitan dengan pemanfaatan berbagai representasi ide pengajaran yang variatif dan inovatif terintegrasi teknologi untuk membelajarkan numerasi yang belum dilakukan. Walaupun berdasarkan hasil observasi lanjutan ditemukan bahwa integrasi TIK telah diterapkan dalam pembelajaran, namun masih terbatas dan belum memfasilitasi keterampilan penyelidikan ilmiah siswa khususnya terkait pembelajaran numerasi di seluruh mata pelajaran. Permasalahan ini muncul dikarenakan guru belum memiliki keterampilan dalam menghadirkan lingkungan belajar yang memfasilitasi kemampuan numerasi siswa. Teknologi yang digunakan saat ini masih sebatas media dalam menyiapkan materi, tetapi belum menyentuh ranah pedagogi yang diharapkan dalam TPACK, dimana teknologi tidak hanya dijadikan sebagai media pembelajaran, namun juga digunakan untuk pemenuhan pedagogi dan pengetahuan konten materi ajar (Aldemir Engin et al., 2023; Kadluba & Obersteiner, 2025).

Permasalahan yang dialami oleh guru mitra juga sejalan dengan beberapa penelitian yang mengkaji relevansi antara keterampilan manajemen lingkungan pembelajaran terintegrasi teknologi dengan peningkatan kompetensi numerasi guru. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengembangan profesional dan akses terhadap perangkat teknologi dapat meningkatkan kompetensi guru dalam memanfaatkan teknologi (Fütterer et al., 2024; Siyam et al., 2025). Lebih jauh, dampak positif teknologi tidak hanya dirasakan oleh guru, tetapi juga oleh siswa, di mana lingkungan pembelajaran yang didukung teknologi terbukti mampu meningkatkan kemampuan numerasi siswa melalui pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik (Sugiman et al., 2026). Dalam konteks tersebut, manajemen kelas yang efektif dalam lingkungan pembelajaran terintegrasi teknologi membutuhkan keterampilan dalam menggunakan alat digital, strategi pengajaran yang fleksibel, dan teknik penilaian yang tepat. Kompetensi-kompetensi ini sangat penting untuk memenuhi kebutuhan siswa yang beragam dan meningkatkan hasil belajar, termasuk kemampuan numerasi siswa (Mahmoud & Bawaneh, 2025). Namun demikian, tantangan seperti keterbatasan akses terhadap teknologi, pelatihan yang kurang memadai, dan kurangnya dukungan teknis masih menghambat integrasi teknologi yang efektif. Mengatasi hambatan-hambatan ini melalui pelatihan dan dukungan yang terarah dapat meningkatkan keterampilan guru dalam mengelola lingkungan pembelajaran yang terintegrasi teknologi, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kompetensi mereka dalam mengajarkan numerasi (Mtani et al., 2026).

Pembelajaran mendalam berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) merupakan pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk meningkatkan pemikiran kritis, keterampilan komunikasi, dan hasil belajar secara holistik (Mauza et al., 2022). Dalam konteks penguatan numerasi, model STEAM memberikan kerangka kerja bagi guru untuk menyajikan materi matematika melalui permasalahan kontekstual, sehingga siswa tidak hanya sekadar menghitung tetapi juga memahami makna di balik angka tersebut (Sari et al., 2021). Pendekatan ini menciptakan ruang kolaboratif yang memungkinkan pengembangan pemikiran kuantitatif dan pemrosesan visuospasial melalui pengalaman belajar berbasis proyek yang inovatif.

Integrasi teknologi *3D-printing* dalam kerangka STEAM menjadi solusi teknologi yang efektif untuk menjembatani konsep matematika abstrak menjadi representasi fisik yang nyata (Asempapa & Love, 2021; Staribratov & Manolova, 2024). Penggunaan printer 3D dalam pembelajaran memungkinkan guru dan siswa untuk merancang model tiga dimensi yang melibatkan pemahaman mendalam tentang geometri, aljabar, dan hubungan antar objek (Andić et al., 2023). Dengan menghadirkan teknologi manufaktur aditif ini ke dalam kelas, guru di sekolah mitra dapat mentransformasi proses desain dan visualisasi menjadi kegiatan penelitian mandiri bagi siswa, yang pada akhirnya memperkuat kompetensi teknis dan kemampuan pemecahan masalah di era digital.

Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk meningkatkan kompetensi numerasi dan pedagogis guru melalui pelatihan intensif mengenai penggunaan perangkat lunak desain dan teknologi cetak 3D. Selain itu, kegiatan ini bertujuan untuk membekali guru dengan literasi digital yang memadai sehingga mereka mampu mengatasi hambatan teknis dalam mengadopsi teknologi baru di lingkungan sekolah. Melalui program ini, diharapkan guru dapat secara mandiri mengimplementasikan pemodelan matematika ke dalam kurikulum STEAM di sekolah mitra, guna menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif, kontekstual, dan mampu meningkatkan kepuasan belajar siswa.

