

Pengembangan Media berbasis 3D Printing terintegrasi *Science, Technology, Engineering Arts and Mathematics* Dalam Mengajarkan Konsep Skala

Dewi Rawani^{1*}, Imam Akbar²

Universitas Tridinanti, Palembang, Indonesia^{1*,2}

dewi_rawani@univ-tridinanti.ac.id^{1*}, imam@univ-tridinanti.ac.id²

ABSTRAK

Pembelajaran matematika terutama pada konsep skala kerap disampaikan dalam bentuk yang abstrak sehingga siswa mengalami kendala mengkaitkan konsep tersebut dengan permasalahan nyata. Pendekatan *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics* (STEAM) menawarkan pembelajaran kontekstual yang mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran berbasis proyek yang memanfaatkan teknologi pencetakan tiga dimensi (3D printing) untuk mengajarkan konsep skala. Metode penelitian menggunakan pendekatan *Research & Development* dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Validitas produk dievaluasi oleh ahli materi dan media, sedangkan aspek kepraktisan dan kemenarikan diukur melalui respons guru dan siswa. Efektivitas pembelajaran dianalisis dengan indikator peningkatan hasil belajar (N-Gain) sebesar 0,65. Hasil penelitian ini menghasilkan media ajar berbasis 3D Printing memenuhi kriteia valid secara kualitatif yang divalidasi 3 pakar, praktis digunakan dalam memahami permasalahan, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual serta keterampilan aplikatif siswa pada materi skala melalui pengalaman belajar yang kontekstual dan berbasis proyek.

Kata kunci : STEAM, 3D printing, skala, media pembelajaran matematika

ABSTRACT

Mathematics learning, particularly in the concept of scale, is often delivered in an abstract form, making it difficult for students to connect the concept with real-world problems. The Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) approach offers contextual learning that fosters critical thinking, creativity, collaboration, and problem-solving skills. This study aims to develop project-based learning media utilizing three-dimensional printing (3D printing) technology to teach the concept of scale. The research employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model, which consists of analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The validity of the product was assessed by material and media experts, while practicality and attractiveness were measured through teacher and student responses. The effectiveness of the learning process was analyzed using the indicator of learning improvement (N-Gain), which reached 0.65. The results indicate that the 3D printing-based learning media meets the criteria of being qualitatively valid (validated by three experts), practical in helping students understand problems, and effective in enhancing conceptual understanding and applied skills in scale through contextual and project-based learning experiences.

Keywords : STEAM, 3D printing, scale, math learning media

PENDAHULUAN

Matematika, khususnya geometri dan pengukuran, merupakan pondasi bagi pengembangan literasi sains, teknologi, rekayasa, dan seni (Phuong et al., 2023). Konsep skala menjadi salah satu materi penting dalam matematika, khususnya pada topik geometri dan pengukuran karena berfungsi sebagai dasar dalam memodelkan hubungan proporsional antara objek nyata dan representasi matematis. Namun, pembelajaran termasuk abstrak seperti skala dan pengukuran di sekolah menengah pertama seringkali terkendala oleh keterbatasan media yang mampu menjembatani dunia abstrak matematika dengan konteks nyata siswa (National Council of Teacher Mathematics, 2020). Selain itu, studi menunjukkan bahwa banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep skala, terutama dalam menginterpretasikan dan menerapkan perbandingan antara ukuran gambar dan ukuran sebenarnya (Fikri et al., 2025). Temuan lain terlihat siswa sering keliru menerapkan rumus (Wijayanti et al., 2023), pendekatan pembelajaran yang monoton (Putri et al., 2023). Pembelajaran konvensional yang bertumpu pada buku teks dan lembar kerja dinilai kurang efektif dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam, mengasah keterampilan spasial, dan memupuk motivasi intrinsik siswa (Thom et al., 2024). Akibatnya, banyak siswa hanya mampu menyelesaikan soal algoritmik tanpa memahami aplikasi esensial konsep tersebut dalam memodelkan dan menyelesaikan masalah dunia riil.

Di era revolusi industri 4.0, diperlukan generasi yang memiliki kompetensi 4C (*Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication*). STEAM hadir sebagai salah satu solusi pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, menerapkan pembelajaran berbasis proyek (PjBL), serta mendorong peserta didik untuk menghasilkan solusi kreatif dan inovatif (Howard et al., 2019). Pendekatan STEAM menghapus batasan tradisional antar mata pelajaran, menghubungkan disiplin ilmu sains dan teknis dengan seni, humaniora, dan ilmu sosial. Pendekatan ini menekankan pembelajaran lintas disiplin, memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep kompleks seperti keberlanjutan, teknik, dan teknologi melalui proyek langsung yang praktis dan pengalaman nyata. Dalam kerangka STEAM, matematika tidak lagi dipandang sebagai disiplin yang terisolasi, melainkan sebagai alat dan bahasa yang kuat untuk mendukung aktivitas desain, analisis, dan kreasi dalam domain lainnya (Karakaş & Hıdıroğlu, 2022; Rawani et al., 2023).

