Ilmu Pendidikan: Jurnal Kajian Teori dan Praktik Kependidikan, 11(5), 2026, 195-207

Pengembangan Kit Ekosistem Belajar Keluarga Berbasis Manufaktur Pencetakan Tiga Dimensi dan Sistem Pelacakan Analitik Pembelajaran untuk Pendidikan Keluarga Berkelanjutan

Ica Purnamasari[1]*, Rezka Arina Rahma[1], Dwi Hera Prasetya Ningsih[1], Meilia Fitria Wardani[1], Adinda Eka Lailatun Nuronia[1], Azka Fathiyah Elmiani Mahmudatan[1], Alayya Yusinta Chaerunnissa[1], Rahayu Asyhari[2]

[1]Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia
[2]KB/TK Laboratorium Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia
*Corresponding author, email: ica.purnamasari.fip@um.ac.id

https://doi.org/10.17977/2549-7774.006830

Article history
Submitted: 05 Juni 2026
Revised: 22 Juni 2026
Accepted: 17 Juli 2026
Published: 22 Agustus 2026

Keywords
3D printing
Design research
Expert validation
Family education
Learning analytics

Abstract
Pendidikan keluarga membutuhkan perangkat yang mengintegrasikan aktivitas pembelajaran konkret, panduan pendampingan orang tua, dan umpan balik berkelanjutan. Namun, ketiga komponen tersebut masih jarang dipadukan dalam satu rancangan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Kit Ekosistem Belajar Keluarga berbasis manufaktur pencetakan tiga dimensi dan sistem pelacakan analitik pembelajaran untuk mendukung pendidikan keluarga berkelanjutan. Penelitian menggunakan pendekatan design research dengan mengadaptasi model Plomp, meliputi penelitian pendahuluan, pengembangan purwarupa, validasi ahli, dan revisi, tanpa melaksanakan asesmen lapangan. Sebanyak sembilan ahli, masing-masing tiga ahli media dan manufaktur, pedagogi keluarga, serta teknologi informasi, menilai 36 indikator dalam 12 dimensi. Data dianalisis menggunakan rerata, persentase kualitas, analisis kesenjangan terhadap target operasional sebesar 4,20, dan koefisien Aiken's V. Kit yang dikembangkan mengintegrasikan perangkat taktil hasil pencetakan tiga dimensi, panduan aktivitas keluarga, dan sistem analitik yang mencatat kegiatan serta merangkum perkembangan belajar. Hasil validasi menunjukkan kualitas gabungan sebesar 78,52 persen dengan rerata 3,926, yang terdiri atas pedagogi keluarga sebesar 82,22 persen, media dan manufaktur sebesar 78,89 persen, serta teknologi informasi sebesar 74,44 persen. Dimensi dengan kualitas terendah adalah privasi dan keamanan sebesar 64,44 persen serta keselamatan produk sebesar 66,67 persen. Rerata Aiken's V mencapai 0,861, dengan 30 dari 36 indikator memenuhi ambang 0,80. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kit berhasil mengintegrasikan perangkat fisik, aktivitas pembelajaran keluarga, dan umpan balik digital, tetapi kualitas rancangannya belum mencapai target operasional. Oleh karena itu, keselamatan produk dan perlindungan data menjadi prioritas utama revisi sebelum pengujian bersama keluarga.

1. Pendahuluan

Keluarga merupakan lingkungan pendidikan pertama yang berperan fundamental dalam membentuk pengetahuan, kebiasaan, nilai, dan keterampilan belajar sepanjang hayat. Sebelum anak memasuki pendidikan formal, keluarga telah menjadi ruang utama interaksi edukatif melalui komunikasi, permainan, pembiasaan, dan pengalaman sehari-hari, dan peran tersebut terus berlanjut ketika anak bersekolah melalui pendampingan, penguatan pemahaman, dan pengalaman belajar bersama. Namun, potensi keluarga sebagai ekosistem pendidikan belum selalu didukung oleh perangkat pembelajaran yang mampu memadukan aktivitas edukatif, keterlibatan anggota keluarga, dan mekanisme pemantauan perkembangan belajar. Keterbatasan panduan dan media yang sesuai membuat pendampingan belajar di rumah berisiko berlangsung tidak terstruktur, bergantung pada inisiatif sesaat, dan sulit dievaluasi keberlanjutannya.

Keterlibatan keluarga merupakan faktor penting bagi kesinambungan pengalaman belajar antara rumah, sekolah, dan masyarakat. Epstein (1995) merumuskan enam bentuk keterlibatan dalam kemitraan sekolah, keluarga, dan komunitas, yaitu pengasuhan, komunikasi, kesukarelawanan, pembelajaran di rumah, pengambilan keputusan, dan kolaborasi dengan komunitas. Meta-analisis terhadap 448 studi menunjukkan bahwa keterlibatan orang tua berasosiasi positif dengan penyesuaian akademik, sosial, dan emosional anak, tetapi bantuan pekerjaan rumah justru berasosiasi negatif dengan capaian akademik (Barger dkk., 2019). Meta-analisis tiga tingkat terhadap 28 studi juga menemukan hubungan negatif yang lemah antara keterlibatan orang

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

tua dalam pekerjaan rumah dan capaian siswa, dengan dukungan otonomi sebagai satu-satunya dimensi yang berhubungan positif (Xu dkk., 2024), sedangkan harapan pendidikan orang tua terbukti memprediksi perubahan capaian anak secara longitudinal (Pinquart & Ebeling, 2020). Program yang dirancang untuk meningkatkan keterlibatan orang tua pada anak usia prasekolah hingga kelas tiga juga terbukti memberikan efek positif sedang terhadap luaran akademik dan sosial-emosional anak (Cosso dkk., 2022). Temuan tersebut menegaskan bahwa keterlibatan keluarga tidak cukup diwujudkan melalui instruksi atau pengawasan penyelesaian tugas, tetapi memerlukan aktivitas yang mendorong interaksi, eksplorasi, komunikasi, dan penciptaan makna bersama. Kesibukan orang tua, keterbatasan pengetahuan pedagogis, dan perbedaan sumber daya keluarga dapat memengaruhi konsistensi pendampingan, sehingga diperlukan perangkat yang mudah digunakan, memiliki tujuan aktivitas yang jelas, dan dapat diintegrasikan ke dalam rutinitas keluarga tanpa menuntut kompetensi teknis yang kompleks.