METODE PELAKSANAAN

Mitra kegiatan program pengabdian kepada masyarakat adalah kelompok masyarakat di bidang pendidikan, yakni komunitas belajar guru SMP Negeri 14 Binjai yang terdiri dari 30 orang guru. Pelaksanaan program kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan secara terstruktur untuk memberikan solusi dalam permasalahan yang dihadapi mitra, yakni meningkatkan kompetensi numerasi guru melalui optimalisasi pembelajaran melalui penerapan pembelajaran mendalam berbasis STEAM terintegrasi *3D-printing*. Kegiatan dilakukan selama 4 minggu di bulan Agustus 2025 (5-25 Agustus 2025) secara luring di sekolah mitra. Kegiatan dilaksanakan dalam tiga tahapan, diantaranya tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap evaluasi serta refleksi kegiatan. Tahapan pelaksanaan kegiatan secara ringkas disajikan pada Tabel 1 berikut. Penjabaran detail tahapan pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat disajikan sebagai berikut.

Tabel 1. Tahapan Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat pada Mitra-Komunitas Belajar Guru SMP Negeri 14 Binjai

Tahapan	Tujuan	Deskripsi Kegiatan	Luaran Kegiatan
Tahap I: Persiapan Kegiatan	Mengidentifikasi kebutuhan kompetensi numerasi guru dan merancang program pelatihan	Analisis kebutuhan mitra, koordinasi dengan sekolah, penyusunan modul STEAM terintegrasi <i>3D-printing</i> dan penjadwalan kegiatan.	Modul pelatihan STEAM berbasis <i>3D-printing</i> dan jadwal program
Tahap II: Pelaksanaan Program	Meningkatkan kompetensi numerasi 30 orang guru SMP Negeri 14 Binjai melalui pembelajaran mendalam berbasis STEAM	Pelatihan dan lokakarya pembelajaran mendalam, praktik <i>3D-printing</i> , pendampingan luring di SMP Negeri 14 Binjai	Peningkatan kompetensi guru dan dokumentasi kegiatan.
Tahap III: Evaluasi dan Refleksi	Mengukur peningkatan kompetensi numerasi guru dan efektivitas program kegiatan.	Evaluasi <i>pre-posttest</i> numerasi, refleksi bersama tim dan guru.	Data hasil evaluasi dan rekomendasi tindak lanjut.

Tahap Persiapan Kegiatan

Tahap persiapan merupakan fondasi utama keberhasilan program pengabdian. Pada tahap ini, tim pelaksana memulai kegiatan dengan melakukan koordinasi awal bersama pihak SMP Negeri 14 Binjai guna membangun kesepahaman bersama mengenai tujuan, mekanisme, dan teknis pelaksanaan program. Koordinasi ini mencakup penetapan 30 guru sebagai peserta, penyusunan jadwal kegiatan luring sepanjang minggu pertama bulan Agustus 2025, serta penentuan fasilitas pendukung yang akan digunakan, termasuk ruang laboratorium dan perangkat teknologi yang tersedia di sekolah. Setelah koordinasi terlaksana, tim pengabdian melakukan *needs assessment* secara sistematis melalui instrumen wawancara terstruktur dan angket. Proses ini bertujuan memetakan kondisi awal guru terkait pemahaman konsep numerasi, pengenalan pendekatan STEAM, serta kesiapan mereka dalam mengintegrasikan teknologi *3D-printing* ke dalam praktik pembelajaran. Hasil pemetaan ini menjadi dasar empiris dalam merancang program pelatihan yang relevan dan kontekstual.

Berdasarkan data hasil analisis kebutuhan, tim kemudian menyusun modul pelatihan sebagai perangkat utama program. Modul dirancang secara sistematis dengan memuat konsep pembelajaran mendalam berbasis STEAM, panduan teknis penggunaan teknologi *3D-printing*, serta contoh penerapannya dalam mata pelajaran matematika dan sains di jenjang SMP. Seluruh materi diselaraskan dengan kerangka Kurikulum Merdeka dan diadaptasi sesuai karakteristik serta kebutuhan guru di lingkungan SMP Negeri 14 Binjai.

Tahap Pelaksanaan Kegiatan

Tahap pelaksanaan merupakan inti dari seluruh rangkaian kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Pada tahap ini, tim pelaksana menyelenggarakan serangkaian kegiatan pelatihan dan pendampingan secara luring di SMP Negeri 14 Binjai yang berlangsung selama tiga minggu, yakni pada minggu kedua hingga keempat bulan Agustus 2025. Seluruh kegiatan dirancang secara terstruktur dan progresif, mulai dari penguatan konsep hingga praktik langsung, guna memastikan setiap guru peserta memperoleh pengalaman belajar yang bermakna dan aplikatif.

Kegiatan diawali dengan sesi pelatihan berbasis lokakarya (*workshop*) yang memperkenalkan konsep pembelajaran mendalam (*deep learning*) dalam kerangka pendekatan STEAM. Pada sesi ini, guru diajak untuk memahami prinsip-prinsip integrasi sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika dalam konteks pembelajaran di kelas, sekaligus mengeksplorasi strategi perancangan aktivitas pembelajaran yang mendorong berpikir kritis dan pemecahan masalah. Fasilitator (Tim PKM) mendampingi setiap peserta secara intensif dalam merancang skenario pembelajaran yang relevan dengan mata pelajaran dan jenjang yang diampu.