Secara paralel, teknologi pencetakan tiga dimensi (3D Printing) telah berkembang pesat dan menjadi lebih terjangkau (Syaifudin et al., 2022). Teknologi ini menawarkan potensi transformatif dalam pendidikan karena memungkinkan materialisasi ide digital menjadi objek fisik yang dapat disentuh, dimanipulasi, dan dianalisis (Šimunović et al., 2025). Dalam pembelajaran matematika, teknologi 3D printing dapat dimanfaatkan sebagai sarana pendukung untuk menghasilkan media pembelajaran yang lebih kontekstual (Pieterse & Nel, 2016). Hasil studi awal menunjukkan bahwa penggunaan objek fisik dari cetakan 3D mampu membantu meningkatkan pemahaman visual-spasial dan keterlibatan siswa (Zhang, 2024)(Chao et al., 2017).

Namun, potensi sinergi antara pendekatan STEAM dan teknologi 3D printing sebagai media pembelajaran matematika yang terstruktur masih belum banyak dieksplorasi. Keterampilan menggunakan perangkat lunak Computer Aided Design (CAD) menjadi salah satu penyebab belum banyaknya peminat teknologi ini digunakan (Kit Ng et al., 2022). Penggunaan teknologi 3D printing dalam pembelajaran matematika tidak hanya membutuhkan kreativitas tetapi juga

keterampilan teknis dalam desain digital serta perangkat cetak yang stabil agar hasilnya sesuai harapan. Sebagian besar penelitian terfokus pada pemanfaatan 3D printing di bidang rekayasa atau seni, atau sekadar sebagai alat demonstrasi guru (Guran et al., 2022).

Selain itu, Barbosa, Vale, dan Alvarenga (2024) menekankan bahwa pemanfaatan Tinkercad dan 3D Printing dalam pendidikan STEAM lebih banyak diarahkan pada engineering design, bukan pada penguatan konsep inti matematika seperti skala. Sebagian besar penelitian sebelumnya tentang 3D Printing lebih banyak berfokus pada bidang rekayasa atau seni, serta hanya digunakan sebagai alat demonstrasi guru, bukan sebagai media pembelajaran matematika yang terintegrasi. Dengan demikian, kesenjangan penelitian yang krusial terletak pada pengembangan media pembelajaran berbasis 3D Printing yang secara sistematis diintegrasikan ke dalam kurikulum matematika melalui pendekatan STEAM, dengan melibatkan siswa secara aktif dalam proses desain digital, perhitungan matematis, dan pencetakan objek fisik untuk memperkuat pemahaman konsep skala.

Kesenjangan penelitian yang krusial terletak pada pengembangan media pembelajaran berbasis 3D printing yang secara sistematis diintegrasikan ke dalam kurikulum matematika melalui pendekatan STEAM, dengan proses desain yang melibatkan siswa secara aktif dan berfokus pada penguatan konsep matematika inti.

Dengan demikian, penelitian ini mengusulkan mengembangkan media pembelajaran berbasis proyek yang memanfaatkan teknologi pencetakan tiga dimensi (3D printing) untuk mengajarkan konsep skala melalui siklus lengkap: merancang (Arts, Engineering), menghitung (Mathematics), mendesain digital (Technology), dan merefleksikan fungsi (Science). Proyek ini tidak hanya bertujuan menciptakan produk fisik, tetapi lebih penting, membangun jalur kognitif yang menghubungkan notasi matematika yang abstrak dengan representasi fisik yang bermakna.

METODE

Penelitian ini dilakukan di SMP Negeri 18 Palembang di kelas VIII dengan jumlah 30 siswa. Metode *Research and Development* (R&D) digunakan sebagai metode penelitian ini dengan tujuan mengembangkan media pembelajaran matematika berbasis STEAM yang memanfaatkan teknologi 3D Printing pada materi skala untuk siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP). Terdapat validator ahli materi dan validator ahli media untuk menilai kesesuaian konten, keterbacaan, desain, serta kualitas produk. ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) sebagai model pengembangan yang digunakan untuk menghasilkan produk pembelajaran yang valid, praktis, serta efektif. Teknik analisis data yang digunakan penelitian ini yakni komentar dari validator ahli materi dan ahli media secara kualitatif; kepraktisan dilihat dari kemudahan siswa dalam penggunaan 3D Printing menyelesaikan permasalahan yang diberikan, serta efektivitas diukur dari hasil belajar siswa (pretest-posttest) menggunakan rumus:

$$N - Gain = \frac{Skor\ posttest - skor\ pretest}{skormaksimum - skor\ pretest}$$

