ANTHOR
Education and Learning Journal
https://anthor.org/index.php/anthor
Email. anthor.Jurnal@gmail.com
E-ISSN: 2963 –198X P-ISSN: 2963–2498 | Halaman: 581 - 591
Volume 5 Nomor 6 Tahun 2026

Pengembangan Media Pembelajaran Kreatif Cerdas Berbasis Fabrikasi Digital untuk Anak Usia Dini melalui Model ADDIE

Informasi Naskah

Abdul Rahman Prasetyo[1]
Fikri Aulia[2]
Ike Ratnawati[3]

Departemen Seni dan Desain, Fakultas Sastra, Universitas Negeri Malang, Indonesia[1,3]
Departemen Teknologi Pendidikan, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Malang, Indonesia[2]

prasetyo.fs@um.ac.id

Abstrak
Media pembelajaran anak usia dini masih memerlukan inovasi yang mampu memperluas eksplorasi taktil dan stimulasi kreativitas tanpa mengurangi keamanan serta pengalaman bermain konkret. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Media Pembelajaran Kreatif Cerdas berbasis pendidikan fabrikasi digital bagi anak usia dini melalui model ADDIE. Penelitian menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan yang dibatasi pada tahap analisis, desain, dan pengembangan, disertai evaluasi formatif melalui validasi ahli. Produk mengintegrasikan komponen manipulatif hasil fabrikasi digital, aktivitas konstruktif terbuka, dan fitur interaktif sederhana untuk menstimulasi kelancaran, keluwesan, keaslian, dan elaborasi gagasan. Validasi melibatkan tiga ahli media dan tiga ahli materi pendidikan anak usia dini dengan 27 indikator, terdiri atas 15 indikator media dan 12 indikator materi. Data dianalisis melalui rerata, persentase kelayakan, kesenjangan kualitas, dan koefisien Aiken's V untuk relevansi isi instrumen. Hasil pengembangan berupa arsitektur media, prototipe komponen manipulatif, skenario aktivitas eksplorasi, konstruksi, transformasi, dan refleksi, serta prosedur pemeriksaan keselamatan produk. Kualitas produk mencapai 82,22% menurut ahli media dan 83,33% menurut ahli materi, dengan kualitas gabungan 82,72%, sedikit di bawah target operasional 84%. Kesenjangan terbesar terdapat pada keselamatan media dan stimulasi kreativitas, sedangkan rerata koefisien Aiken's V sebesar 0,852 dengan 21 dari 27 indikator mencapai ambang 0,80. Media memerlukan revisi pada aspek keselamatan dan keterbukaan aktivitas kreatif sebelum uji coba, sedangkan kepraktisan dan efektivitasnya terhadap kreativitas anak perlu dibuktikan melalui penelitian lanjutan.

Kata Kunci:
Media Pembelajaran Kreatif Cerdas, Fabrikasi Digital, Anak Usia Dini, Model ADDIE, Validasi Ahli, Kreativitas Anak.

Abstract
Early childhood learning media still require innovations that broaden tactile exploration and stimulate creativity without compromising safety or concrete play experiences. This study aimed to develop Smart Creative Learning Media based on digital fabrication education for early childhood using the ADDIE model. A research and development approach was employed and limited to the analysis, design, and development stages, accompanied by formative evaluation through expert validation. The product integrated digitally fabricated manipulative components, open-ended constructive activities, and simple interactive features to stimulate fluency, flexibility, originality, and elaboration of ideas. Validation involved three media experts and three early childhood education content experts using 27 indicators, comprising 15 media indicators and 12 content indicators. The data were analysed using means, feasibility percentages, quality gaps, and Aiken's V coefficient for instrument content relevance. The development produced a media architecture, prototypes of manipulative components, activity scenarios of exploration, construction, transformation, and reflection, and a product safety inspection procedure. Product quality reached 82.22% according to media experts and 83.33% according to content experts, with a combined quality of 82.72%, slightly below the operational target of 84%. The largest gaps were found in media safety and creativity stimulation, while the mean Aiken's V was 0.852, with 21 of 27 indicators reaching the 0.80 threshold. The media required revision in safety and the openness of creative activities before tryout, while their practicality and effectiveness for children's creativity should be examined in further research.

Keyword:
Smart Creative Learning Media, Digital Fabrication, Early Childhood, ADDIE Model, Expert Validation, Children's Creativity.

Information Production:
© 2026 *by the authors of this article. This work is licensed under an Attribution-ShareAlike* 4.0 *International* (CC BY-SA 4.0)

PENDAHULUAN

Pendidikan anak usia dini (PAUD) merupakan tahapan fundamental dalam membangun fondasi perkembangan kognitif, sosial, emosional, motorik, dan kreativitas anak. Pada periode ini, anak berkembang

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

pesat melalui interaksi langsung dengan lingkungan, pengalaman bermain, dan aktivitas eksplorasi yang melibatkan berbagai indra. Kreativitas menjadi salah satu aspek perkembangan yang penting karena berkaitan dengan kemampuan menghasilkan gagasan, mengembangkan alternatif penyelesaian masalah, dan mengekspresikan pemikiran melalui berbagai bentuk representasi. Pengembangan kreativitas membutuhkan lingkungan belajar yang memberi kesempatan kepada anak untuk bereksperimen, berimajinasi, dan memanipulasi objek secara aktif. Namun, media pembelajaran di sejumlah lembaga PAUD masih didominasi gambar dua dimensi, lembar kerja, dan bahan cetak yang terbatas dalam memfasilitasi pengalaman taktil dan eksplorasi terbuka. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya media pembelajaran yang menghadirkan pengalaman konkret, interaktif, dan fleksibel sesuai dengan karakteristik perkembangan anak.

Pengembangan kreativitas anak usia dini tidak cukup dilakukan melalui aktivitas yang menekankan ketepatan jawaban atau keseragaman hasil belajar. Kreativitas berkaitan dengan kemampuan berpikir divergen yang mencakup kelancaran menghasilkan gagasan (*fluency*), keluwesan mengembangkan alternatif (*flexibility*), keaslian gagasan (*originality*), dan kemampuan memperkaya detail (*elaboration*). Keempat dimensi tersebut dapat distimulasi melalui permainan konstruktif yang memungkinkan anak menyusun, menggabungkan, mengubah, dan mengeksplorasi objek dengan berbagai kemungkinan. Media yang hanya menyediakan satu bentuk jawaban cenderung membatasi eksplorasi dibandingkan media yang memberi ruang bagi beragam susunan dan interpretasi. Kajian mengenai material bermain terbuka (*loose parts*) menunjukkan keterkaitan antara penggunaan bahan yang dapat dipindahkan, digabungkan, dan diubah dengan kemampuan pemecahan masalah, kreativitas, serta berpikir divergen anak (Cankaya dkk., 2023; Cankaya dkk., 2025). Oleh karena itu, pengembangan media kreatif perlu mengutamakan aktivitas yang terbuka, memberi kesempatan mencoba, dan memungkinkan anak membangun pemahaman melalui proses penciptaan.