Pada sesi berikutnya, pelatihan difokuskan pada pengenalan dan praktik teknologi *3D-printing* sebagai media pembelajaran inovatif. Guru diberikan kesempatan untuk secara langsung mengoperasikan perangkat *3D-printing*, merancang objek tiga dimensi sederhana, serta mengeksplor cara mengintegrasikan teknologi tersebut ke dalam pembelajaran matematika dan sains di jenjang SMP. Proses pendampingan dilakukan secara berkelanjutan oleh tim pengabdian untuk memastikan setiap peserta mampu menerapkan keterampilan yang diperoleh secara mandiri dalam konteks pembelajaran di kelas masing-masing.

Tahap Evaluasi dan Refleksi Kegiatan

Tahap evaluasi dan refleksi merupakan tahap penutup yang bertujuan mengukur efektivitas program serta menggali pembelajaran bermakna dari seluruh rangkaian kegiatan yang telah dilaksanakan. Tahap ini diselenggarakan pada akhir minggu keempat bulan Agustus 2025 dan melibatkan seluruh peserta, yakni 30 guru SMP Negeri 14 Binjai, bersama tim pelaksana pengabdian. Evaluasi dirancang secara komprehensif untuk memperoleh gambaran yang utuh mengenai capaian program, baik dari sisi peningkatan kompetensi peserta maupun kualitas penyelenggaraan kegiatan secara keseluruhan.

Pengukuran peningkatan kompetensi numerasi guru dilakukan melalui instrumen *pre-test* dan *post-test* yang diberikan sebelum dan sesudah pelaksanaan program. Instrumen *pre-test* dan *post-test* yang diberikan bertujuan untuk mengukur sejauh mana pemahaman guru mitra terkait kompetensi numerasi sebelum dan setelah diberikan pelatihan dan pendampingan. Perbandingan hasil kedua instrumen ini digunakan sebagai bukti empiris untuk menilai sejauh mana program pelatihan berhasil meningkatkan pemahaman guru terhadap

konsep pembelajaran mendalam berbasis STEAM serta keterampilan mereka dalam mengintegrasikan teknologi 3D-*printing* ke dalam praktik pembelajaran. Data hasil evaluasi selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk mendukung penarikan kesimpulan yang berbasis bukti. Selain evaluasi berbasis instrumen, tim pengabdian juga menyelenggarakan sesi refleksi bersama (*focus group discussion*) sebagai ruang dialog antara peserta dan tim pelaksana. Pada sesi ini, guru diajak untuk berbagi pengalaman, menyampaikan kendala yang dihadapi selama pelatihan, serta memberikan masukan konstruktif terhadap program. Hasil refleksi ini menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan laporan akhir kegiatan sekaligus dasar perumusan rekomendasi tindak lanjut, termasuk kemungkinan pengembangan program serupa di sekolah-sekolah lain dalam lingkup yang lebih luas.

HASIL PEMBAHASAN

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada peningkatan kompetensi numerasi guru melalui pembelajaran mendalam berbasis STEAM terintegrasi 3D-*printing* di SMP Negeri 14 Binjai dapat dianalisis dari keberhasilan tahap-tahap implementasi yang sejalan dengan tujuan program. Tujuan utama kegiatan adalah meningkatkan kemampuan guru dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran numerasi secara inovatif melalui integrasi pendekatan STEAM dan teknologi 3D-*printing*. Dari sisi proses, tahap persiapan dinilai berjalan efektif karena kebutuhan mitra berhasil diidentifikasi secara sistematis melalui instrumen angket dan wawancara terstruktur. Guru-guru SMP Negeri 14 Binjai sebelumnya menunjukkan keterbatasan pemahaman mengenai pendekatan STEAM serta belum pernah terpapar pada pemanfaatan teknologi 3D-*printing* sebagai media pembelajaran. Keterbatasan ini juga tercermin dalam analisis perangkat ajar yang masih didominasi pendekatan konvensional, dengan minim eksplorasi aktivitas berbasis praktik dan konteks dunia nyata. Melalui pemetaan kebutuhan tersebut, tim pengabdian dapat menyusun modul pelatihan yang kontekstual, disesuaikan dengan kondisi sekolah mitra, serta memuat strategi pembelajaran yang langsung aplikatif di kelas. Keberhasilan pada tahap awal ini memberikan landasan yang kuat untuk proses pelatihan berikutnya, sekaligus menjawab permasalahan mendasar mitra berupa rendahnya wawasan terhadap pembelajaran numerasi berbasis STEAM. Di samping itu, keterlibatan kepala sekolah sejak tahap awal memperkuat komitmen institusi untuk mendukung keberlanjutan program.