Secara teoretis, kebutuhan tersebut berlandaskan konstruksionisme dan perspektif sosiokultural. Papert (1980) menjelaskan bahwa pembelajaran menjadi bermakna ketika individu terlibat aktif membangun artefak yang dapat digunakan, diamati, dan direfleksikan; dalam keluarga, prinsip ini dapat diwujudkan melalui aktivitas menyusun, merakit, mengombinasikan, dan menciptakan objek konkret secara bersama. Vygotsky (1978) menekankan peran interaksi sosial dan mediasi alat budaya dalam perkembangan berpikir, sehingga orang tua atau anggota keluarga yang lebih berpengalaman dapat berperan sebagai pendamping yang membantu anak mencapai kemampuan yang belum dapat dilakukan secara mandiri. Kajian tentang material bermain terbuka juga menunjukkan bahwa aktivitas konstruktif dengan bahan yang dapat dipindahkan, digabungkan, dan diubah berkaitan dengan pemecahan masalah dan berpikir divergen anak (Cankaya dkk., 2023). Tinjauan sistematis terhadap 155 studi antarmuka taktil pada pendidikan anak usia dini juga menunjukkan bahwa objek manipulatif merupakan bentuk yang paling banyak dikembangkan, meskipun bukti empiris tentang manfaatnya terhadap perolehan pengetahuan anak masih perlu diperkuat (Dujić Rodić & Granić, 2022). Dengan demikian, perangkat pendidikan keluarga perlu memfasilitasi aktivitas manipulatif sekaligus menyediakan ruang interaksi sosial yang bermakna.

Perkembangan manufaktur pencetakan tiga dimensi (*3D printing*) membuka peluang untuk menghasilkan perangkat belajar keluarga yang konkret, fleksibel, dan dapat diproduksi berulang dengan bentuk, ukuran, tekstur, dan konfigurasi yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran. Pearson dan Dubé (2022) menunjukkan bahwa pemanfaatan pencetakan tiga dimensi dalam pendidikan berakar pada konstruksionisme dan pembelajaran berbasis pengalaman serta berpotensi mendukung kreativitas, berpikir kritis, dan kemampuan perancangan, sedangkan Leinonen dkk. (2020) memperlihatkan peluang dan tantangan adopsi fabrikasi digital dalam praktik nyata pendidikan dasar. Model fisik hasil pencetakan tiga dimensi juga dapat membantu peserta didik membangun intuisi konseptual melalui manipulasi langsung (Dilling & Witzke, 2020), dan anak usia dini mampu menunjukkan keterampilan berpikir desain ketika difasilitasi dalam kegiatan *makerspace* (Hatzigianni dkk., 2021). Namun, penggunaan teknologi ini di kelas anak usia dini menuntut penanganan teknis dan pengawasan yang intensif sehingga pemanfaatannya sering terbatas (Peleg & Levy, 2024). Oleh karena itu, dalam rancangan ini pencetakan tiga dimensi ditempatkan sebagai metode produksi oleh tenaga terlatih, sedangkan keluarga menjadi pengguna produk akhir yang telah disiapkan dengan memperhatikan keamanan material, ketahanan komponen, kualitas permukaan, kemudahan perawatan, serta kesesuaian bentuk dan ukuran dengan karakteristik anak.

Perangkat taktil saja belum cukup untuk menopang keberlanjutan pendidikan keluarga karena keluarga juga membutuhkan mekanisme untuk memahami perkembangan, mengidentifikasi kebutuhan pendampingan, dan menentukan kegiatan berikutnya. *Learning analytics* menawarkan pengolahan data pembelajaran untuk mendukung pengambilan keputusan, dengan catatan bahwa analitik pada dasarnya harus berorientasi pada peningkatan proses belajar dan menghasilkan pemahaman yang dapat ditindaklanjuti, bukan sekadar angka atau visualisasi (Gašević dkk., 2015). Tinjauan sistematis terhadap dasbor *learning analytics* menunjukkan bahwa sebagian besar dasbor jarang berlandaskan teori belajar (Matcha dkk., 2020) dan umumnya hanya menyajikan analitik deskriptif tanpa wawasan yang dapat ditindaklanjuti (Susnjak dkk., 2022). Bagi pendidikan keluarga, prinsip ini berarti bahwa data frekuensi kegiatan, durasi keterlibatan, penyelesaian aktivitas, dan catatan perkembangan perlu ditempatkan bersama konteks aktivitas dan refleksi keluarga, karena frekuensi yang tinggi belum tentu mencerminkan keterlibatan yang bermakna.

Integrasi teknologi berbasis data dalam keluarga juga menimbulkan persoalan etika karena informasi kegiatan belajar dapat berkaitan dengan kebiasaan, rutinitas, dan perkembangan anak yang bersifat pribadi. Liu dan Khalil (2023) mengidentifikasi bahwa persoalan privasi dan perlindungan data muncul di seluruh siklus *learning analytics*, sedangkan Ifenthaler dan Schumacher (2016) menunjukkan bahwa mahasiswa sebagai pengguna cenderung berhati-hati dalam berbagi data untuk sistem *learning analytics*. Kitto dan Knight (2019) menambahkan bahwa kerangka etika yang ada sering kali kurang memberi panduan praktis bagi pengembang sistem, dan Kaliisa dkk. (2023) menemukan bahwa privasi jarang diperlakukan sebagai persyaratan desain dasbor. Pada mainan pintar yang memadukan objek fisik dengan teknologi terhubung, pengungkapan data merupakan risiko teknis yang paling sering dilaporkan, sementara produsen dan regulasi dinilai belum cukup siap melindungi privasi anak (Albuquerque dkk., 2020). Oleh karena itu, sistem yang dirancang perlu

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

menerapkan minimalisasi data, transparansi tujuan, keamanan penyimpanan, pembatasan akses, dan penghormatan terhadap hak keluarga, serta menyajikan umpan balik dengan bahasa yang mendukung tanpa membandingkan antarkeluarga.

Keterjangkauan juga menjadi pertimbangan penting. Meta-analisis Tan dkk. (2020) menunjukkan bahwa manfaat akademik dari sejumlah bentuk keterlibatan orang tua lebih besar pada keluarga dengan latar pendidikan lebih tinggi, sehingga inovasi pendidikan keluarga berisiko memperlebar kesenjangan apabila hanya dapat diakses oleh keluarga dengan sumber daya memadai. Manufaktur pencetakan tiga dimensi memungkinkan produksi terpusat dan reproduksi komponen sesuai kebutuhan, sedangkan panduan aktivitas memungkinkan penggunaan tanpa penguasaan teknologi produksi. Namun, potensi pemerataan tersebut hanya dapat terwujud apabila rancangan memperhitungkan biaya, kesederhanaan penggunaan, dukungan teknis, dan keterbatasan akses keluarga terhadap perangkat digital atau jaringan internet.