Landasan konseptual pengembangan media tersebut berakar pada perspektif konstruktivisme dan konstruksionisme. Vygotsky (1978) menjelaskan pentingnya interaksi sosial dan penggunaan alat budaya dalam mendukung perkembangan kemampuan berpikir anak, sehingga media pembelajaran dapat berfungsi sebagai sarana yang memediasi pengalaman konkret, interaksi dengan pendidik, dan pembentukan pengetahuan. Papert (1980) melalui gagasan konstruksionisme menekankan bahwa pembelajaran menjadi bermakna ketika individu terlibat dalam membangun artefak yang dapat diamati, digunakan, dan direfleksikan. Dalam PAUD, prinsip tersebut dapat diwujudkan melalui aktivitas menyusun, memasangkan, membongkar, dan menggabungkan komponen konkret. Dengan demikian, media pembelajaran perlu dirancang bukan sekadar sebagai objek yang diamati, melainkan sebagai perangkat yang mendorong anak membangun pengalaman, menghasilkan konfigurasi baru, dan mengomunikasikan gagasan melalui bermain.

Perkembangan teknologi fabrikasi digital (*digital fabrication*) membuka peluang untuk mengembangkan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan tersebut. Fabrikasi digital merupakan proses menghasilkan objek fisik berdasarkan rancangan digital menggunakan teknologi seperti pencetakan tiga dimensi dan pemotongan laser. Teknologi ini memungkinkan produksi komponen pembelajaran dengan variasi bentuk, ukuran, tekstur, dan tingkat kompleksitas yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pendidikan. Dalam konteks PAUD, fabrikasi digital dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan media manipulatif berupa bentuk geometri, objek bertekstur, kepingan pola, permainan konstruktif, maupun komponen yang dapat dirakit menjadi berbagai konfigurasi. Peppler dan Bender (2013) menjelaskan perkembangan gerakan *maker* sebagai pendekatan yang mendorong inovasi melalui kegiatan penciptaan berbasis proyek, sedangkan Johnston dkk. (2022) menunjukkan bahwa integrasi STEM, STEAM, dan *makerspace* semakin memperoleh perhatian dalam pendidikan anak usia dini sebagai pendekatan yang membuka kesempatan eksplorasi dan pengalaman belajar berbasis pembuatan.

Pemanfaatan fabrikasi digital dalam pendidikan tidak dapat dilepaskan dari prinsip *maker education* yang menempatkan aktivitas mencipta sebagai bagian penting pembelajaran. Pendekatan ini memungkinkan pengalaman belajar berlangsung melalui eksplorasi, percobaan, penemuan, dan penyempurnaan hasil. Kay dan Buxton (2024) menjelaskan bahwa karakteristik ruang cipta berkaitan dengan prinsip pembelajaran efektif pada masa awal perkembangan anak, sehingga aktivitas bermain dapat terhubung dengan pengembangan kemampuan berpikir, kolaborasi, dan kreativitas. Namun, penerapan *maker education* di PAUD memerlukan penyesuaian agar kebutuhan anak usia dini tidak disamakan dengan kebutuhan peserta didik pada jenjang yang lebih tinggi. Peleg dan Levy (2024) menemukan bahwa di ruang cipta taman kanak-kanak, teknologi canggih seperti robotika dan pencetakan tiga dimensi hanya digunakan secara terbatas karena memerlukan penanganan teknis dan pengawasan ketat oleh guru. Anak tidak harus menguasai perangkat pemodelan digital atau mengoperasikan mesin fabrikasi untuk memperoleh manfaat pembelajaran. Teknologi dapat ditempatkan sebagai sarana produksi oleh pendidik atau tenaga terlatih, sementara anak berinteraksi dengan produk akhir melalui aktivitas manipulatif yang sesuai dengan perkembangan dan keselamatannya.

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Integrasi fabrikasi digital juga relevan dengan pendekatan pendidikan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) yang menghubungkan berbagai disiplin melalui pengalaman belajar kreatif. Erol dkk. (2022) menunjukkan kontribusi pendekatan STEAM berbasis cerita terhadap keterampilan pemecahan masalah dan kreativitas anak. Wahyuningsih dkk. (2020) membahas relevansi pembelajaran STEAM dalam PAUD, sedangkan Deák dan Kumar (2024) menjelaskan peran pendidikan STEAM dalam mendukung kompetensi digital dan inovasi berkelanjutan. Temuan tersebut memberikan landasan bahwa media pembelajaran dapat dikembangkan dengan memadukan eksplorasi bentuk, warna, pola, konstruksi, dan hubungan antarkomponen. Unsur seni dalam media tidak hanya berfungsi sebagai hiasan visual, tetapi juga sebagai sarana ekspresi yang memungkinkan anak mengembangkan imajinasi dan menyampaikan gagasan melalui konfigurasi objek.

Meskipun fabrikasi digital berpotensi menghasilkan media konkret, keberhasilan pemanfaatannya tidak hanya ditentukan oleh kualitas teknologi produksi. Media pembelajaran perlu sesuai dengan tujuan pedagogis, mudah dimanipulasi, menarik secara visual, dan memungkinkan pengalaman eksploratif. Salah satu pendekatan yang dapat dikembangkan adalah Media Pembelajaran Kreatif Cerdas (*Smart Creative Learning Media*), yaitu perangkat yang mengintegrasikan objek manipulatif taktil hasil fabrikasi digital dengan lapisan interaktif berbantuan teknologi. Istilah kreatif merujuk pada kemampuan media menstimulasi pengembangan gagasan dan eksplorasi terbuka, sedangkan istilah cerdas mengacu pada mekanisme interaktif yang memberikan respons terhadap tindakan pengguna, seperti penanda warna, umpan balik audio sederhana, atau elemen yang merespons susunan objek. Tinjauan sistematis Komis dkk. (2021) terhadap mainan cerdas pada pendidikan anak usia dini dan sekolah dasar menunjukkan bahwa nilai edukatif mainan tersebut ditentukan oleh keterpaduan antara afordansi teknologis dan tujuan pembelajarannya. Oleh karena itu, fitur interaktif perlu ditempatkan sebagai pendukung pengalaman bermain, bukan sebagai komponen yang mendominasi aktivitas pembelajaran.