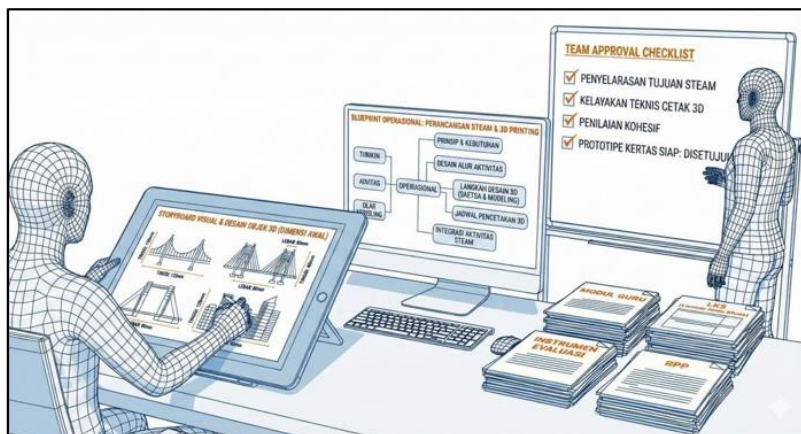
Interpretasi:

N-Gain < 0,3 = rendah

0,3 ≤ N-Gain < 0,7 = sedang

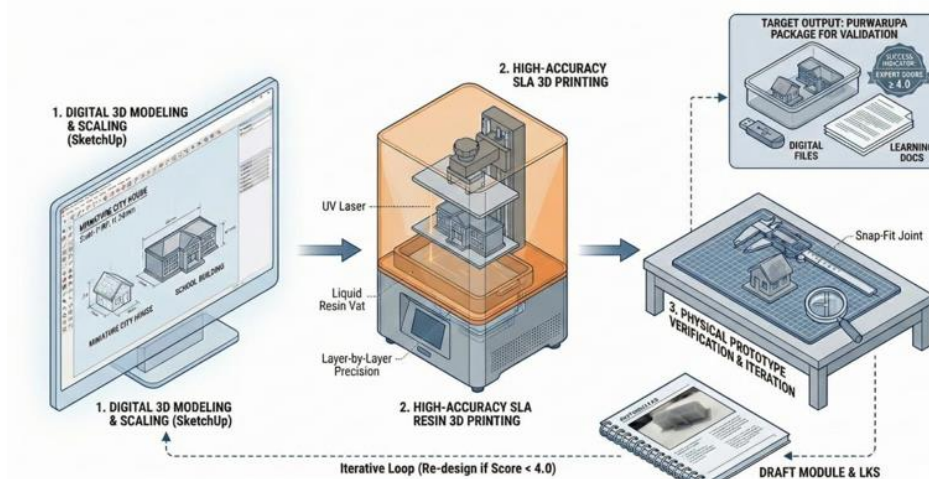
N-Gain ≥ 0,7 = tinggi (Ariyatun & Octavianelis, 2020)

Siklus penelitian dimulai dengan Tahap Analisis sebagai fondasi. Tim melakukan penyelidikan melalui dua jalur: studi literatur untuk memetakan pengetahuan terkini tentang integrasi STEAM dan 3D printing dalam pembelajaran matematika, serta analisis kebutuhan di lapangan dengan melakukan observasi sekaligus wawancara. Fokus observasi yang dilakukan meliputi strategi guru dalam menyampaikan materi, respon siswa terhadap pembelajaran, penggunaan media pembelajaran, dan kendala yang terjadi dalam proses pembelajaran berlangsung. Fokus wawancara yakni guru maupun siswa menjelaskan pengalaman proses belajar mengajar berbasis STEAM dan penggunaan 3D Printing baik kesulitan ataupun kekurangan maupun kelebihan (lebih menarik, interaktif dan konkret untuk membantu memahami konsep skala). Selanjutnya tahap perancangan, tim secara kreatif menerjemahkan prinsip-prinsip dan kebutuhan tersebut menjadi sebuah blueprint operasional. Aktivitas intinya adalah merancang alur pembelajaran berbasis proyek STEAM yang detail, yang secara eksplisit menyisipkan langkah-langkah desain 3D dan jadwal pencetakan dalam alur waktu pembelajaran. Selain itu, disusun sketsa visual dan storyboard untuk desain objek 3D (seperti berbagai tipe bangunan) beserta dimensi awalnya, serta mendraf Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).