Kajian-kajian tersebut membahas pencetakan tiga dimensi, *learning analytics*, keterlibatan keluarga, dan etika data dari perspektif yang terpisah. Tinjauan Komis dkk. (2021) terhadap mainan cerdas memetakan keterkaitan antara afordansi teknologis dan afordansi edukatif perangkat yang memadukan objek fisik dengan fitur digital, tetapi rancangan yang mempertemukan perangkat belajar fisik, panduan pedagogis keluarga, dan umpan balik berbasis data dalam satu ekosistem pendidikan keluarga masih jarang dikembangkan. Kesenjangan juga terletak pada belum tersedianya prosedur pengembangan yang mampu menangani perbedaan karakteristik perangkat keras dan perangkat lunak sekaligus memastikan keselamatan produk dan perlindungan data. Model *design research* Plomp (2013) relevan untuk menjawab kebutuhan tersebut karena menyediakan fase penelitian pendahuluan, pengembangan purwarupa, dan asesmen yang memungkinkan pengembangan iteratif dengan kriteria mutu kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Kevalidan dapat dinilai melalui penilaian ahli yang dianalisis menggunakan Aiken's V (Aiken, 1985), sedangkan kepraktisan dan keefektifan dapat diuji pada tahap lanjutan, misalnya dengan *normalized gain* untuk menggambarkan perubahan relatif terhadap capaian maksimum (Hake, 1998).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan Kit Ekosistem Belajar Keluarga (*Family Learning Ecosystem Kit*) berbasis manufaktur pencetakan tiga dimensi dan sistem pelacakan *learning analytics* untuk pendidikan keluarga berkelanjutan, serta menilai kevalidan rancangannya melalui validasi ahli media dan manufaktur, pedagogi keluarga, dan teknologi informasi. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi tiga komponen yang berbeda karakteristiknya dalam satu rancangan pendidikan keluarga, perluasan pemanfaatan *learning analytics* ke konteks pembelajaran di rumah, serta penerapan evaluasi mutu dan tata kelola data yang bertanggung jawab.

2. Metode

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *design research* dengan mengadaptasi model pengembangan pendidikan Plomp (2013) untuk menghasilkan Kit Ekosistem Belajar Keluarga berbasis manufaktur pencetakan tiga dimensi dan sistem pelacakan *learning analytics*. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengembangan produk pendidikan secara sistematis dan iteratif dengan menghubungkan kebutuhan pengguna, landasan teoretis, perancangan teknologi, dan evaluasi kualitas produk. Model Plomp terdiri atas fase penelitian pendahuluan (*preliminary research*), pengembangan purwarupa (*prototyping phase*), dan asesmen (*assessment phase*). Penelitian ini dibatasi pada fase penelitian pendahuluan dan pengembangan purwarupa hingga validasi ahli serta revisi berdasarkan evaluasi formatif; fase asesmen melalui penerapan produk kepada keluarga tidak dilaksanakan. Dengan demikian, penelitian berorientasi pada validitas rancangan dan kelayakan konseptual menurut ahli, bukan pada kepraktisan maupun efektivitas produk terhadap hasil belajar keluarga. Tinjauan sistematis terhadap penelitian berbasis desain di bidang pendidikan menunjukkan bahwa banyak studi kurang merinci siklus iterasi dan revisinya (Tinoca dkk., 2022); oleh karena itu, setiap perubahan purwarupa dalam penelitian ini didokumentasikan.

2.2. Partisipan

Partisipan penelitian adalah sembilan validator ahli yang dibagi ke dalam tiga kelompok, yaitu tiga ahli media dan manufaktur pencetakan tiga dimensi, tiga ahli materi dan pedagogi pendidikan keluarga, serta tiga ahli teknologi informasi dan *learning analytics*. Ahli media dan manufaktur menilai kualitas desain fisik, ketahanan rancangan, karakteristik material, keamanan komponen, dan kesesuaian penggunaan. Ahli pedagogi menilai relevansi tujuan pembelajaran, keterlibatan orang tua, karakteristik aktivitas, dan kesesuaian pendampingan anak. Ahli teknologi informasi menilai arsitektur pencatatan, kejelasan penyajian informasi, integrasi data, dan prinsip perlindungan privasi keluarga.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

2.3. Teknik Pemilihan Partisipan

Validator dipilih menggunakan *purposive sampling* dengan mempertimbangkan bidang keilmuan, pengalaman profesional, dan keterlibatan dalam pengembangan atau evaluasi produk pendidikan dan teknologi. Teknik ini dipilih karena validasi rancangan memerlukan penilaian dari ahli yang menguasai masing-masing komponen kit, bukan representasi statistik dari suatu populasi.

2.4. Instrumen

Instrumen berupa lembar validasi dengan skala penilaian lima tingkat, dengan skor 1 menunjukkan sangat tidak sesuai dan skor 5 menunjukkan sangat sesuai. Instrumen disusun secara multidimensi berdasarkan karakteristik setiap kelompok validator. Setiap kelompok menilai 12 indikator yang terbagi ke dalam empat dimensi dengan tiga indikator per dimensi, sehingga keseluruhan instrumen mencakup 36 indikator sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kisi-kisi instrumen validasi ahli

Kelompok Ahli	Dimensi Penilaian	Indikator Operasional	Jumlah Butir
Media dan manufaktur	Desain fisik	Bentuk, ukuran, kualitas permukaan	3
Media dan manufaktur	Kualitas fabrikasi	Presisi, ketahanan, kualitas sambungan	3
Media dan manufaktur	Keselamatan produk	Keamanan material, risiko komponen, keamanan penggunaan	3
Media dan manufaktur	Usabilitas perangkat	Kemudahan manipulasi, perawatan, kesesuaian fungsi	3
Pedagogi keluarga	Relevansi pembelajaran	Tujuan, substansi, kebermaknaan aktivitas	3
Pedagogi keluarga	Keterlibatan keluarga	Pendampingan orang tua, interaksi, kolaborasi	3
Pedagogi keluarga	Aktivitas konstruktif	Eksplorasi, penciptaan, refleksi	3
Pedagogi keluarga	Keberlanjutan belajar	Fleksibilitas kegiatan, kesinambungan, adaptasi kebutuhan	3
Teknologi informasi	Arsitektur sistem	Ketepatan pencatatan, pengolahan, integrasi data	3
Teknologi informasi	Kualitas umpan balik	Kejelasan informasi, relevansi, kemudahan interpretasi	3
Teknologi informasi	Privasi dan keamanan	Minimalisasi data, pembatasan akses, perlindungan informasi	3
Teknologi informasi	Integrasi ekosistem	Keterhubungan aktivitas, perangkat, dan sistem analytics	3
Total	**12 dimensi**	**36 indikator**	**36**