Pengembangan media kreatif cerdas juga perlu mempertimbangkan keterbatasan kapasitas perhatian dan pemrosesan informasi anak. Media dengan terlalu banyak warna, fitur, suara, atau instruksi berpotensi menimbulkan beban kognitif yang tidak diperlukan. Oleh karena itu, desain perlu mengutamakan kejelasan visual, kesederhanaan interaksi, konsistensi fungsi, dan keterhubungan setiap komponen dengan tujuan pembelajaran. Media juga harus memberi kesempatan kepada anak untuk mengembangkan berbagai alternatif penyelesaian, bukan hanya merespons benar atau salah terhadap satu susunan. Dengan demikian, kualitas media ditentukan oleh kemampuannya memperkuat pengalaman eksploratif dan berpikir divergen, bukan oleh kompleksitas teknologi yang ditambahkan.

Aspek keselamatan menjadi pertimbangan mendasar dalam pengembangan media berbasis fabrikasi digital bagi anak usia dini. Mesin pencetak tiga dimensi dan pemotong laser tidak dioperasikan langsung oleh anak karena memiliki risiko teknis yang membutuhkan pengendalian khusus, sehingga aktivitas produksi harus dilaksanakan oleh pendidik atau tenaga terlatih melalui prosedur yang sesuai. Produk akhir juga perlu diperiksa ketahanan struktur, ukuran komponen, kualitas permukaan, kemungkinan bagian terlepas, dan kesesuaian materialnya dengan karakteristik pengguna. Objek yang dapat dipasangkan dan dibongkar harus memperhitungkan kemungkinan bahaya tertelan atau cedera akibat bagian yang rusak, sedangkan media yang digunakan bergantian perlu mudah dibersihkan dan dirawat. Prinsip ini menegaskan bahwa inovasi teknologi tidak dapat dipisahkan dari tanggung jawab menjamin keselamatan dan kenyamanan anak selama pembelajaran.

Kebutuhan pengembangan media juga berkaitan dengan keragaman karakteristik peserta didik. Anak memiliki kemampuan motorik, minat, pengalaman, dan kebutuhan bantuan yang berbeda sehingga media yang seragam belum tentu memberikan kesempatan belajar yang setara. Fabrikasi digital memungkinkan penyesuaian ukuran, bentuk, tekstur, tema, dan tingkat kompleksitas komponen berdasarkan kebutuhan pembelajaran, sehingga berpotensi mendukung pembelajaran yang lebih inklusif dan berpusat pada anak. Namun, fleksibilitas produksi tetap perlu mempertimbangkan keterjangkauan biaya, ketahanan material, efisiensi bahan, dan kemudahan perbaikan komponen. Media yang dapat digunakan berulang dan disesuaikan secara bertahap berpotensi memberikan manfaat lebih besar dibandingkan produk yang hanya menarik pada awal penggunaan tetapi sulit dipelihara atau dimodifikasi.

Kesenjangan penelitian yang mendasari pengembangan ini terletak pada belum terintegrasinya inovasi media taktil berbasis fabrikasi digital dengan prosedur evaluasi kualitas produk yang sistematis. Kajian sebelumnya memberikan landasan mengenai potensi *maker education*, STEAM, dan eksplorasi konkret bagi perkembangan kreativitas anak (Brinck dkk., 2023; Erol dkk., 2022; Johnston dkk., 2022; Kay & Buxton, 2024; Peppler & Bender, 2013). Akan tetapi, potensi pendekatan tersebut tidak secara otomatis membuktikan bahwa setiap media hasil fabrikasi digital memiliki kualitas pedagogis yang memadai. Pengembangan produk

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

memerlukan penilaian terhadap ketepatan substansi, keamanan, kemudahan penggunaan, dan kemampuan media mendukung tujuan pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan kerangka penelitian yang tidak berhenti pada penciptaan prototipe, tetapi juga menyediakan mekanisme evaluasi kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan secara terukur.

Model ADDIE yang mencakup *Analysis, Design, Development, Implementation,* dan *Evaluation* relevan digunakan karena menyediakan tahapan sistematis untuk menghubungkan kebutuhan pembelajaran dengan perancangan, produksi, penerapan, dan penyempurnaan media (Branch, 2009). Kevalidan produk dapat dievaluasi melalui penilaian ahli dengan koefisien Aiken's V untuk memeriksa kesesuaian isi indikator (Aiken, 1985). Kepraktisan dapat dikaji melalui respons guru dan keterlaksanaan penggunaan media, sedangkan keefektifan dapat diamati melalui perubahan kreativitas anak menggunakan rubrik berpikir divergen. Untuk data ordinal dengan jumlah peserta terbatas, uji Wilcoxon dapat digunakan untuk membandingkan skor berpasangan, disertai *normalized gain* sebagai gambaran perubahan relatif (Hake, 1998). Kerangka evaluasi tersebut diperlukan agar kualitas media tidak disimpulkan hanya berdasarkan daya tarik visual atau asumsi manfaat teknologi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan Media Pembelajaran Kreatif Cerdas berbasis pendidikan fabrikasi digital bagi anak usia dini melalui model ADDIE serta menguji kelayakan rancangannya melalui validasi ahli media dan ahli materi PAUD. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi teknologi fabrikasi digital sebagai metode produksi, aktivitas manipulatif terbuka sebagai inti pembelajaran, dan kerangka evaluasi kualitas yang mempertimbangkan kevalidan sebagai landasan bagi pengujian kepraktisan dan keefektifan berikutnya. Penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan media PAUD yang tidak hanya inovatif secara teknologis, tetapi juga sesuai dengan karakteristik perkembangan anak, mendukung pembelajaran inklusif, dan memiliki dasar evaluasi yang sistematis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan mengadaptasi model ADDIE yang dikembangkan Branch (2009). Model ADDIE mencakup lima tahap, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation,* dan *Evaluation*. Penelitian ini dibatasi pada tiga tahap awal, yaitu analisis, desain, dan pengembangan, disertai evaluasi formatif melalui validasi ahli, sedangkan tahap implementasi pembelajaran dan evaluasi efektivitas belum dilaksanakan. Produk yang dikembangkan adalah prototipe Media Pembelajaran Kreatif Cerdas berbasis pendidikan fabrikasi digital yang mengintegrasikan objek manipulatif taktil hasil fabrikasi digital dengan fitur interaktif sederhana untuk mendukung pengembangan kreativitas anak usia 5–6 tahun.

Tahap *Analysis* dilakukan melalui kajian kebutuhan pembelajaran, karakteristik perkembangan anak, capaian pembelajaran PAUD, dan identifikasi keterbatasan media yang tersedia. Analisis diarahkan pada kebutuhan aktivitas konkret yang mampu menstimulasi empat dimensi kreativitas, yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Analisis teknis mencakup kemungkinan pemanfaatan pencetakan tiga dimensi dan pemotongan laser, kesesuaian material, serta risiko penggunaan produk oleh anak. Luaran tahap ini berupa spesifikasi kebutuhan pedagogis, fungsional, dan keselamatan media.