Pada tahap pelaksanaan, program ini secara langsung memberikan ruang bagi guru untuk berlatih dan mengembangkan keterampilan praktis dalam merancang pembelajaran numerasi yang inovatif. Pelatihan dan lokakarya yang diselenggarakan menjadi wadah kolaborasi lintas mata pelajaran, di mana guru matematika, IPA, dan mata pelajaran lainnya bekerja sama merancang aktivitas pembelajaran yang terintegrasi dengan teknologi 3D-*printing*. Analisis menunjukkan bahwa kegiatan ini tidak hanya meningkatkan kompetensi pedagogik guru, tetapi juga menumbuhkan kepercayaan diri mereka untuk mencoba pendekatan baru di kelas. Sebagai contoh, guru matematika memanfaatkan objek tiga dimensi hasil cetak 3D-*printing* untuk membantu siswa memahami konsep geometri secara konkret, sementara guru IPA mengintegrasikan teknologi tersebut dalam perancangan model ilmiah sederhana yang mendukung eksplorasi sains berbasis proyek. 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 saat mengimplementasikan strategi pembelajaran di kelas. Pendampingan yang dilakukan tim pengabdian kepada guru mitra tampak pada Gambar 2 berikut.

Merujuk pada Gambar 1, tampak bahwa tim pengabdian memberikan pendampingan secara intensif terkait cara mengimplementasikan pembelajaran mendalam berbasis STEAM di kelas, serta bagaimana teknologi 3D-*printing* dapat difungsikan sebagai media pembelajaran numerasi yang konkret dan kontekstual. Pendampingan yang dilakukan berimplikasi pada meningkatnya keterampilan guru dalam mengelola aktivitas pembelajaran berbasis praktik, membagi peran siswa secara efektif, serta menilai produk dan proses pembelajaran secara holistik. Dari sudut pandang mitra, perubahan ini menjawab permasalahan yang selama ini dihadapi, yakni kesulitan dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran numerasi yang menarik dan sesuai dengan konteks kurikulum, sekaligus mendorong tumbuhnya budaya kerja kolaboratif di lingkungan sekolah.



Gambar 1. Pendampingan Lapangan Terkait Pembelajaran Mendalam Berbasis STEAM Terintegrasi 3D-printing

Pelaksanaan kegiatan dilanjutkan dengan melakukan pelatihan perancangan 3D Model dan tutorial penggunaan 3D printer dalam menerapkan pembelajaran mendalam terintegrasi STEAM berbasis 3D-printing (tampak pada Gambar 2). Tim PKM secara terstruktur memberikan tutorial merancang model 3D yang berkaitan dengan konten materi ajar berbasis STEAM, dan selanjutnya hasil rancangan tersebut dicetak menggunakan 3D printer yang dijadikan aset bagi sekolah mitra.



Gambar 2. Tim PKM Melakukan Pelatihan Perancangan 3D Model dan Penggunaan 3D Printer

Pada tahap evaluasi dan refleksi, analisis menunjukkan bahwa program ini memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap perubahan sikap, budaya kerja, dan capaian kompetensi guru. Dari aspek sikap, mayoritas guru menunjukkan peningkatan motivasi dan keterbukaan dalam menerima inovasi pembelajaran. Hal ini tercermin dari hasil angket pascaprogram yang menunjukkan skor kepuasan di atas rata-rata, serta dari catatan observasi yang menggambarkan antusiasme guru selama sesi diskusi dan praktik. Dari aspek sosial budaya, terbentuknya komunitas belajar guru sebagai tindak lanjut program menjadi bukti nyata adanya perubahan budaya kerja di sekolah, dari sebelumnya bersifat individualistik menjadi lebih kolaboratif dan berbasis berbagi pengalaman.

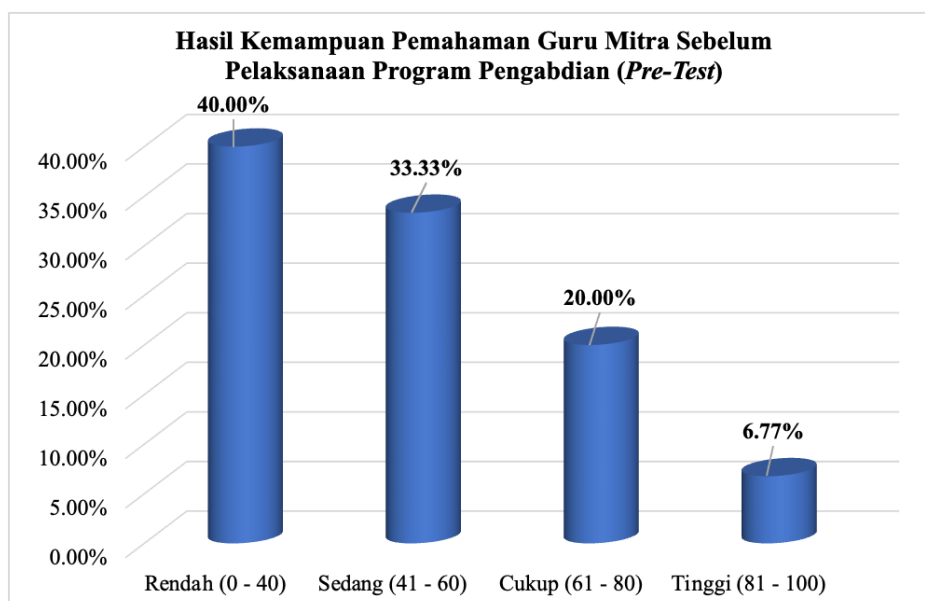
Komunitas ini tidak hanya aktif selama program berlangsung, tetapi diharapkan terus berkembang sebagai wadah guru untuk saling bertukar ide, perangkat ajar, dan pengalaman implementasi. Sementara itu, dari aspek capaian program, produk pembelajaran yang dihasilkan guru berupa rancangan aktivitas STEAM dan model cetak 3D-printing menunjukkan potensi nilai tambah yang dapat langsung dimanfaatkan dalam pembelajaran siswa. Evaluasi ini menegaskan bahwa tujuan pengabdian telah tercapai secara bertahap dengan indikator yang terukur. Dukungan kepala sekolah menjadi faktor kunci agar praktik inovatif ini tidak berhenti setelah program berakhir, melainkan berkembang menjadi model pembelajaran yang dapat direplikasi di sekolah-sekolah lain di Kota Binjai. Salah satu aktivitas refleksi bersama yang dilakukan tersaji pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Sesi Refleksi dan Diskusi Bersama Komunitas Belajar Guru SMP Negeri 14 Binjai