Penilaian kualitas produk dan relevansi isi instrumen dilakukan secara terpisah. Setiap validator memberikan skor kualitas terhadap komponen yang diperiksa dan skor relevansi indikator terhadap dimensi yang diukur. Lembar validasi juga menyediakan ruang komentar untuk memperoleh rekomendasi kualitatif mengenai kelemahan rancangan, masalah penggunaan, dan kebutuhan revisi.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

2.5. Prosedur Penelitian

Fase penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan merumuskan dasar konseptual pengembangan kit melalui kajian literatur, analisis dokumen pembelajaran keluarga, dan pengumpulan informasi kebutuhan melalui wawancara atau survei awal kepada orang tua. Pengumpulan informasi difokuskan pada karakteristik aktivitas belajar bersama, keterbatasan media edukatif, kesiapan penggunaan teknologi, kebutuhan pendampingan anak, dan rutinitas keluarga. Kajian teoretis memadukan kerangka keterlibatan keluarga (Epstein, 1995), konstruksionisme (Papert, 1980), dan teori sosiokultural (Vygotsky, 1978), sedangkan kajian pencetakan tiga dimensi (Leinonen dkk., 2020; Pearson & Dubé, 2022) dan *learning analytics* (Gašević dkk., 2015) digunakan untuk merumuskan prinsip perancangan perangkat fisik dan sistem pelacakan. Hasil fase ini dirumuskan menjadi spesifikasi kebutuhan produk yang mencakup fungsi pedagogis, desain manipulatif, arsitektur sistem digital, dan persyaratan perlindungan data. Informasi dari keluarga pada tahap ini digunakan untuk memahami konteks dan kebutuhan pengembangan, bukan untuk menilai kepraktisan atau efektivitas produk.

Fase pengembangan purwarupa mencakup perancangan dan pembuatan ketiga komponen kit. Perangkat manipulatif dikembangkan melalui pemodelan tiga dimensi, penyusunan spesifikasi ukuran, pemilihan material, pencetakan, dan pemeriksaan awal kualitas bentuk serta sambungan, dengan aktivitas yang dirancang berdasarkan prinsip konstruksionisme melalui kegiatan menyusun, merakit, mengelompokkan, dan mengombinasikan objek. Proses produksi dilaksanakan oleh tenaga terlatih, sedangkan produk akhir disiapkan untuk digunakan keluarga tanpa memerlukan keterampilan teknis fabrikasi. Komponen *learning analytics* dikembangkan melalui perancangan mekanisme pencatatan kegiatan, pengolahan informasi, dan penyajian umpan balik, dengan indikator sederhana berupa frekuensi kegiatan, durasi, penyelesaian aktivitas, dan catatan perkembangan belajar. Fungsi tersebut diuji melalui skenario pengujian internal menggunakan data uji tanpa menghimpun data aktivitas aktual anak. Panduan pedagogis disusun untuk menghubungkan setiap aktivitas dengan perangkat taktil dan informasi yang dicatat sistem, serta memuat tujuan kegiatan, prosedur penggunaan, alternatif pendampingan, dan petunjuk refleksi.

Evaluasi formatif dilakukan melalui pemeriksaan internal, validasi ahli, dan revisi purwarupa. Pemeriksaan internal mencakup konsistensi rancangan, dokumentasi perubahan purwarupa, pemeriksaan fisik komponen, serta pengujian fungsi sistem untuk memastikan bahwa informasi yang ditampilkan sesuai dengan aktivitas yang dirancang dan tidak terjadi pencatatan ganda. Penilaian ahli kemudian digunakan untuk mengidentifikasi kualitas setiap komponen dan keterpaduannya sebagai satu ekosistem. Revisi dilakukan berdasarkan rekomendasi yang diperoleh, khususnya pada indikator kritis yang berkaitan dengan keselamatan produk, ketepatan informasi pembelajaran, dan privasi data. Validasi ahli tidak diperlakukan sebagai sertifikasi keselamatan atau bukti bahwa perangkat telah memenuhi seluruh standar teknis penggunaan oleh anak.

2.6. Analisis Data

Data validasi dianalisis secara kuantitatif deskriptif, dilengkapi analisis kualitatif terhadap rekomendasi ahli. Statistik deskriptif mencakup jumlah skor, rerata, simpangan baku, persentase kualitas, dan skor per dimensi. Dengan tiga validator yang masing-masing menilai 12 indikator, setiap kelompok menghasilkan 36 penilaian dengan skor maksimum 180, sehingga skor maksimum gabungan ketiga kelompok adalah 540. Persentase kualitas dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$P = \frac{\Sigma X}{\Sigma X_{maks}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan P adalah persentase kualitas, ΣX adalah jumlah skor yang diperoleh, dan ΣX_{maks} adalah jumlah skor maksimum. Validitas isi indikator dianalisis menggunakan koefisien Aiken's V berdasarkan penilaian relevansi ahli (Aiken, 1985; Retnawati, 2016) sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$V = \frac{\Sigma(r - l_0)}{n(c - 1)} \quad (2)$$

dengan r adalah skor relevansi yang diberikan ahli, l_0 adalah skor terendah, n adalah jumlah validator, dan c adalah banyaknya kategori penilaian. Dengan tiga ahli dan lima kategori, penyebut persamaan bernilai 12. Koefisien ini digunakan untuk memeriksa kesesuaian indikator dengan konstruk penilaian, bukan sebagai pengganti analisis kualitas produk, dan ditafsirkan secara hati-hati karena jumlah tiga ahli pada setiap kelompok membatasi presisi estimasi. Indikator dengan koefisien di bawah ambang operasional 0,80 ditelaah berdasarkan definisi operasional dan rekomendasi validator.