Tahap *Design* mencakup penyusunan rancangan produk, bentuk komponen manipulatif, mekanisme interaksi, dan skenario aktivitas pembelajaran. Media dirancang dengan prinsip permainan terbuka yang memungkinkan anak menyusun, memasangkan, mengombinasikan, dan mengembangkan berbagai konfigurasi objek. Lapisan interaktif dikembangkan secara sederhana melalui penanda visual, umpan balik audio, atau respons terhadap tindakan pengguna. Rancangan mengacu pada prinsip konstruktivisme dan konstruksionisme yang menekankan pengalaman langsung dan penciptaan makna melalui manipulasi objek (Papert, 1980; Vygotsky, 1978). Luaran tahap ini mencakup desain visual, model digital, spesifikasi komponen, dan panduan penggunaan.

Tahap *Development* dilakukan melalui pembuatan model digital, produksi prototipe menggunakan teknologi fabrikasi digital, penyelesaian permukaan, perakitan komponen, dan integrasi fitur interaktif. Seluruh proses produksi dilaksanakan oleh tenaga terlatih di fasilitas yang terpisah dari lingkungan anak. Pemeriksaan internal diarahkan pada kualitas bentuk, kekuatan sambungan, ketepatan fungsi, dan identifikasi potensi bahaya berupa bagian kecil, tepi tajam, kerusakan struktur, dan material yang tidak sesuai. Prototipe kemudian divalidasi oleh ahli dan direvisi berdasarkan rekomendasi yang diperoleh.

Validasi melibatkan enam validator yang dipilih secara *purposive*, terdiri atas tiga ahli media pembelajaran dan tiga ahli materi pendidikan anak usia dini. Ahli media mengevaluasi aspek desain, teknologi fabrikasi, keselamatan rancangan, dan interaktivitas, sedangkan ahli materi menilai kesesuaian substansi, perkembangan anak, aktivitas pembelajaran, dan potensi stimulasi kreativitas. Instrumen menggunakan skala

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Likert lima tingkat dengan 27 indikator yang dikelompokkan menurut bidang keahlian sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kisi-Kisi Instrumen Validasi Ahli

Validator	Dimensi Penilaian	Indikator	Butir
Media	Desain komunikasi visual	Bentuk, warna, keterbacaan visual	M1–M3
Media	Kualitas fabrikasi	Presisi, ketahanan, kualitas sambungan	M4–M6
Media	Keselamatan media	Ukuran komponen, tepi, keamanan material	M7–M9
Media	Usabilitas	Kemudahan manipulasi, identifikasi fungsi, perawatan	M10–M12
Media	Interaktivitas	Ketepatan respons, kejelasan umpan balik, kesesuaian fitur	M13–M15
Materi	Relevansi pembelajaran	Tujuan, capaian pembelajaran, kebermaknaan aktivitas	P1–P3
Materi	Kesesuaian perkembangan	Kognitif, motorik, sosial-emosional	P4–P6
Materi	Stimulasi kreativitas	Kelancaran, keluwesan, keaslian gagasan	P7–P9
Materi	Konstruksionisme dan elaborasi	Eksplorasi terbuka, konstruksi objek, pengembangan detail	P10–P12

Penilaian kualitas produk dan relevansi isi indikator dilakukan secara terpisah. Setiap instrumen dilengkapi kolom komentar untuk mengidentifikasi kelemahan produk dan rekomendasi perbaikan.

Data dianalisis secara kuantitatif menggunakan statistik deskriptif berupa rerata, simpangan baku, persentase kelayakan, dan skor setiap dimensi. Persentase kualitas dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P = (\Sigma X / \Sigma X_{maks}) \times 100\%$$

Dengan ΣX adalah jumlah skor yang diperoleh dan ΣX_{maks} adalah jumlah skor maksimum. Rerata setiap dimensi dibandingkan dengan target operasional 4,20 (setara 84% skor maksimum) untuk menentukan kesenjangan kualitas. Validitas isi indikator dianalisis menggunakan koefisien Aiken's V dengan ambang operasional 0,80 (Aiken, 1985). Hasil penilaian ahli media dan ahli materi dilaporkan secara terpisah untuk mempertahankan karakteristik masing-masing bidang, dan perbedaan skor antarvalidator diperiksa sebagai dasar penelaahan terhadap indikator yang belum menunjukkan kesepakatan.

Rekomendasi validator dianalisis dengan mengelompokkan komentar berdasarkan substansi, kualitas media, interaktivitas, perkembangan anak, dan keselamatan. Aspek keselamatan diperlakukan sebagai persyaratan nonkompensatoris sehingga skor tinggi pada aspek lain tidak dapat menutupi ketidaklayakan komponen tertentu. Hasil validasi digunakan untuk menentukan prioritas revisi sebelum produk diuji coba. Kesimpulan penelitian dibatasi pada kelayakan rancangan berdasarkan penilaian ahli, bukan kepraktisan, efektivitas peningkatan kreativitas, ataupun sertifikasi keselamatan produk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tahap *Analysis* menghasilkan rumusan kebutuhan pengembangan Media Pembelajaran Kreatif Cerdas yang mengintegrasikan karakteristik perkembangan anak usia dini, prinsip pembelajaran konkret, dan potensi teknologi fabrikasi digital. Pemetaan berdasarkan kajian literatur dan dokumen penelitian mengidentifikasi kebutuhan media manipulatif yang memungkinkan anak mengembangkan gagasan melalui aktivitas menyusun, memasangkan, membongkar, dan mengombinasikan komponen. Kebutuhan tersebut muncul dari keterbatasan media dua dimensi dalam menyediakan pengalaman taktil dan eksplorasi terbuka. Media yang hanya mengarahkan anak mengikuti satu pola atau menemukan satu jawaban dinilai kurang sesuai untuk menstimulasi kemampuan berpikir divergen yang menjadi sasaran pengembangan.

Hasil analisis diarahkan pada empat dimensi kreativitas, yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*, yang digunakan sebagai dasar penyusunan spesifikasi aktivitas, bukan sebagai hasil pengukuran kreativitas anak. Secara pedagogis, pengembangan mengacu pada konstruktivisme yang menekankan pembentukan pengetahuan melalui interaksi sosial dan manipulasi objek (Vygotsky, 1978) serta konstruksionisme yang menempatkan penciptaan artefak sebagai sarana pembelajaran bermakna (Papert, 1980). Analisis teknologi menunjukkan potensi pencetakan tiga dimensi dan pemotongan laser dalam menghasilkan komponen dengan bentuk, tekstur, dan tingkat kompleksitas yang dapat disesuaikan. Namun, pemanfaatan teknologi dibatasi pada proses produksi oleh tenaga terlatih; anak usia 5–6 tahun ditempatkan sebagai pengguna media akhir, bukan operator perangkat fabrikasi. Keputusan tersebut menjadi dasar persyaratan keamanan material, ukuran komponen, kualitas permukaan, ketahanan sambungan, dan kemudahan pembersihan, sejalan dengan perkembangan *maker education* (Peppler & Bender, 2013) dan kajian integrasi STEM, STEAM, dan *makerspace* pada pendidikan anak usia dini (Johnston dkk., 2022).