Tampak pada Gambar 3, salah satu guru memimpin diskusi reflektif bersama rekan-rekannya dalam komunitas belajar yang terbentuk sebagai produk dari kegiatan pengabdian. Pada sesi tersebut, para guru mendiskusikan rencana implementasi pembelajaran STEAM di kelas masing-masing, menyempurnakan desain aktivitas berbasis *3D-printing*, serta menyiapkan perangkat ajar yang akan digunakan dalam pembelajaran numerasi bersama siswa. Kegiatan ini menghasilkan rencana pembelajaran yang siap diimplementasikan serta draft model tiga dimensi yang direncanakan akan dicetak menggunakan perangkat *3D-printing* sebagai media konkret pembelajaran.

Keberhasilan program pengabdian yang dilakukan diukur melalui penilaian pemahaman guru mitra mengenai kompetensi numerasi dan pembelajaran mendalam berbasis STEAM terintegrasi *3D-printing*, dengan menggunakan instrumen *pre-test* dan *post-test*. Tes awal diberikan sebelum kegiatan pelatihan dimulai, sedangkan tes akhir diberikan setelah seluruh rangkaian pelatihan dan pendampingan selesai dilaksanakan. Hasil kedua instrumen tersebut tersaji pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut.

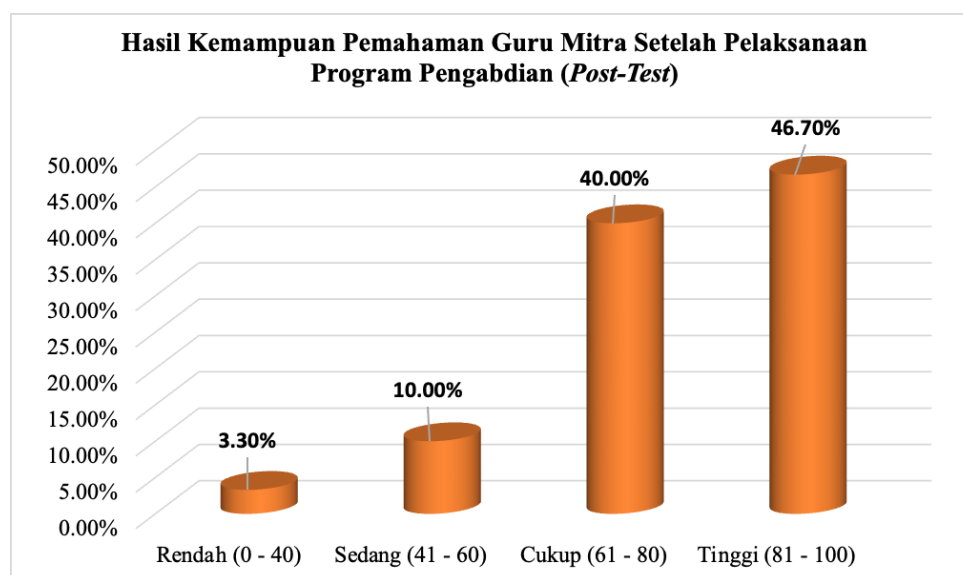


Gambar 4. Hasil Kemampuan Pemahaman Guru Mitra Sebelum Pelaksanaan Program Pengabdian (*Pre-Test*)