Analisis kesenjangan menggunakan target operasional rerata minimal 4,20 dari skala lima. Target ini merupakan kriteria operasional penelitian, bukan ambang universal. Nilai kesenjangan setiap dimensi dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$G = maks(0;\ 4{,}20 - \bar{x}_d) \quad (3)$$

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

dengan G adalah kesenjangan dan $\bar{x}_d$ adalah rerata dimensi. Penentuan prioritas revisi mempertimbangkan besarnya kesenjangan dan tingkat risiko. Indikator keselamatan produk, ketepatan fungsi sistem, dan perlindungan data ditetapkan sebagai persyaratan kritis yang tidak dapat dikompensasi oleh skor tinggi pada aspek lain. Data kualitatif dianalisis dengan mengelompokkan masukan ahli berdasarkan kualitas fisik, pedagogi, fungsi teknologi, keterpaduan komponen, dan risiko penggunaan, lalu menerjemahkan setiap rekomendasi menjadi tindakan revisi yang terdokumentasi. Uji Wilcoxon, *normalized gain*, dan analisis kepraktisan tidak digunakan karena penelitian ini tidak mencakup pengukuran sebelum dan sesudah penggunaan maupun uji lapangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Hasil Analisis Kebutuhan

Fase penelitian pendahuluan mengidentifikasi tiga kebutuhan utama, yaitu perangkat belajar yang memungkinkan anggota keluarga terlibat secara aktif, pengorganisasian aktivitas belajar yang berkelanjutan, dan pemanfaatan informasi pembelajaran sebagai dasar refleksi. Kegiatan belajar di rumah berlangsung mengikuti rutinitas, ketersediaan waktu, dan pola interaksi antaranggota keluarga, sehingga perangkat perlu mudah disiapkan, tidak memerlukan keterampilan teknis khusus, dan memungkinkan variasi aktivitas sesuai kemampuan dan minat anak. Dari sisi pedagogis, kebutuhan dirumuskan menjadi aktivitas menyusun, menggabungkan, membandingkan, dan merefleksikan objek secara bersama. Dari sisi teknis, pencetakan tiga dimensi ditetapkan sebagai metode produksi komponen yang dapat dimodifikasi dan direplikasi melalui proses produksi terpisah, sehingga keluarga cukup berinteraksi dengan komponen akhir. Dari sisi sistem digital, kebutuhan dirumuskan sebagai pencatatan aktivitas yang sederhana, relevan, dan menghormati privasi, serta menghasilkan umpan balik yang dapat digunakan keluarga.

3.1.2. Hasil Perancangan Arsitektur Kit

Fase pengembangan purwarupa menghasilkan arsitektur produk yang terdiri atas tiga komponen utama, yaitu perangkat taktil hasil pencetakan tiga dimensi, panduan pedagogis pembelajaran keluarga, dan sistem pelacakan *learning analytics*. Karakteristik dan fungsi setiap komponen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi arsitektur Kit Ekosistem Belajar Keluarga

Komponen	Karakteristik Rancangan	Fungsi Utama
Perangkat taktil 3D	Objek manipulatif, modular, dapat disusun dan dikombinasikan	Menyediakan pengalaman belajar konkret
Panduan aktivitas keluarga	Petunjuk kegiatan, tujuan pembelajaran, refleksi, dan pendampingan	Mengorganisasikan interaksi belajar bersama
Sistem learning analytics	Pencatatan aktivitas, pengolahan data, dan ringkasan perkembangan	Memberikan umpan balik dan mendukung kesinambungan kegiatan

Perangkat taktil dirancang untuk aktivitas manipulatif, antara lain menyusun bentuk, mengelompokkan komponen, membuat pola, dan mengembangkan konfigurasi berdasarkan tantangan tertentu. Karakteristik modular memungkinkan perangkat digunakan untuk lebih dari satu kegiatan. Rancangan mempertimbangkan presisi bentuk, toleransi sambungan, ketahanan struktur, kemudahan pembersihan, dan karakteristik material yang sesuai untuk anak. Salah satu wujud purwarupa perangkat taktil ditunjukkan pada Gambar 1, yaitu figur karakter yang dilengkapi tag *near field communication* (NFC) sebagai penanda identitas aktivitas yang dapat dipindai menggunakan ponsel. Panduan pedagogis memuat tujuan, kebutuhan komponen, prosedur pendampingan, dan pertanyaan reflektif bagi orang tua, dengan aktivitas yang dapat disesuaikan dengan durasi belajar yang tersedia. Komponen *learning analytics* dirancang melalui alur pencatatan, pengolahan, interpretasi, dan pemberian umpan balik, dengan data berupa identitas aktivitas, status penyelesaian, frekuensi penggunaan, dan catatan refleksi opsional yang diolah menjadi ringkasan kemajuan. Sistem mengutamakan pencatatan dengan persetujuan pengguna, pengurangan data yang tidak diperlukan, dan pembatasan akses.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774



Gambar 1. Purwarupa figur karakter hasil pencetakan tiga dimensi yang dilengkapi tag NFC

3.1.3. Hasil Integrasi Komponen Kit

Integrasi ketiga komponen dirancang menggunakan identitas aktivitas yang menghubungkan komponen pembelajaran, tindakan pengguna, dan informasi refleksi. Matriks integrasi pada setiap tahapan aktivitas disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks integrasi komponen kit

Tahapan Aktivitas	Perangkat Fisik	Panduan Pedagogis	Informasi Analytics
Pemilihan kegiatan	Komponen sesuai tema	Penjelasan tujuan dan persiapan	Identitas aktivitas
Eksplorasi	Objek taktil dan komponen modular	Pertanyaan pengamatan	Aktivitas dimulai
Konstruksi	Komponen yang dapat disusun	Tantangan penciptaan	Status aktivitas
Refleksi	Hasil susunan atau karya	Pertanyaan pendampingan	Catatan refleksi opsional
Tindak lanjut	Variasi komponen berikutnya	Alternatif aktivitas	Ringkasan dan rekomendasi