Gambar 1. Ilustrasi perancangan alur pembelajaran berbasis STEAM

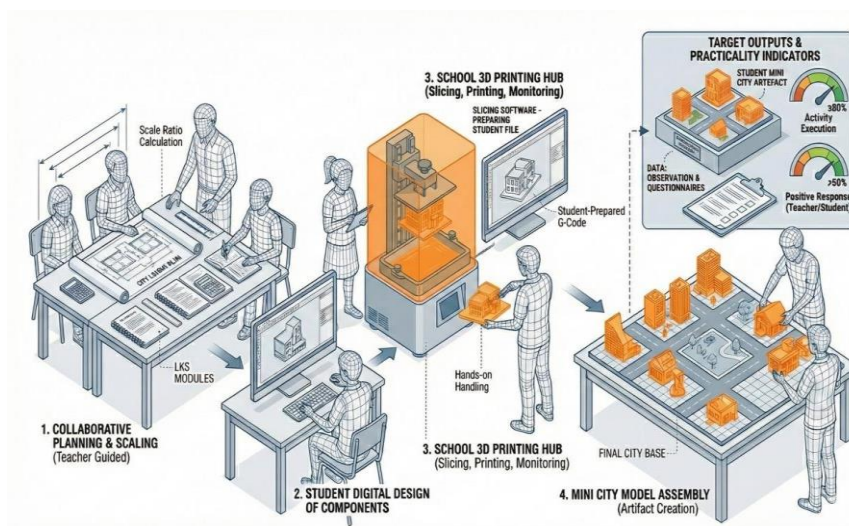
Dilanjutkan tahap pengembangan yang merupakan merupakan fase di mana ide di atas kertas mulai diwujudkan menjadi produk nyata. Tim teknis melakukan pemodelan 3D digital berdasarkan storyboard menggunakan perangkat lunak SketchUp. Setelah desain digital dari komponen-komponen selesai dan dimensinya telah disesuaikan dengan perhitungan skala yang tepat, proses kunci berikutnya adalah mencetak desain tersebut menjadi objek fisik. Pencetakan 3D dilakukan menggunakan printer jenis SLA berbahan resin, dipilih karena akurasi yang baik. Prototipe fisik hasil cetakan ini berfungsi sebagai alat verifikasi utama: apakah ukuran fisik hasil cetak benar-benar merepresentasikan ukuran dunia sesuai skala yang direncanakan? Apakah detail sambungan atau bentuk mencetak dengan baik? Proses ini mungkin diulang beberapa kali untuk penyempurnaan (*iterative prototyping*).



Gambar 2. Skematik pengembangan media ajar matematika menggunakan 3D Printer

Tahap selanjutnya implementasi, selama 4-6 pertemuan, guru akan memandu siswa melalui serangkaian aktivitas proyek dengan menggunakan paket media yang dikembangkan. Pertemuan pertama dilakukannya orientasi dan analisis masalah yakni guru memperkenalkan proyek berbasis STEAM, siswa diajak mengamati contoh nyata (peta, denah, miniatur bangunan). Pertemuan kedua dilakukannya perhitungan skala dan perencanaan desain yakni melakukan pengukuran objek nyata. Pertemuan ketiga dilakukannya desain digital (CAD) yakni siswa belajar menggunakan perangkat lunak pemodelan 3D. Pertemuan keempat dilakukannya proses slicing dan pencetakan 3D. Guru memperkenalkan cara menyiapkan file untuk dicetak (*slicing*) maupun siswa memantau proses pencetakan dengan 3D printing. Pertemuan kelima yakni perakitan dan verifikasi model siswa merakit komponen hasil cetak menjadi miniatur.

Terakhir pertemuan 6 yakni refleksi, siswa akan mengisi Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yakni perhitungan skala dan perencanaan desain, Pada fase inilah teknologi 3D Printing mengalami puncak integrasinya sebagai media belajar hands-on. Setelah siswa dalam kelompok merencanakan tata kota dan melakukan perhitungan skala, mereka akan mendesain komponen kota mereka secara digital. Selanjutnya, desain digital masing-masing kelompok ini akan dicetak menggunakan printer 3D yang tersedia di sekolah. Siswa akan terlibat dalam proses penyiapan file (*slicing*), pemantauan proses cetak, dan penanganan hasil cetak. Model-model fisik hasil cetakan dari setiap kelompok kemudian dirakit.



Gambar 3. Skematik alur implementasi

Tahap terakhir yakni evaluasi berfungsi sebagai ruang refleksi dan penilaian menyeluruh terhadap dampak dan kualitas akhir produk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berupa media pembelajaran yang berbasis STEAM yang memanfaatkan teknologi 3D Printing untuk membantu siswa memahami konsep skala. Produk yang dikembangkan berupa miniatur sederhana yang dicetak menggunakan printer 3D, lembar kerja peserta didik (LKPD), dan modul proyek yang mengintegrasikan unsur STEAM.

LKPD Aktivitas Projek STEAM

Basis 3D Printing

Materi: Skala

“Membuat Miniatur Rumah dengan Skala 1 : 100”



Identitas
 Nama Kelompok :
 Anggota Kelompok :
 Kelas :
 Tanggal :

Orientasi Masalah

Seorang arsitek akan membuat miniatur sebuah rumah untuk dipresentasikan kepada klien. Rumah tersebut memiliki ukuran sebenarnya:

- Panjang = 10 meter
- Lebar = 8 meter
- Tinggi = 6 meter

Agar mudah dipresentasikan, rumah dibuat dalam bentuk miniatur dengan skala 1 : 100 menggunakan printer 3D. Bagaimana menentukan ukuran miniatur yang akan dicetak agar sesuai dengan ukuran rumah sebenarnya?

Alat dan Bahan








Penggaris Kalkulator Laptop Software (SketchUp/Tinkercad) Printer 3D Filamen/Resin

Kegiatan 1: Menentukan Ukuran Model

Diketahui:
Ukuran rumah sebenarnya:

Dimensi	Ukuran Asli
Panjang	10 m
Lebar	8 m
Tinggi	6 m

Skala yang digunakan
1 : 100

Tugas: Hitung ukuran miniatur rumah yang akan dicetak.