Hasil *pre-test* terhadap 30 guru SMP Negeri 14 Binjai menunjukkan bahwa tingkat pemahaman mereka mengenai kompetensi numerasi dan pembelajaran berbasis STEAM terintegrasi *3D-printing* masih tergolong rendah. Tampak pada Gambar 4, sebanyak 12 guru (40%) berada pada kategori rendah dengan skor 0 sampai 40, yang menandakan bahwa sebagian besar guru belum memahami konsep dasar integrasi STEAM dalam pembelajaran numerasi, apalagi pemanfaatan teknologi *3D-printing* sebagai media ajar. Sementara itu, 10 guru (33,3%) berada pada kategori sedang dengan skor 41 sampai 60, yang menunjukkan adanya pemahaman parsial namun belum mampu diaplikasikan dalam perancangan pembelajaran. Kondisi ini menegaskan urgensi program pelatihan yang dirancang secara intensif dan kontekstual. Pada kategori cukup dengan skor 61 sampai 80, hanya 6 guru (20%) yang menunjukkan pemahaman relatif memadai, umumnya

sudah mengenal dasar pembelajaran berbasis praktik, namun belum mengintegrasikan teknologi secara optimal. Adapun hanya 2 guru (6,7%) berada dalam kategori baik dengan skor 81 sampai 100, menunjukkan bahwa sangat sedikit guru yang telah benar-benar menguasai konsep pembelajaran numerasi berbasis STEAM dan 3D-printing sebelum program dilaksanakan.

Ketimpangan distribusi ini memperlihatkan kesenjangan yang signifikan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 dengan kemampuan aktual guru di lapangan. Data awal ini berfungsi sebagai peta masalah yang konkret sekaligus acuan dalam mengukur keberhasilan program setelah intervensi. Tingginya proporsi guru pada kategori rendah dan sedang menegaskan bahwa pendekatan pelatihan perlu bersifat aplikatif, bertahap, dan kontekstual. Di sisi lain, kehadiran sejumlah guru dalam kategori cukup dan baik dapat didayagunakan sebagai aset *peer learning*, sehingga proses pendampingan tidak hanya bertumpu pada tim pengabdian, tetapi juga pada kolaborasi antar guru yang lebih berpengalaman.



Gambar 5. Hasil Kemampuan Pemahaman Guru Mitra Setelah Pelaksanaan Program Pengabdian (Post-Test)

Hasil *post-test* menunjukkan peningkatan yang signifikan pada seluruh kategori pemahaman. Tampak pada Gambar 5, dari 30 guru, hanya 1 orang (3,3%) yang masih berada pada kategori rendah, jauh menurun dibandingkan kondisi awal sebesar 40%. Kategori sedang juga turun drastis dari 10 orang menjadi 3 orang (10%), menandakan bahwa mayoritas guru berhasil melampaui level pemahaman dasar setelah mengikuti pelatihan. Sebaliknya, terjadi peningkatan tajam pada kategori cukup dan baik. Sebanyak 12 guru (40%) kini berada pada kategori cukup dengan skor 61 sampai 80, yang menunjukkan bahwa mereka sudah mampu memahami dan mulai mengintegrasikan pendekatan STEAM serta teknologi 3D-printing dalam rancangan pembelajaran numerasi. Lebih lanjut, 14 guru (46,7%) berhasil mencapai kategori baik dengan skor 81 sampai 100, meningkat drastis dari hanya 2 guru pada kondisi awal. Secara keseluruhan, data *post-test* memperlihatkan transformasi pemahaman guru sebesar 86,7%, dari kondisi yang sebelumnya mayoritas berada di level rendah dan sedang menjadi hampir seluruhnya berada di level cukup dan baik. Hasil ini sejalan dengan temuan Lu et al. (2022) dan Pérez Torres et al. (2023) yang menegaskan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek lebih efektif dibandingkan metode konvensional dalam mendorong pemahaman mendalam 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 pembelajaran berbasis STEAM dan 3D-printing secara lebih mendalam melalui pendampingan yang sistematis dan berkelanjutan.

Keberhasilan implementasi program ini juga sejalan dengan kajian García-Llamas et al. (2025) yang menekankan bahwa integrasi STEAM dalam pembelajaran sangat bergantung pada kapasitas guru dalam mengelola kelas dan merancang pengalaman belajar yang kontekstual. Dalam kasus SMP Negeri 14 Binjai, guru mampu memanfaatkan hasil pelatihan untuk menghasilkan rancangan pembelajaran terintegrasi,