Keluarga memulai kegiatan dengan memilih tantangan yang sesuai, menggunakan perangkat fisik untuk bereksplorasi dan berkonstruksi, kemudian melakukan refleksi bersama. Informasi penyelesaian aktivitas dimanfaatkan untuk menyusun rekomendasi kegiatan berikutnya tanpa mengumpulkan data pribadi secara berlebihan. Pemeriksaan fungsi *analytics* mencakup kesesuaian identitas aktivitas, pencegahan pencatatan ganda, kejelasan status penyelesaian, dan konsistensi hubungan antara panduan dan ringkasan kemajuan. Rancangan juga memuat dua dimensi keberlanjutan, yaitu keberlanjutan pedagogis melalui pengulangan dan pengembangan aktivitas, serta keberlanjutan teknis melalui komponen modular yang dapat diperbaiki, dimodifikasi, dan diproduksi ulang. Rancangan antarmuka sistem pelacakan ditunjukkan pada Gambar 2, yang mencakup pemindaian tag NFC melalui aplikasi seluler serta dasbor keluarga yang menampilkan rekap kehadiran, aktivitas belajar, dan perkembangan belajar. Nilai yang tampak pada antarmuka berasal dari pengujian fungsi internal sistem.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774



Gambar 2. Rancangan antarmuka aplikasi seluler dan dasbor keluarga pada sistem pelacakan analitik pembelajaran

3.1.4. Hasil Validasi Ahli

Sembilan ahli menilai rancangan menggunakan 12 indikator per kelompok, sehingga diperoleh 36 skor individual per kelompok dan 108 skor kualitas secara keseluruhan dengan skor maksimum 540. Rekapitulasi penilaian setiap kelompok disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi penilaian sembilan ahli

Kelompok Validator	Ahli 1	Ahli 2	Ahli 3	Total	Persentase
Media dan manufaktur	45	48	49	142/180	78,89%
Pedagogi keluarga	49	49	50	148/180	82,22%
TI dan learning analytics	47	43	44	134/180	74,44%
Keseluruhan				**424/540**	**78,52%**

Skor gabungan sebesar 424 dari maksimum 540 menghasilkan persentase kualitas 78,52% dengan rerata 3,926 pada skala lima, sehingga belum memenuhi target operasional rerata 4,20. Kelompok pedagogi keluarga memberikan persentase tertinggi sebesar 82,22%, diikuti kelompok media dan manufaktur sebesar 78,89% dan kelompok teknologi informasi dan *learning analytics* sebesar 74,44%. Profil kualitas pada tingkat dimensi, dengan skor maksimum 45 untuk setiap dimensi, disajikan pada Tabel 5.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

Tabel 5. Profil kualitas dua belas dimensi

Kelompok	Dimensi	Skor /45	Rerata	Kualitas
Media	Desain fisik	40	4,444	88,89%
Media	Kualitas fabrikasi	36	4,000	80,00%
Media	Keselamatan produk	30	3,333	66,67%
Media	Usabilitas perangkat	36	4,000	80,00%
Pedagogi	Relevansi pembelajaran	40	4,444	88,89%
Pedagogi	Keterlibatan keluarga	39	4,333	86,67%
Pedagogi	Aktivitas konstruktif	36	4,000	80,00%
Pedagogi	Keberlanjutan belajar	33	3,667	73,33%
TI	Arsitektur sistem	36	4,000	80,00%
TI	Kualitas umpan balik	36	4,000	80,00%
TI	Privasi dan keamanan	29	3,222	64,44%
TI	Integrasi ekosistem	33	3,667	73,33%

Dimensi desain fisik dan relevansi pembelajaran memperoleh skor tertinggi, masing-masing 88,89%, diikuti keterlibatan keluarga sebesar 86,67%. Sebaliknya, dimensi privasi dan keamanan memperoleh skor terendah sebesar 64,44%, diikuti keselamatan produk sebesar 66,67%. Pada tingkat indikator, indikator M08 tentang pencegahan risiko komponen kecil dan indikator T08 tentang pembatasan akses dan otorisasi masing-masing memperoleh skor 9 dari maksimum 15 atau 60%. Dimensi keberlanjutan belajar dan integrasi ekosistem masing-masing memperoleh 73,33%.

Analisis relevansi isi terhadap 36 indikator menghasilkan rerata Aiken's V sebesar 0,861, dengan 30 indikator mencapai ambang operasional 0,80 dan enam indikator berada di bawahnya. Rekapitulasi per kelompok disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi relevansi isi instrumen

Kelompok Ahli	Rerata Aiken's V	Indikator ≥ 0,80	Indikator Perlu Ditinjau
Media dan manufaktur	0,868	10/12	2
Pedagogi keluarga	0,854	10/12	2
TI dan learning analytics	0,861	10/12	2
Keseluruhan	0,861	30/36	6

Keenam indikator di bawah ambang adalah M06, M11, P09, P11, T03, dan T12, yang berkaitan dengan kekuatan sambungan, kemudahan perawatan, kualitas refleksi, kesinambungan aktivitas, integritas data, dan keselarasan panduan dengan umpan balik. Lima indikator memperoleh Aiken's V sebesar 0,750, sedangkan T12 memperoleh 0,667. Sebagai contoh, indikator T12 memperoleh skor relevansi 4, 3, dan 4, sehingga $V = [(4 - 1) + (3 - 1) + (4 - 1)]/12 = 0,667$. Sebaliknya, indikator M08 dan T08 memperoleh Aiken's V sebesar 1,000, meskipun kualitas rancangan pada kedua indikator tersebut hanya mencapai 60%.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

Hasil analisis kesenjangan terhadap target 4,20 untuk dimensi yang berada di bawah target disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Prioritas revisi berdasarkan analisis kesenjangan

Dimensi	Rerata	Kesenjangan	Prioritas
Privasi dan keamanan sistem	3,222	0,978	Kritis
Keselamatan produk	3,333	0,867	Kritis
Keberlanjutan belajar	3,667	0,533	Tinggi
Integrasi ekosistem	3,667	0,533	Tinggi
Kualitas fabrikasi	4,000	0,200	Penyempurnaan
Usabilitas perangkat	4,000	0,200	Penyempurnaan
Aktivitas konstruktif	4,000	0,200	Penyempurnaan
Arsitektur sistem	4,000	0,200	Penyempurnaan
Kualitas umpan balik	4,000	0,200	Penyempurnaan

Berdasarkan kesenjangan dan tingkat risikonya, revisi privasi diarahkan pada penguatan minimalisasi informasi, pembatasan akses, pengaturan retensi data, dan mekanisme penghapusan informasi, sedangkan revisi keselamatan diarahkan pada ukuran komponen, karakteristik sambungan, keamanan material, dan pemeriksaan bagian yang berpotensi terlepas. Revisi keberlanjutan belajar meliputi alternatif aktivitas singkat, panduan tindak lanjut, dan pilihan kegiatan yang tidak sepenuhnya bergantung pada koneksi internet, sedangkan revisi integrasi ekosistem diarahkan pada penyelarasan identitas aktivitas, perangkat taktil, dan informasi yang diolah sistem *analytics*.