Tahap *Design* menghasilkan arsitektur media yang menggabungkan objek manipulatif taktil dengan lapisan interaktif sederhana. Arsitektur tersebut terdiri atas tiga komponen fungsional, yaitu komponen fisik

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

hasil fabrikasi digital, mekanisme interaksi, dan panduan aktivitas pembelajaran. Komponen fisik menyediakan pengalaman eksplorasi bentuk dan tekstur, mekanisme interaksi memberikan respons yang mendukung perhatian dan pemahaman, sedangkan panduan pembelajaran membantu guru mengorganisasikan kegiatan sesuai tujuan perkembangan anak. Spesifikasi setiap komponen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Konseptual Media Pembelajaran Kreatif Cerdas

Komponen	Spesifikasi Rancangan	Fungsi Pedagogis
Objek manipulatif taktil	Bentuk geometri, tekstur, dan komponen modular	Mengembangkan eksplorasi konkret dan koordinasi motorik
Komponen konstruktif	Bagian yang dapat disusun, dipasangkan, dan dikombinasikan	Menstimulasi kelancaran serta keluwesan gagasan
Elemen visual	Variasi warna, bentuk, dan penanda fungsi	Mendukung pengenalan pola serta klasifikasi
Lapisan interaktif	Umpan balik sederhana yang tidak mendominasi aktivitas	Memperkuat perhatian dan respons terhadap tindakan
Kartu aktivitas	Tantangan terbuka dan pertanyaan pemantik	Mendukung penciptaan berbagai alternatif
Panduan guru	Petunjuk penggunaan, pengawasan, dan pemeriksaan media	Menjamin keterarahan pedagogis dan pengendalian risiko

Arsitektur tersebut dirancang untuk mempertahankan karakter bermain yang terbuka. Anak tidak hanya diarahkan memasangkan komponen sesuai satu konfigurasi, tetapi diberi kesempatan mengembangkan berbagai susunan berdasarkan imajinasi dan pengalaman, misalnya mengombinasikan bentuk geometri untuk menghasilkan objek baru, menyusun pola berdasarkan tema tertentu, dan memodifikasi susunan awal menjadi bentuk dengan karakteristik berbeda. Lapisan interaktif dirancang sebagai komponen pendukung yang memberikan umpan balik secara terbatas dan relevan. Penanda visual atau respons audio sederhana digunakan untuk memperjelas hubungan antarkomponen, tetapi tidak dimaksudkan untuk menetapkan satu-satunya jawaban benar, karena umpan balik yang terlalu mengarahkan berpotensi mengurangi kebebasan anak mengembangkan konfigurasi.

Tahap *Development* menerjemahkan rancangan pedagogis menjadi prototipe yang diproduksi melalui teknologi fabrikasi digital. Alur pengembangan meliputi penyusunan model digital, penetapan ukuran dan karakteristik komponen, perencanaan proses fabrikasi, pengaturan mekanisme interaksi, dan penyusunan panduan penggunaan. Komponen manipulatif dirancang dengan bentuk yang mudah dikenali sekaligus cukup fleksibel untuk menghasilkan berbagai konfigurasi. Ketepatan toleransi sambungan menjadi perhatian karena komponen yang terlalu longgar mengurangi kestabilan konstruksi, sedangkan sambungan yang terlalu rapat mempersulit penggunaan. Permukaan produk dirancang tanpa tepi tajam, bagian yang mudah terlepas, atau celah yang menyulitkan pembersihan. Prototipe komponen manipulatif yang dihasilkan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prototipe komponen manipulatif hasil fabrikasi digital

Gambar 1 memperlihatkan prototipe figur karakter anak dengan alas bertema yang merepresentasikan berbagai aktivitas, seperti mengenal makanan bergizi, bekerja dengan perlengkapan keselamatan, dan bermain bersama. Prototipe tersebut dilengkapi buku pendamping aktivitas yang membantu guru mengarahkan kegiatan eksplorasi dan percakapan dengan anak, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498



Gambar 2. Buku pendamping aktivitas pembelajaran

Rancangan aktivitas dikembangkan melalui empat pengalaman belajar yang saling berkaitan, yaitu eksplorasi, konstruksi, transformasi, dan refleksi. Pada aktivitas eksplorasi, anak mengenali karakteristik bentuk, ukuran, tekstur, dan warna. Aktivitas konstruksi mengarahkan anak mengembangkan susunan berdasarkan gagasan yang dipilih, aktivitas transformasi memungkinkan anak mengubah konfigurasi awal menjadi susunan baru, sedangkan refleksi memberi kesempatan menjelaskan hasil, pilihan, dan pengalaman selama bermain. Alur tersebut merupakan rancangan penggunaan media yang didasarkan pada prinsip konstruksionisme, bukan tahapan ADDIE tambahan.

Validasi ahli media melibatkan tiga validator yang mengevaluasi 15 indikator dalam lima dimensi, yaitu desain komunikasi visual, kualitas fabrikasi, keselamatan media, usabilitas, dan interaktivitas. Setiap indikator dinilai menggunakan skala Likert lima tingkat sehingga terdapat 45 skor individual dengan skor maksimum 225. Hasil validasi ahli media disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Media

Dimensi	Ahli 1	Ahli 2	Ahli 3	Skor /45	Persentase
Desain komunikasi visual	14	14	13	41	91,11%
Kualitas fabrikasi	12	13	13	38	84,44%
Keselamatan media	11	11	11	33	73,33%
Usabilitas	12	11	13	36	80,00%
Interaktivitas	13	13	11	37	82,22%
Total	62	62	61	185/225	82,22%

Skor gabungan ahli media sebesar 185 dari maksimum 225 menghasilkan persentase kualitas 82,22% dengan rerata skor individual 4,111. Simpangan baku sampel dari 45 skor individual sebesar 0,573, yang menggambarkan sebaran skor dan bukan reliabilitas instrumen. Dimensi desain komunikasi visual memperoleh nilai tertinggi sebesar 91,11%, yang menunjukkan bahwa bentuk, warna, dan simbol visual dinilai sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Dimensi kualitas fabrikasi memperoleh 84,44% pada presisi ukuran, ketahanan sambungan, dan kualitas penyelesaian permukaan. Dimensi keselamatan media memperoleh skor terendah, yaitu 73,33%; pada tingkat indikator, pemeriksaan ukuran komponen dan risiko tertelan hanya memperoleh skor 10 dari maksimum 15 atau 66,67%. Dimensi usabilitas mencapai 80,00% dan interaktivitas 82,22%, yang menunjukkan perlunya penyederhanaan mekanisme penggunaan, peningkatan kejelasan fungsi, dan penguatan hubungan antara umpan balik interaktif dan tujuan pembelajaran.