Ukuran Asli (Real)

Dibuat menjadi miniatur dengan skala 1 : 100



Ukuran Model (Miniatur)

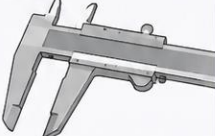
Isilah tabel berikut!

Dimensi	Ukuran Asli	Skala	Ukuran Model
Panjang	10 m	1 : 100	 cm
Lebar	8 m	1 : 100	 cm
Tinggi	6 m	1 : 100	 cm

Ingat!
Skala 1 : 100 berarti setiap 1 satuan pada model sama dengan 100 satuan pada ukuran sebenarnya.

Kegiatan 3: Verifikasi Hasil Cetak 3D

Setelah model dicetak menggunakan printer 3D, lakukan pengukuran kembali.

Tabel Pengamatan

Dimensi	Ukuran Perhitungan (cm)	Ukuran Hasil Cetak (cm)
Panjang		
Lebar		
Tinggi		

Pertanyaan Analisis

- Apakah ukuran hasil cetak sesuai dengan hasil perhitungan skala?
- Jika terdapat perbedaan ukuran, apa penyebabnya?
- Mengapa penggunaan skala penting dalam pembuatan miniatur bangunan?
- Bagaimana hubungan antara ukuran objek sebenarnya dengan ukuran model hasil cetak 3D?

Kegiatan 2: Mendesain Model 3D

1. Buatlah sketsa rumah pada kotak berikut.

2. Masukkan ukuran model ke dalam software (SketchUp/Tinkercad).



3. Buat model rumah sederhana sesuai ukuran hasil perhitungan.



Refleksi STEAM

Science

Apa fungsi miniatur dalam kehidupan nyata?

Technology

Teknologi apa yang digunakan dalam kegiatan ini?

Engineering

Bagaimana proses merancang model agar dapat dicetak dengan baik?

Arts

Bagian mana yang dapat dikreasikan agar model lebih menarik?

Mathematics

Bagaimana konsep skala membantu pembuatan miniatur?

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan yang kalian peroleh dari kegiatan ini.

Gambar 4. Aktivitas 1 pada LKPD

Gambar diatas menunjukkan aktivitas pembelajaran materi skala berbasis pendekatan STEAM yang memanfaatkan teknologi 3D Printing. Aktivitas diawali dengan pemberian permasalahan kontekstual berupa perancangan miniatur tata kota menggunakan skala 1:100. Pada tahap ini siswa diminta menganalisis ukuran objek sebenarnya dan menentukan ukuran model yang akan dibuat berdasarkan konsep skala. Kegiatan tersebut bertujuan untuk membantu siswa memahami hubungan antara ukuran objek nyata dan representasi matematisnya secara lebih konkret.

Selanjutnya siswa melakukan perhitungan dimensi model dan menuangkannya ke dalam desain digital menggunakan perangkat lunak pemodelan tiga dimensi. Tahap ini mengintegrasikan unsur *Mathematics* melalui perhitungan skala, *Technology* melalui penggunaan perangkat lunak desain, serta *Engineering* melalui proses perancangan model yang siap dicetak. Setelah desain selesai, model dicetak menggunakan printer 3D sehingga siswa dapat mengamati secara langsung hasil penerapan konsep skala yang telah dihitung sebelumnya.

Pada tahap verifikasi, siswa mengukur kembali dimensi model hasil cetak dan membandingkannya dengan hasil perhitungan teoritis. Kegiatan ini memungkinkan siswa melakukan validasi terhadap konsep matematika yang dipelajari sekaligus memahami kemungkinan terjadinya penyimpangan ukuran akibat proses manufaktur (Shang & Sun, 2020). Kegiatan analisis setelah proses pengukuran membantu siswa mengasah kemampuan berpikir kritis serta keterampilan dalam memecahkan masalah.

Untuk aspek matematis, kegiatan ini juga mengintegrasikan unsur *Arts* melalui kreativitas dalam merancang bentuk model, serta *Science* melalui diskusi mengenai fungsi dan karakteristik objek yang dibuat. Oleh karena itu, aktivitas pembelajaran tidak semata-mata menekankan penguasaan konsep skala melainkan juga menghadirkan pengalaman belajar interdisipliner yang melibatkan proses mengukur, menghitung, mendesain, membuat, dan mengevaluasi produk nyata. Penggunaan media 3D Printing pada aktivitas ini terbukti mampu menjembatani konsep skala yang abstrak menjadi representasi fisik yang dapat diamati, disentuh, dan dianalisis secara langsung oleh siswa, sehingga meningkatkan pemahaman konseptual dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran.

Pada tahap implementasi, siswa melakukan pengukuran objek nyata, menentukan faktor skala, membuat desain digital menggunakan perangkat lunak pemodelan tiga dimensi, kemudian mencetak model menggunakan printer 3D. Melalui kegiatan tersebut siswa memperoleh pengalaman langsung dalam menghubungkan konsep matematis dengan representasi fisik.