3.2. Pembahasan

Hasil validasi menunjukkan bahwa Kit Ekosistem Belajar Keluarga paling kuat pada komponen pedagogis (82,22%) dan paling lemah pada komponen teknologi informasi (74,44%). Kekuatan komponen pedagogis, terutama pada relevansi pembelajaran (88,89%) dan keterlibatan keluarga (86,67%), dapat dijelaskan oleh landasan rancangan yang secara eksplisit memadukan kerangka keterlibatan keluarga (Epstein, 1995), konstruksionisme (Papert, 1980), dan perspektif sosiokultural (Vygotsky, 1978). Rancangan aktivitas yang menempatkan orang tua sebagai pendamping eksplorasi, bukan pengawas penyelesaian tugas, sejalan dengan temuan bahwa berbagai bentuk keterlibatan orang tua berasosiasi positif dengan penyesuaian anak, kecuali bantuan pekerjaan rumah yang justru berasosiasi negatif dengan capaian akademik (Barger dkk., 2019), serta dengan temuan bahwa program keterlibatan orang tua yang terstruktur memberikan efek positif bagi anak (Cosso dkk., 2022). Meta-analisis tingkat kedua yang lebih baru juga menunjukkan bahwa praktik keterlibatan orang tua berasosiasi lebih kuat dengan luaran akademik anak dibandingkan gaya pengasuhan secara umum (Tan dkk., 2025). Namun, skor keberlanjutan belajar yang lebih rendah (73,33%) menunjukkan bahwa kekuatan rancangan aktivitas belum sepenuhnya diikuti mekanisme yang menjaga kesinambungan kegiatan dalam rutinitas keluarga.

Rendahnya skor privasi dan keamanan (64,44%), dengan indikator pembatasan akses dan otorisasi hanya mencapai 60%, konsisten dengan literatur yang menunjukkan bahwa perlindungan data merupakan titik lemah pengembangan *learning analytics*. Kaliisa dkk. (2023) menemukan bahwa privasi jarang diperlakukan sebagai persyaratan desain dasbor, sedangkan Liu dan Khalil (2023) menegaskan bahwa persoalan privasi muncul di seluruh siklus *learning analytics* dan tidak dapat ditangani hanya pada tahap akhir pengembangan. Dalam konteks keluarga, persoalan ini semakin penting karena data yang dicatat menyangkut rutinitas dan perkembangan anak, dan pengguna sistem *learning analytics* cenderung berhati-hati dalam berbagi data (Ifenthaler & Schumacher, 2016). Persoalan serupa juga ditemukan pada mainan pintar, dengan pengungkapan

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

data sebagai risiko teknis yang paling sering dilaporkan (Albuquerque dkk., 2020). Temuan ini juga menunjukkan bahwa prinsip etika yang telah dicantumkan dalam rancangan belum cukup diterjemahkan menjadi mekanisme teknis yang konkret, sejalan dengan kritik Kitto dan Knight (2019) bahwa kerangka etika sering kali kurang operasional bagi pengembang sistem.

Skor keselamatan produk yang rendah (66,67%), terutama pada pencegahan risiko komponen kecil (60%), menegaskan bahwa kemampuan pencetakan tiga dimensi menghasilkan objek yang presisi tidak otomatis menjadikan produk layak bagi anak. Pearson dan Dubé (2022) serta Leinonen dkk. (2020) menunjukkan potensi pedagogis fabrikasi digital, tetapi Peleg dan Levy (2024) memperlihatkan bahwa teknologi ini menuntut pengawasan dan penanganan teknis yang intensif dalam konteks anak usia dini. Keputusan untuk menempatkan produksi pada tenaga terlatih sudah mengurangi risiko proses, tetapi risiko produk akhir, seperti ukuran komponen dan sambungan yang dapat terlepas, tetap memerlukan pemeriksaan fisik yang terpisah dari penilaian ahli.

Hasil integrasi ekosistem (73,33%) dan rendahnya Aiken's V pada indikator T12 (0,667) mengenai keselarasan panduan dengan umpan balik menunjukkan bahwa tantangan utama produk hibrida terletak pada keterhubungan antarkomponen. Temuan ini sejalan dengan Matcha dkk. (2020), yang menunjukkan bahwa sistem *analytics* sering kali tidak berlandaskan teori belajar, dan Susnjak dkk. (2022), yang menemukan bahwa sebagian besar dasbor hanya menyajikan informasi deskriptif tanpa arahan tindakan. Pemetaan Komis dkk. (2021) tentang keterkaitan afordansi teknologis dan edukatif pada perangkat fisik-digital juga menegaskan bahwa fitur teknologi perlu dirancang bersama tujuan pembelajarannya. Tinjauan antarmuka taktil pada pendidikan anak usia dini juga menunjukkan bahwa bentuk objek fisik berkaitan erat dengan domain aplikasinya (Dujić Rodić & Granić, 2022), sehingga bentuk figur dan komponen manipulatif perlu diselaraskan dengan fungsi pencatatan dan tujuan aktivitas. Oleh karena itu, umpan balik dalam kit perlu dikaitkan langsung dengan refleksi, kualitas interaksi, dan kebutuhan pendampingan berikutnya, bukan hanya frekuensi atau durasi kegiatan (Gašević dkk., 2015).

Hasil validasi juga memperlihatkan perlunya membedakan relevansi isi dan kualitas produk. Indikator M08 dan T08 memperoleh Aiken's V sebesar 1,000, tetapi kualitas rancangan pada kedua indikator tersebut hanya 60%. Kondisi ini menunjukkan bahwa indikator dapat dinilai sangat relevan untuk mengukur aspek penting produk, sementara kualitas aspek yang diukur justru rendah. Dengan demikian, Aiken's V tidak dapat diperlakukan sebagai persentase kelayakan produk, dan indikator dengan koefisien di bawah 0,80 perlu ditelaah definisi operasionalnya sebelum digunakan pada tahap berikutnya.