Validasi materi melibatkan tiga ahli pendidikan anak usia dini yang mengevaluasi 12 indikator dalam empat dimensi, yaitu relevansi pembelajaran, kesesuaian perkembangan, stimulasi kreativitas, serta konstruksionisme dan elaborasi. Terdapat 36 skor individual dengan skor maksimum 180. Hasil validasi ahli materi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi PAUD

Dimensi	Ahli 1	Ahli 2	Ahli 3	Skor /45	Persentase
Relevansi pembelajaran	13	14	14	41	91,11%
Kesesuaian perkembangan	12	12	12	36	80,00%
Stimulasi kreativitas	12	12	11	35	77,78%
Konstruksionisme dan elaborasi	13	13	12	38	84,44%
Total	50	51	49	150/180	83,33%

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Persentase kualitas ahli materi sebesar 83,33% diperoleh dari skor 150 terhadap skor maksimum 180, dengan rerata kualitas 4,167 pada skala lima dan simpangan baku sampel 0,561 dari 36 skor individual. Dimensi relevansi pembelajaran memperoleh nilai tertinggi sebesar 91,11%, yang menunjukkan keterhubungan yang kuat antara karakteristik media, tujuan pembelajaran PAUD, dan pengalaman manipulatif konkret. Dimensi kesesuaian perkembangan memperoleh 80,00%, sehingga kompleksitas tugas, kesesuaian dengan kemampuan motorik, dan kebutuhan interaksi sosial-emosional perlu ditelaah lebih lanjut. Dimensi stimulasi kreativitas memperoleh skor terendah sebesar 77,78%; secara khusus, indikator keaslian gagasan (*originality*) memperoleh skor 10 dari maksimum 15 atau 66,67%. Dimensi konstruksionisme dan elaborasi memperoleh 84,44%, yang menunjukkan bahwa media telah memberi ruang bagi penciptaan artefak yang bermakna.

Analisis gabungan dilakukan untuk menggambarkan profil kualitas rancangan berdasarkan kedua kelompok ahli. Karena jumlah indikator setiap kelompok berbeda, persentase gabungan dihitung dari total skor seluruh penilaian, bukan dari rerata sederhana persentase kedua kelompok. Rekapitulasi hasil validasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Validasi Enam Ahli

Kelompok	Jumlah Ahli	Indikator	Skor	Rerata	Kualitas
Ahli media	3	15	185/225	4,111	82,22%
Ahli materi PAUD	3	12	150/180	4,167	83,33%
Gabungan	6	27	335/405	4,136	82,72%

Total skor sebesar 335 dari maksimum 405 menghasilkan persentase kualitas gabungan 82,72%. Berdasarkan target operasional rerata 4,20 atau setara 84% skor maksimum, hasil tersebut belum mencapai target. Selain itu, terdapat kelemahan pada indikator kritis keselamatan sehingga nilai agregat tidak dapat digunakan untuk menyatakan bahwa produk layak langsung digunakan oleh anak.

Relevansi isi instrumen dianalisis secara terpisah menggunakan Aiken's V. Setiap indikator dinilai oleh tiga ahli pada rentang relevansi 1–5 menggunakan persamaan berikut.

$$V = \Sigma(r - l_0) / [n(c - 1)] \qquad \text{(Aiken, 1985)}$$

Dengan r adalah skor relevansi, l_0 skor minimum, n jumlah ahli, dan c banyaknya kategori. Sebagai contoh, indikator kejelasan dan kestabilan umpan balik interaktif (M14) memperoleh skor relevansi 4, 4, dan 3 sehingga koefisien Aiken's V dihitung sebagai berikut.

$$V = [(4 - 1) + (4 - 1) + (3 - 1)] / [3(5 - 1)] = 8/12 = 0{,}667$$

Rekapitulasi koefisien Aiken's V untuk seluruh indikator disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Aiken's V

Kelompok	Rerata Aiken's V	Nilai Minimum	Indikator V ≥ 0,80
Ahli media	0,856	0,667	12 dari 15
Ahli materi PAUD	0,847	0,667	9 dari 12
Gabungan deskriptif	0,852	0,667	21 dari 27

Sebanyak enam indikator memiliki koefisien di bawah ambang operasional 0,80, yaitu M06, M11, M14, P06, P09, dan P12. Nilai terendah terdapat pada M14 dan P09, masing-masing sebesar 0,667, yang berkaitan dengan kualitas umpan balik interaktif dan kemampuan media mendorong gagasan orisinal. Pemeriksaan terhadap skor kualitas juga menunjukkan persentase kesepakatan tepat antarpasangan validator sebesar 46,67% pada kelompok ahli media dan 50,00% pada kelompok ahli materi. Seluruh pasangan penilaian memiliki perbedaan paling besar satu kategori. Angka ini menunjukkan kedekatan penilaian secara deskriptif, tetapi belum cukup untuk menyimpulkan reliabilitas antarpenilai yang tinggi.

Untuk menentukan arah penyempurnaan, rerata setiap dimensi dibandingkan dengan target operasional 4,20. Kesenjangan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$G = \text{maks}(0;\ 4{,}20 - \text{rerata dimensi})$$

Semakin besar nilai G, semakin jauh dimensi tersebut berada di bawah target. Hasil analisis kesenjangan dan prioritas penyempurnaan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Kesenjangan dan Prioritas Penyempurnaan

Dimensi	Rerata	Kesenjangan	Arah Penyempurnaan
Desain komunikasi visual	4,556	0,000	Pertahankan konsistensi visual
Kualitas fabrikasi	4,222	0,000	Verifikasi ketahanan secara fisik

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Keselamatan media	3,667	0,533	Revisi wajib dan pemeriksaan risiko
Usabilitas	4,000	0,200	Sederhanakan mekanisme penggunaan
Interaktivitas	4,111	0,089	Perjelas umpan balik dan relevansi respons
Relevansi pembelajaran	4,556	0,000	Pertahankan keterpaduan tujuan
Kesesuaian perkembangan	4,000	0,200	Sesuaikan kompleksitas aktivitas
Stimulasi kreativitas	3,889	0,311	Perluas kemungkinan eksplorasi orisinal
Konstruksionisme dan elaborasi	4,222	0,000	Perkuat dokumentasi aktivitas konstruktif