misalnya kolaborasi antara guru matematika dan IPA dalam merancang aktivitas eksplorasi geometri tiga dimensi menggunakan objek cetak 3D-*printing*. 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 Auliyani et al. (2025), program pengabdian di SMP Negeri 14 Binjai juga menutup kesenjangan penting, yaitu rendahnya keberlanjutan dari program pelatihan guru. Dalam kajian tersebut ditegaskan bahwa meskipun pembelajaran berbasis STEAM terbukti efektif, keberhasilan jangka panjang sangat dipengaruhi oleh tersedianya wadah kolaboratif yang menjaga keberlangsungan praktik inovatif guru. Pembentukan komunitas belajar guru di SMP Negeri 14 Binjai menjadi jawaban konkret atas tantangan ini. Melalui komunitas tersebut, guru tidak hanya berhenti pada penguasaan teknis yang bersifat sesaat, tetapi memiliki ruang untuk terus berbagi pengalaman, mendiskusikan tantangan implementasi, dan mengembangkan inovasi pembelajaran secara mandiri dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, pelaksanaan program pengabdian ini menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran mendalam berbasis STEAM terintegrasi 3D-*printing* mampu menjawab kebutuhan nyata guru SMP Negeri 14 Binjai dalam meningkatkan kompetensi numerasi dan kapasitas pedagogis mereka. Kegiatan pelatihan, lokakarya, dan pendampingan lapangan terbukti memberikan pengalaman langsung yang bermakna bagi guru dalam merancang dan mengimplementasikan pembelajaran yang relevan dengan tantangan abad ke-21. Keterlibatan aktif guru dalam setiap tahapan kegiatan turut membentuk pola pikir kolaboratif dan budaya kerja baru di lingkungan sekolah, sebuah temuan yang memperkuat argumen Skrbinek et al. (2024) bahwa kreativitas dan kompetensi guru tumbuh optimal ketika didukung oleh lingkungan yang mendorong kolaborasi dan refleksi kritis.

Dari perspektif teoritis, hasil kegiatan ini menegaskan pentingnya penguatan kompetensi numerasi sebagai bagian dari profesionalisme guru di era kurikulum berbasis keterampilan. Penerapan STEAM terintegrasi 3D-*printing* tidak hanya dipahami sebagai pendekatan pembelajaran inovatif, tetapi juga sebagai strategi untuk menumbuhkan daya cipta guru dan memperkuat keterhubungan antara konsep abstrak matematika dengan representasi fisik yang konkret. Dengan demikian, program pengabdian ini memberikan kontribusi nyata dalam menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik pendidikan numerasi di tingkat sekolah menengah. Lebih lanjut, kegiatan pengabdian ini menghasilkan luaran berupa modul pelatihan pembelajaran mendalam berbasis STEAM, rancangan aktivitas pembelajaran numerasi terintegrasi 3D-*printing*, serta draft model tiga dimensi yang siap digunakan sebagai media pembelajaran konkret bagi siswa dalam kegiatan pembelajaran proyek lintas mata pelajaran.

KESIMPULAN

Program pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan di SMP Negeri 14 Binjai telah berhasil mencapai tujuan utamanya, yakni meningkatkan kompetensi numerasi guru melalui pembelajaran mendalam berbasis STEAM terintegrasi teknologi 3D-*printing*. Hasil evaluasi melalui instrumen pre-test dan post-test memperlihatkan transformasi pemahaman yang signifikan, di mana sebelum program dilaksanakan sebagian besar guru berada pada kategori rendah dan sedang, namun setelah mengikuti seluruh rangkaian pelatihan dan pendampingan, sebanyak 86,7% guru berhasil mencapai kategori cukup dan baik. Persentase 86,7% diperoleh dari pencapaian persentase tingkat pemahaman guru terhadap kompetensi numerasi yang mencapai kategori cukup (40.00%) dan tinggi (46.70%) saat menyelesaikan *post-test*. Selain capaian kuantitatif tersebut, program ini juga menghasilkan dampak kualitatif yang bermakna, antara lain terbentuknya komunitas belajar guru sebagai wadah kolaborasi dan refleksi berkelanjutan, serta luaran konkret berupa modul pelatihan pembelajaran mendalam berbasis STEAM, rancangan aktivitas pembelajaran numerasi terintegrasi 3D-*printing*, dan *draft* model tiga dimensi yang siap digunakan sebagai media pembelajaran bagi siswa. Keberhasilan ini sekaligus memberikan bukti bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran numerasi dapat diwujudkan melalui program pengabdian yang terencana, kontekstual, dan berorientasi pada dampak jangka panjang. Berdasarkan hasil tersebut, beberapa saran dirumuskan sebagai tindak lanjut, yakni agar komunitas belajar guru yang telah terbentuk terus dikelola secara aktif dengan dukungan kelembagaan sekolah, guru peserta didorong untuk mengembangkan dan mendokumentasikan praktik baik yang telah dirintis selama program,

tim pengabdian dan perguruan tinggi diharapkan dapat memperluas cakupan program serupa dengan melibatkan lebih banyak sekolah mitra dan memperdalam materi pelatihan, serta pemangku kebijakan pendidikan di Kota Binjai disarankan untuk menjadikan hasil program ini sebagai referensi dalam perumusan kebijakan penguatan kompetensi guru, khususnya pada aspek numerasi dan integrasi teknologi pembelajaran, sehingga dampak transformasional yang telah dimulai dapat berkelanjutan dan direplikasi secara lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim PKM Universitas Potensi Utama, Universitas Negeri Medan, Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia, Politeknik 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.