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa media yang dihasilkan mampu merepresentasikan hubungan antara ukuran objek sebenarnya dengan ukuran model secara nyata sehingga konsep skala tidak lagi dipahami sebagai sekadar perhitungan numerik, tetapi juga sebagai proses pemodelan matematis yang dapat diamati secara langsung.

Validasi dilakukan dengan melibatkan dua validator ahli pada bidang materi matematika dan dua validator ahli pada bidang media pembelajaran.

Tabel 1. Hasil dari validasi ahli pada bidang materi

Cakupan penilaian	Persentase (%)
Kesesuaian dengan CP	92
Ketepatan konsep skala	95
Integrasi STEAM	90
Bahasa dan Keterbacaan	88
Rata-rata	91.25

Tabel 2. Hasil dari validasi ahli pada bidang media

Cakupan Penilaian	Persentase (%)
Desain	93
Kemudahan Penggunaan	90
Kualitas Produk 3D	95
Kemenarikan Media	92
Rata-rata	91,88

Berdasarkan hasil validasi, media memperoleh nilai skor rata-rata yakni 91,88% sehingga termasuk kategori sangat valid. Validator menyatakan bahwa media mampu menghubungkan konsep abstrak skala dengan objek nyata melalui representasi tiga dimensi yang mudah diamati siswa. Validasi ahli menegaskan bahwa media ini mampu menjembatani abstraksi matematika dengan representasi visual dan fisik sehingga konsep skala lebih mudah dipahami. Kepraktisan media diukur melalui respons guru dan siswa setelah pembelajaran.

Tabel 3. Hasil respon guru

Cakupan Penilaian	Persentase (%)
Kemudahan implementasi	93
Kesesuaian materi	90
Keterlibatan siswa	95
Efektivitas pembelajaran	92
Rata-rata	92.50

Berdasarkan hasil respons guru, media pembelajaran yang dikembangkan dinilai memiliki keterterapan yang sangat baik dalam pelaksanaan pembelajaran di kelas. Guru menilai media ini budan sekedar inovasi tetapi solusi nyata yang selaras dengan kurikulum dan meningkatkan kualitas pembelajaran. Penilaian yang tinggi pada aspek keterlibatan siswa menunjukkan bahwa penggunaan media berbasis STEAM dan 3D Printing dapat mendorong perubahan pola pembelajaran dari pasif menjadi lebih aktif dan partisipatif. Melalui media ini, siswa tidak hanya menerima materi, tetapi juga terlibat secara langsung dalam kegiatan menghitung, merancang, hingga menghasilkan model. Di samping itu, tingginya skor pada aspek kemudahan implementasi menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan bukan hanya inovatif, tetapi juga praktis, mudah diterapkan, dan dapat digunakan secara efektif dalam situasi pembelajaran nyata tanpa memerlukan penyesuaian yang rumit dari guru. Konsistensi penilaian pada aspek kesesuaian materi dan efektivitas pembelajaran memperkuat bahwa integrasi konsep skala dengan aktivitas proyek 3D Printing selaras dengan tujuan pembelajaran kurikulum, sekaligus memberikan dampak positif terhadap kualitas proses pembelajaran secara keseluruhan.

Tabel 4. Hasil respon siswa

Cakupan Penilaian	Persentase (%)
Kemenarikan media	94
Kemudahan	91
Pemahaman materi	89
Motivasi belajar	95
Rata-rata	92.25

Hasil respons siswa menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis STEAM dan 3D Printing memberikan pengalaman belajar yang menarik dan bermakna. Tingginya tingkat kemenarikan mengindikasikan bahwa penggunaan objek tiga dimensi hasil cetak memberikan stimulus visual dan taktil yang mampu meningkatkan perhatian dan antusiasme siswa selama pembelajaran. Aspek motivasi belajar yang juga tinggi menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam proses desain dan produksi model mendorong munculnya rasa kepemilikan terhadap hasil belajar, sehingga pembelajaran menjadi lebih personal dan bermakna. Sementara itu, meskipun aspek pemahaman materi berada sedikit lebih rendah dibandingkan aspek lain, hal ini tetap menunjukkan bahwa media tersebut efektif dalam membantu siswa mengonstruksi konsep skala melalui pengalaman langsung, bukan hanya melalui perhitungan abstrak. Secara keseluruhan, respons siswa mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran yang menggabungkan teknologi 3D Printing dengan proyek STEAM mampu menciptakan lingkungan belajar yang interaktif, kontekstual, dan mendukung peningkatan motivasi serta pemahaman konsep matematika.