Kesenjangan terbesar terdapat pada keselamatan media sebesar 0,533 poin, diikuti stimulasi kreativitas sebesar 0,311 poin. Perbaikan keselamatan diarahkan pada pengendalian risiko fisik produk melalui pemeriksaan ukuran komponen, penguatan sambungan, penyempurnaan permukaan, dan verifikasi informasi keselamatan material. Perbaikan kreativitas diarahkan pada penambahan tantangan konstruktif terbuka, variasi kemungkinan penggabungan objek, dan pertanyaan pemantik yang mendorong anak menjelaskan hasil ciptaannya. Fitur interaktif juga perlu ditinjau agar respons yang diberikan mendukung eksplorasi, bukan mengarahkan anak secara berlebihan pada satu penyelesaian. Karena keputusan revisi bersifat nonkompensatoris, hasil validasi mengarah pada rekomendasi revisi rancangan dan pemeriksaan keselamatan sebelum uji coba, bukan keputusan bahwa produk telah memenuhi syarat penggunaan.

Pembahasan

Pengembangan Media Pembelajaran Kreatif Cerdas berbasis fabrikasi digital menghubungkan inovasi manufaktur dengan kebutuhan belajar konkret anak usia dini. Kontribusi utamanya bukan terletak pada penggunaan pencetakan tiga dimensi atau pemotongan laser sebagai teknologi baru, melainkan pada pemanfaatan kemampuan fabrikasi untuk menghasilkan objek manipulatif yang mendukung pembelajaran berbasis pengalaman. Dalam kerangka konstruktivisme, interaksi anak dengan media menjadi sarana pembentukan pengetahuan melalui aktivitas mencoba, mengelompokkan, dan menyusun, sedangkan konstruksionisme menambahkan bahwa penciptaan konfigurasi atau artefak memberi peluang bagi anak membangun makna melalui hasil yang dapat diamati dan diceritakan (Papert, 1980; Vygotsky, 1978). Tingginya skor relevansi pembelajaran (91,11%) dan konstruksionisme dan elaborasi (84,44%) menunjukkan bahwa landasan tersebut telah tercermin dalam rancangan media. Temuan ini sejalan dengan Brinck dkk. (2023) yang menunjukkan bahwa kegiatan yang memadukan interaksi bermain dengan teknologi, pembuatan artefak nyata, serta dokumentasi dan refleksi mendukung pemanfaatan teknologi secara efektif di PAUD; pola serupa terdapat pada alur eksplorasi, konstruksi, transformasi, dan refleksi dalam media yang dikembangkan.

Media berbasis fabrikasi digital memiliki potensi diferensiasi yang relevan dengan keragaman kemampuan anak karena ukuran, tekstur, bentuk, dan jumlah komponen dapat dirancang sesuai tujuan aktivitas. Namun, kemampuan menghasilkan variasi produk tidak secara otomatis menjamin kualitas pembelajaran. Media yang kompleks atau sulit digunakan dapat membebani anak dan mengalihkan perhatian dari pengalaman inti. Skor usabilitas dan kesesuaian perkembangan yang masing-masing sebesar 80,00% menegaskan perlunya keseimbangan antara kompleksitas desain dan kapasitas pengguna. Dari perspektif *maker education*, pengalaman belajar bermakna terbentuk ketika peserta didik memperoleh kesempatan bereksplorasi dan mencipta (Peppler & Bender, 2013), dan *makerspace* serta STEAM relevan bagi pendidikan anak usia dini (Johnston dkk., 2022). Pada jenjang PAUD, kegiatan membuat tidak harus berarti mengoperasikan mesin fabrikasi atau perangkat desain digital, terlebih karena penggunaan teknologi fabrikasi di kelas menuntut penanganan teknis dan pengawasan yang intensif dari guru (Peleg & Levy, 2024); anak dapat terlibat dalam penciptaan melalui manipulasi komponen yang diproduksi secara aman oleh tenaga terlatih.

Pengembangan lapisan interaktif juga menghadirkan persoalan pedagogis. Fitur cerdas dapat memperjelas respons terhadap tindakan, tetapi harus tetap memberi ruang bagi penemuan dan eksplorasi. Umpan balik yang selalu menetapkan satu konfigurasi sebagai jawaban benar berpotensi membatasi keaslian gagasan. Hal ini tercermin dalam hasil validasi, yaitu stimulasi kreativitas memperoleh skor lebih rendah (77,78%) dibandingkan relevansi pembelajaran (91,11%), dan indikator keaslian gagasan serta umpan balik interaktif (P09 dan M14) memiliki koefisien Aiken's V terendah. Komis dkk. (2021) menegaskan bahwa afordansi teknologis mainan cerdas perlu diselaraskan dengan tujuan edukatifnya, sedangkan kajian *loose parts* menunjukkan bahwa material terbuka lebih banyak memberi ruang bagi berpikir divergen (Cankaya dkk., 2023; Cankaya dkk., 2025). Oleh karena itu, media perlu mempertahankan karakter permainan terbuka yang memungkinkan anak menghasilkan beberapa alternatif, mencoba strategi baru, dan mengembangkan bentuk yang berbeda dari contoh. Pendidikan STEAM juga menempatkan seni bukan sekadar unsur dekoratif, melainkan sarana eksplorasi, representasi, dan pengembangan gagasan (Deák & Kumar, 2024; Erol dkk., 2022;

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Wahyuningsih dkk., 2020), sehingga media taktil perlu memberi kesempatan bagi anak mengeksplorasi bentuk, warna, tekstur, dan konfigurasi sebagai sarana ekspresi, bukan semata-mata alat latihan klasifikasi atau pencocokan.

Dari perspektif keselamatan, media hasil fabrikasi digital memerlukan pemeriksaan yang lebih luas daripada kualitas visual dan presisi produksi. Benda yang digunakan berulang dapat mengalami penurunan ketahanan akibat benturan, tekanan, atau pembersihan, dan sambungan yang awalnya stabil dapat menjadi longgar. Skor keselamatan media yang terendah (73,33%), terutama pada indikator ukuran komponen dan risiko tertelan (66,67%), menegaskan bahwa aspek ini merupakan prioritas revisi utama. Pemeriksaan keselamatan harus mencakup material, struktur, ukuran komponen, serta prosedur penggunaan dan perawatan. Penilaian validator terhadap rancangan membantu mengidentifikasi potensi risiko, tetapi tidak menggantikan pengujian fisik dan kepatuhan terhadap standar keselamatan produk anak.