PUSTAKA

- Aldemir Engin, R., Karakuş, D., & Niess, M. L. (2023). TPACK development model for pre-service mathematics teachers. *Education and Information Technologies*, 28(4), 4769–4794. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11381-1>
- Andić, B., Ulbrich, E., Dana-Picard, T., Cvjetičanin, S., Petrović, F., Lavicza, Z., & Maričić, M. (2023). A Phenomenography Study of STEM Teachers' Conceptions of Using Three-Dimensional Modeling and Printing (3DMP) in Teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 45–60. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10005-0>
- Asempapa, R. S., & Love, T. S. (2021). Teaching math modeling through 3D-printing: Examining the influence of an integrative professional development. *School Science and Mathematics*, 121(2), 85–95. <https://doi.org/10.1111/ssm.12448>
- Auliyani, C. N., Arianto, F., & Kholidya, C. F. (2025). A Systematic Literature Review of Project-Based Learning Integrated With STEM Education: Examining Implementation Strategies, Outcomes, and Challenges. *Jurnal Visi Ilmu Pendidikan*, 17(1), 214–231. <https://doi.org/10.26418/jvip.v17i1.85610>
- Directorate General of Teachers and Educational Personnel. (2022). *Peraturan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 0340/B/HK.01.03/2022 Tentang Kerangka Kompetensi Literasi dan Numerasi Bagi Guru pada Sekolah Dasar [Regulation of the Directorate General of Teachers and Educational Personnel, Ministry of Education, Culture, Research, and Technology Number 0340/B/HK.01.03/2022 concerning the Literacy and Numeracy Competency Framework for Teachers in Elementary Schools]*.
- Dyehouse, M., Santone, A. L., Kisa, Z., Carr, R. L., & Razzouk, R. (2018). A Novel 3D+MEA Approach to Authentic Engineering Education for Teacher Professional Development: Design Principles and Outcomes. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1168>
- Fütterer, T., Backfisch, I., & Lachner, A. (2024). Teachers' trajectories of technology integration during participation in an online professional development program. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 27(3), 769–801. <https://doi.org/10.1007/s11618-024-01251-6>
- García-Llamas, P., Taboada, A., Sanz-Chumillas, P., Lopes Pereira, L., & Baelo Álvarez, R. (2025). Breaking barriers in STEAM education: Analyzing competence acquisition through project-based learning in a European context. *International Journal of Educational Research Open*, 8, 100449. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100449>

- Kadluba, A., & Obersteiner, A. (2025). How to Assess Mathematics Teachers' TPACK? A Comparison Between Self-Reports and Knowledge Tests. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23(3), 663–688. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10490-2>
- 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>
- Mahmoud, E., & Bawaneh, A. K. (2025). Best practices of effective classroom management strategies supported by digital ICT in higher education. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 14(3), 2337. <https://doi.org/10.11591/ijere.v14i3.32178>
- Mauza, M. S. P., Sofiyana, M. S., & Rosyida, D. A. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran STEAM Terintegrasi Knisley Terhadap Literasi Numerasi dan Hasil Belajar Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Handayani*, 13(2), 45. <https://doi.org/10.24114/jh.v13i2.41270>
- Mtani, H., Kaijage, S., & Mduma, N. (2026). Constraints hindering ICT integration among teachers in enhancing literacy and numeracy skills of learners with hearing impairments in Tanzania. *Technology and Disability*, 38(1), 54–64. <https://doi.org/10.1177/10554181251339608>
- Pérez Torres, M., Couso Lagarón, D., & Marquez Bargalló, C. (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>
- Sari, P. N., Jumadi, & Ekayanti, A. (2021). Penerapan Model Pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Math) untuk Penguatan Literasi-Numerasi Siswa. *Jurnal Abdimas Indonesia*, 1(2), 89–96. <https://doi.org/10.53769/jai.v1i2.90>
- Setiyani, S., Waluya, S. B., Sukestiyarno, Y. L., & Cahyono, A. N. (2022). Mathematical Reflective Thinking Process of Prospective Elementary Teachers Review from the Disposition in Numerical Literacy Problems. *International Journal of Educational Methodology*, 8(3), 405–420. <https://doi.org/10.12973/ijem.8.3.405>
- Siyam, Y., Siyam, N., Hussain, M., & Alqaryouti, O. (2025). Evaluating technology integration in education: a framework for professional development. *Discover Education*, 4(1), 53. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00448-z>
- 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>
- Staribratov, I., & Manolova, N. (2024). 3D technologies in STEAM education. *Discover Education*, 3(1), 92. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00181-z>
- Sugiman, S., Maulyda, M. A., & Rahmawati, R. D. (2026). Empowering Primary School Student's Numeracy Skills Through Augmented Reality: The Didactical Technology Design. *Mathematics Teaching-Research Journal*, 18(1), 152–177.

Format Sitasi: Syahputri, N., Sya'dian, T., Suwanto, F.R., Ramadhani, R., Lahilote, A.H., Niemi, T.A., Mardhiyah, A. (2026). Optimalisasi Pembelajaran Mendalam Berbasis Steam Terintegrasi 3D-Printing dalam Meningkatkan Kompetensi Numerasi Guru. *Reswara. J. Pengabd. Kpd. Masy.* 7(2): 541-552. DOI: <https://doi.org/10.46576/rjpkm.v7i2.8661>



Reswara: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat oleh Universitas Dharmawangsa Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan dengan Lisensi Internasional Creative Commons Attribution NonCommercialL ShareAlike 4.0 ([CC-BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/))