Hasil tersebut mengindikasikan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan berada pada kategori sangat praktis untuk diterapkan dalam pembelajaran matematika. Berdasarkan respons siswa, aktivitas merancang dan mencetak model mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan berbeda dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Selanjutnya, efektivitas media dianalisis melalui perbandingan skor pretest dan posttest yang diberikan kepada 30 siswa. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata nilai pretest sebesar 56,4, sedangkan rata-rata nilai posttest meningkat menjadi 84,7. Peningkatan hasil belajar tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut dengan menghitung nilai N-Gain menggunakan persamaan berikut:

$$N - Gain = \frac{Skor\ posttest - skor\ pretest}{skormaksimum - skor\ pretest}$$

$$N - Gain = \frac{84,7 - 56,4}{100 - 56,4}$$

$$N - Gain = 0,64$$

Nilai N-Gain sebesar 0,64 termasuk dalam kategori sedang dan cenderung mendekati tinggi, sehingga menunjukkan bahwa media yang digunakan cukup efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep skala. Selain itu, peningkatan hasil belajar dengan nilai N-Gain sebesar 0,64 memperlihatkan bahwa penggunaan media tiga dimensi dapat membantu siswa mengaitkan objek nyata dengan bentuk representasi matematisnya secara lebih mudah. Penggunaan teknologi visualisasi spasial berbantuan 3D printing berkontribusi positif terhadap peningkatan kemampuan pemahaman matematika dan keterampilan visual-spasial siswa (Medina Herrera et al., 2024). Teknologi 3D memungkinkan siswa mengamati objek dari berbagai sudut pandang sehingga memperkuat pemahaman geometri dan hubungan proporsional antar dimensi.

Media pembelajaran berbasis 3D Printing yang dikembangkan telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Hasil penelitian ini menghasilkan media ajar berbasis 3D Printing memenuhi kriteia valid secara kualitatif yang divalidasi 3 pakar, praktis digunakan dalam memahami permasalahan, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual serta keterampilan aplikatif siswa pada materi skala melalui pengalaman belajar yang kontekstual dan berbasis proyek. Perolehan skor validasi ahli

yang tinggi menunjukkan bahwa media tersebut sesuai dengan karakteristik materi skala serta mampu memadukan kelima unsur STEAM secara terstruktur.

Dalam aspek matematika, siswa tidak hanya melakukan perhitungan perbandingan skala, tetapi juga menerapkannya secara langsung dalam proses perancangan model. Kegiatan ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan terbentuk melalui pengalaman nyata dan interaksi aktif dengan lingkungan belajar.

Penggunaan 3D Printing memberikan pengalaman multisensori melalui aktivitas melihat, memegang, dan memanipulasi model fisik. Menurut Medina Herrera dkk. (2024), pengalaman multisensori tersebut meningkatkan retensi memori, keterlibatan belajar, dan kemampuan pemecahan masalah siswa (Medina Herrera et al., 2024). Dari perspektif STEAM, proyek yang dilakukan siswa memungkinkan integrasi berbagai disiplin ilmu secara autentik. Unsur *Science* muncul ketika siswa menganalisis fungsi dan karakteristik objek. Unsur *Technology* diwujudkan melalui penggunaan perangkat lunak desain dan printer 3D. Unsur *Engineering* tampak pada proses perancangan dan penyempurnaan model. Unsur *Arts* muncul melalui kreativitas desain, sedangkan unsur *Mathematics* menjadi dasar dalam menentukan faktor skala dan dimensi model.

Pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEAM dapat meningkatkan hasil belajar matematika siswa secara lebih baik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional (Barbosa et al., 2024). Integrasi proyek nyata memberikan kesempatan kepada siswa untuk menerapkan konsep matematika dalam konteks yang bermakna sehingga meningkatkan pemahaman konseptual dan motivasi belajar. Sejalan dengan penelitian terdahulu, teknologi 3D dalam pembelajaran STEAM mampu menciptakan lingkungan belajar interdisipliner yang mendorong kreativitas, kolaborasi, dan kemampuan pemecahan masalah (Kit Ng et al., 2022).

Secara keseluruhan, media pembelajaran berbasis STEAM dan 3D Printing yang dikembangkan berhasil menjembatani kesenjangan antara konsep matematika yang abstrak dengan pengalaman belajar konkret. Proses pengukuran, perhitungan skala, pemodelan digital, dan pencetakan objek memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan bermakna. Melalui kegiatan tersebut, siswa tidak hanya memperoleh pemahaman konsep yang lebih baik, tetapi juga mengembangkan keterampilan abad ke-21 yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran saat ini.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah menghasilkan media pembelajaran matematika berbasis STEAM yang memanfaatkan teknologi 3D Printing pada materi skala untuk siswa SMP dengan menggunakan model pengembangan ADDIE. Temuan penelitian menunjukkan bahwa media yang dikembangkan memiliki tingkat validitas yang sangat tinggi dengan rata-rata skor sebesar 91,88%. Selain itu, media tersebut dinilai sangat praktis berdasarkan respons guru sebesar 92,50% dan respons siswa sebesar 92,25%, serta terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa dengan nilai N-Gain sebesar 0,65. Kenaikan rata-rata hasil belajar dari 56,4 menjadi 84,7 mengindikasikan bahwa perpaduan aktivitas pengukuran, perhitungan skala, pemodelan digital, dan pencetakan objek tiga dimensi dapat membantu siswa memahami konsep skala secara lebih nyata, konkret, dan sesuai dengan konteks kehidupan sehari-hari. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan 3D Printing secara terintegrasi dalam rangkaian pembelajaran berbasis proyek STEAM, sehingga mampu menghubungkan konsep matematika yang bersifat abstrak dengan pengalaman