Hasil analisis multidimensi juga menunjukkan pentingnya membedakan kelayakan substansi, kualitas produk, dan relevansi instrumen. Persentase kelayakan menggambarkan penilaian kualitas berdasarkan aspek yang diamati, sedangkan Aiken's V memberikan informasi mengenai kesesuaian isi indikator; kedua ukuran tersebut tidak dapat dipertukarkan. Indikator instrumen dapat sangat relevan, tetapi produk yang dinilai melalui indikator tersebut tetap menunjukkan kelemahan, sebagaimana terlihat ketika indikator keselamatan memiliki relevansi isi tinggi tetapi skor kualitas produknya relatif rendah. Dengan hanya tiga validator pada setiap kelompok, koefisien Aiken's V juga memiliki ketidakpastian sehingga perlu dilengkapi penelaahan kualitatif terhadap definisi operasional dan masukan ahli.

Pemilihan ADDIE memungkinkan analisis kebutuhan, desain, pengembangan, dan evaluasi formatif diorganisasikan secara sistematis. Branch (2009) menempatkan evaluasi sebagai unsur yang mendukung perbaikan berkelanjutan dalam desain instruksional. Dalam penelitian ini, pembatasan sampai validasi ahli berarti evaluasi diarahkan pada kelayakan rancangan dan masukan perbaikan, sehingga belum terdapat dasar untuk menyimpulkan kepraktisan penggunaan oleh guru atau efektivitas media dalam meningkatkan kreativitas anak. Keterbatasan tersebut juga menentukan teknik analisis: uji Wilcoxon dan *normalized gain* (Hake, 1998) baru relevan ketika pembelajaran dilaksanakan dan skor kreativitas anak sebelum dan sesudah penggunaan produk tersedia.

Secara keseluruhan, Media Pembelajaran Kreatif Cerdas berbasis pendidikan fabrikasi digital memberikan kontribusi dalam mengintegrasikan media manipulatif, aktivitas konstruktif terbuka, interaktivitas sederhana, dan prosedur evaluasi yang sesuai dengan kebutuhan PAUD. Hasil validasi menunjukkan profil kualitas yang berbeda antardimensi, sehingga keputusan perbaikan tidak cukup ditentukan melalui skor keseluruhan. Keselamatan, kesesuaian perkembangan, dan stimulasi kreativitas harus menjadi dasar pengembangan yang saling melengkapi sebelum media diuji coba dalam pembelajaran.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan Media Pembelajaran Kreatif Cerdas berbasis pendidikan fabrikasi digital bagi anak usia dini melalui model ADDIE yang dibatasi pada analisis, desain, pengembangan, dan evaluasi formatif melalui validasi ahli. Media mengintegrasikan objek manipulatif taktil hasil fabrikasi digital, aktivitas konstruktif terbuka, dan interaktivitas sederhana untuk mendukung kelancaran, keluwesan, keaslian, dan elaborasi gagasan anak. Validasi oleh tiga ahli media dan tiga ahli materi PAUD menghasilkan persentase kualitas sebesar 82,22% dan 83,33%, dengan kualitas gabungan 82,72% yang sedikit di bawah target operasional 84%. Rerata koefisien Aiken's V sebesar 0,852, dengan 21 dari 27 indikator mencapai ambang 0,80. Kesenjangan terbesar terdapat pada keselamatan media dan stimulasi kreativitas, sehingga kedua aspek tersebut menjadi prioritas revisi. Disarankan agar pengembang media merevisi ukuran komponen, kekuatan sambungan, dan permukaan produk serta memperluas tantangan konstruktif terbuka sebelum uji coba, sedangkan peneliti selanjutnya menguji keamanan produk fisik, kepraktisan penggunaan oleh guru, dan efektivitas media terhadap kreativitas anak dalam pembelajaran.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Malang atas dukungan pendanaan penelitian ini pada tahun 2026 berdasarkan kontrak nomor 14.4.2039/UN32.14.1/LT/2026. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para validator ahli media dan ahli materi pendidikan anak usia dini atas penilaian serta masukan yang diberikan dalam penyempurnaan media.

REFERENSI

Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and*

e-ISSN: 2963 – 198X
p-ISSN: 2963 – 2498

Psychological Measurement, 45(1), 131–142. https://doi.org/10.1177/0013164485451012

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

Brinck, J., Leinonen, T., Lipponen, L., & Kallio-Tavin, M. (2023). Open design pedagogy: Revealing openness in early childhood education with digital technology. *International Journal of Education through Art, 19*(2), 223–240. https://doi.org/10.1386/eta_00128_1

Cankaya, O., Martin, M., & Haugen, D. (2025). The relationship between children's indoor loose parts play and cognitive development: A systematic review. *Journal of Intelligence, 13*(5), 52. https://doi.org/10.3390/jintelligence13050052

Cankaya, O., Rohatyn-Martin, N., Leach, J., Taylor, K., & Bulut, O. (2023). Preschool children's loose parts play and the relationship to cognitive development: A review of the literature. *Journal of Intelligence, 11*(8), 151. https://doi.org/10.3390/jintelligence11080151

Deák, C., & Kumar, B. (2024). A systematic review of STEAM education's role in nurturing digital competencies for sustainable innovations. *Education Sciences, 14*(3), 226. https://doi.org/10.3390/educsci14030226

Erol, A., Erol, M., & Başaran, M. (2022). The effect of STEAM education with tales on problem-solving and creativity skills. *European Early Childhood Education Research Journal, 31*(2), 243–258. https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2081347

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Johnston, K., Kervin, L., & Wyeth, P. (2022). STEM, STEAM and makerspaces in early childhood: A scoping review. *Sustainability, 14*(20), 13533. https://doi.org/10.3390/su142013533

Kay, L., & Buxton, A. (2024). Makerspaces and the characteristics of effective learning in the early years. *Journal of Early Childhood Research, 22*(2), 218–232. https://doi.org/10.1177/1476718X231210633

Komis, V., Karachristos, C., Mourta, D., Sgoura, K., Misirli, A., & Jaillet, A. (2021). Smart toys in early childhood and primary education: A systematic review of technological and educational affordances. *Applied Sciences, 11*(18), 8653. https://doi.org/10.3390/app11188653

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.

Peleg, A., & Levy, S. T. (2024). On the inter-relationships between teachers, technologies, and children in makerspace environments: A comparative case study in kindergarten classrooms. *Journal of Research in Childhood Education, 38*(3), 405–432. https://doi.org/10.1080/02568543.2023.2282662

Peppler, K., & Bender, S. (2013). Maker movement spreads innovation one project at a time. *Phi Delta Kappan, 95*(3), 22–27. https://doi.org/10.1177/003172171309500306

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wahyuningsih, S., Nurjanah, N. E., Rasmani, U. E. E., Hafidah, R., Pudyaningtyas, A. R., & Syamsuddin, M. M. (2020). STEAM learning in early childhood education: A literature review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education, 4*(1), 33–44.