belajar langsung serta mendukung penguatan keterampilan abad ke-21. Saran penelitian ini yakni eksplorasi pada materi lainnya geometri ruang atau transformasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyatun, A., & Octavianelis, D. F. (2020). Pengaruh Model Problem Based Learning Terintegrasi Stem Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *JEC: Journal of Educational Chemistry*, 2(1), 33. <https://doi.org/10.21580/jec.2020.2.1.5434>
- Barbosa, A., Vale, I., & Alvarenga, D. (2024). The use of Tinkercad and 3D printing in interdisciplinary STEAM education: A focus on engineering design. *STEM Education*. <https://doi.org/10.3934/steme.2024014>
- Chao, J. Y., Po, H. Y., Chang, Y. Sen, & Yao, L. Y. (2017). The study of 3D printing project course for indigenous senior high school students in Taiwan. *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Materials for Science and Engineering: Innovation, Science and Engineering, IEEE-ICAMSE 2016*. <https://doi.org/10.1109/ICAMSE.2016.7840234>
- Fikri, A., Liyana, K. E., Sari, S. P., & Fathan, Y. A. (2025). Analisis Strategi Guru Dalam Menyampaikan Materi Skala Perbandingan Kelas VII Di MTs Al Hidayah Sukatani. 80, 183–188.
- Guran, O., Oflaz, H., & Gunal, İ. (2022). No Significant Effect of 3D Modelling on Surgical Planning in Spinal Deformities. *Acta Ortopedica Brasileira*. <https://doi.org/10.1590/1413-785220223001e248982>
- Howard, P., O'Brien, C., Kay, B., & O'Rourke, K. (2019). Leading educational change in the 21st century: Creating living schools through shared vision and transformative governance. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su11154109>
- Karakas, A., & Hıdıroğlu, Ç. N. (2022). Transdisciplinary Role of Technology in STEM Education. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.52380/mojet.2022.10.4.411>
- Kit Ng, D. T., Tsui, M. F., & Yuen, M. (2022). Exploring the use of 3D printing in mathematics education: A scoping review. In *Asian Journal for Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1177/27527263221129357>
- Medina Herrera, L. M., Juárez Ordóñez, S., & Ruiz-Loza, S. (2024). Enhancing mathematical education with spatial visualization tools. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1229126>
- National Council of Teacher Mathematics. (2020). Excecutive Summary Principle and Standards for School Mathematics. *The Arithmetic Teacher*.
- Phuong, N. L., Hien, L. T. T., Linh, N. Q., Thao, T. T. P., Pham, H. H. T., Giang, N. T., & Thuy, V. T. (2023). Implementation of STEM education: A bibliometrics analysis from case study research in Scopus database. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13216>
- Pieterse, F. F., & Nel, A. L. (2016). The advantages of 3D printing in undergraduate mechanical engineering research. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474526>
- Putri, N. N., Alvira, S., Nurjanah, I. J., Umairroh, U., & Rostika, D. (2023). Analisis Kesulitan Belajar Matematika Siswa Sekolah Dasar Pada Materi Perbandingan dan Skala. *Bussiness Law Binus*.

- Rawani, D., Putri, R. I. I., Zulkardi, & Susanti, E. (2023). RME-based local instructional theory for translation and reflection using of South Sumatra dance context. *Journal on Mathematics Education*, 14(3), 545–562.
- Shang, G., & Sun, C. (2020). Effect of 3D Printing Technology on 3C Product Manufacturing. *World Journal of Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.4236/wjet.2020.84051>
- Šimunović, L., Čimić, S., & Meštrović, S. (2025). Three-Dimensionally Printed Splints in Dentistry: A Comprehensive Review. In *Dentistry Journal*. <https://doi.org/10.3390/dj13070312>
- Syaifudin, A., Effendi, M. K., Pramono, A. S., Kaelani, Y., Ariatedja, J. B., Harnany, D., & Yohanes, Y. (2022). Analisis Efektivitas Pelatihan Singkat 3D Modelling, 3D Scanning dan 3D Printing pada Siswa SMA. *Sewagati*. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i5.283>
- Thom, J. S., McGarvey, L. M., & Markle, J. (2024). Projective geometry and spatial reasoning for STEM learning. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1312845>
- Wijayanti, R., Kurniawan, S. B., & Budhiharto, T. (2023). Analisis pembelajaran matematika materi skala dan perbandingan kelas V sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*. <https://doi.org/10.20961/jpd.v11i1.64475>
- Zhang, H. (2024). Investigating the Use of 3D Printing in Fine Arts Education: A Case Study on Student Artistic Development. *Art and Design Review*. <https://doi.org/10.4236/adr.2024.124020>