3.3. Implikasi

Secara teoretis, penelitian ini memperluas penerapan konstruksionisme dan perspektif sosiokultural ke dalam rancangan ekosistem belajar keluarga yang memadukan perangkat fisik dan umpan balik berbasis data. Secara praktis, profil kualitas multidimensi menunjukkan bahwa pengembang produk hibrida perlu memberi perhatian seimbang pada perangkat keras, perangkat lunak, dan desain pedagogis, karena kekuatan satu komponen tidak menjamin keseluruhan ekosistem berfungsi dengan baik. Pengembang juga perlu menempatkan keselamatan anak dan perlindungan data sebagai persyaratan nonkompensatoris sejak awal perancangan. Bagi lembaga pendidikan dan pembuat kebijakan, rancangan produksi terpusat dan panduan yang tidak menuntut keterampilan teknis dapat menjadi dasar penyediaan sumber belajar keluarga yang lebih merata, dengan catatan bahwa keterjangkauan biaya dan akses digital keluarga turut diperhitungkan (Tan dkk., 2020).

3.4. Keterbatasan

Penelitian ini dibatasi sampai validasi ahli dan revisi purwarupa, sehingga belum dapat menyimpulkan kepraktisan, efektivitas, maupun keberlanjutan penggunaan kit oleh keluarga. Jumlah tiga validator pada setiap kelompok membatasi presisi koefisien Aiken's V dan sensitif terhadap perubahan satu kategori skor. Penilaian ahli terhadap keselamatan dan perlindungan data juga tidak menggantikan pengujian fisik produk, pengujian kontrol akses, maupun audit kebijakan penyimpanan informasi. Fungsi sistem *analytics* diuji menggunakan data uji internal, sehingga kinerjanya pada data aktivitas keluarga yang sebenarnya belum diketahui. Penelitian lanjutan perlu menguji kit pada keluarga dengan latar belakang yang beragam, setelah produk memenuhi persyaratan validasi serta pemeriksaan keselamatan dan privasi.

4. Simpulan

Penelitian ini menghasilkan rancangan Kit Ekosistem Belajar Keluarga yang memadukan perangkat manipulatif taktil hasil pencetakan tiga dimensi, panduan aktivitas keluarga, dan sistem pencatatan serta umpan balik *learning analytics* melalui *design research* Plomp yang dibatasi sampai validasi ahli dan revisi purwarupa. Validasi oleh sembilan ahli menghasilkan kualitas gabungan 78,52%, sehingga rancangan belum memenuhi target operasional; kekuatan utama terdapat pada aspek pedagogis, sedangkan privasi dan keamanan sistem serta keselamatan produk menjadi prioritas revisi kritis. Relevansi isi instrumen tergolong memadai dengan rerata Aiken's V 0,861, meskipun enam indikator masih perlu ditelaah. Penelitian ini menegaskan bahwa

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

ekosistem belajar keluarga berbasis teknologi harus dirancang sebagai satu kesatuan yang menyelaraskan komponen fisik, pedagogis, dan digital, dengan keselamatan anak dan perlindungan data sebagai persyaratan dasar. Pengembang disarankan menuntaskan revisi keselamatan dan privasi sebelum uji coba, sedangkan penelitian berikutnya perlu menguji kepraktisan dan efektivitas kit pada keluarga dengan pengawasan dan pengelolaan risiko yang memadai.

Kontribusi Penulis

Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui naskah akhir.

Pendanaan

Penelitian ini didanai oleh Universitas Negeri Malang tahun 2026 berdasarkan kontrak nomor 14.4.2041/UN32.14.1/LT/2026.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan tidak terdapat potensi konflik kepentingan terkait penelitian, kepenulisan, dan/atau publikasi artikel ini.

Pernyataan Etika dan Persetujuan

Wawancara atau survei kebutuhan yang melibatkan keluarga dilaksanakan berdasarkan persetujuan setelah partisipan memperoleh informasi mengenai tujuan penelitian dan penggunaan data. Sistem *analytics* dirancang berdasarkan prinsip minimalisasi data, transparansi, pembatasan tujuan, pengendalian akses, dan perlindungan identitas keluarga, serta diuji menggunakan data uji sehingga tidak memerlukan pengumpulan informasi pribadi anak.

Ketersediaan Data

Data yang dihasilkan dan/atau dianalisis dalam penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi atas permintaan yang wajar.

Pernyataan Penggunaan AI

Kecerdasan artifisial (AI) digunakan hanya untuk meningkatkan keterbacaan dan bahasa di bawah pengawasan ketat penulis; tidak ada konten, gagasan, analisis, atau simpulan yang dihasilkan oleh AI.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Malang atas dukungan pendanaan penelitian ini pada tahun 2026 berdasarkan kontrak nomor 14.4.2041/UN32.14.1/LT/2026, serta kepada para validator ahli media dan manufaktur, pedagogi keluarga, dan teknologi informasi atas penilaian dan masukan yang diberikan dalam penyempurnaan kit.

Daftar Rujukan

Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement, 45*(1), 131–142. https://doi.org/10.1177/0013164485451012

Albuquerque, O. de P., Fantinato, M., Kelner, J., & de Albuquerque, A. P. (2020). Privacy in smart toys: Risks and proposed solutions. *Electronic Commerce Research and Applications, 39*, Article 100922. https://doi.org/10.1016/j.elerap.2019.100922

Barger, M. M., Kim, E. M., Kuncel, N. R., & Pomerantz, E. M. (2019). The relation between parents' involvement in children's schooling and children's adjustment: A meta-analysis. *Psychological Bulletin, 145*(9), 855–890. https://doi.org/10.1037/bul0000201

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), Article 151. https://doi.org/10.3390/jintelligence11080151

Cosso, J., von Suchodoletz, A., & Yoshikawa, H. (2022). Effects of parental involvement programs on young children's academic and social–emotional outcomes: A meta-analysis. *Journal of Family Psychology, 36*(8), 1329–1339. https://doi.org/10.1037/fam0000992

Dilling, F., & Witzke, I. (2020). The use of 3D-printing technology in calculus education: Concept formation processes of the concept of derivative with printed graphs of functions. *Digital Experiences in Mathematics Education, 6*(3), 320–339. https://doi.org/10.1007/s40751-020-00062-8

Dujić Rodić, L., & Granić, A. (2022). Tangible interfaces in early years' education: A systematic review. *Personal and Ubiquitous Computing, 26*, 39–77. https://doi.org/10.1007/s00779-021-01556-x

Epstein, J. L. (1995). School/family/community partnerships: Caring for the children we share. *Phi Delta Kappan, 76*(9), 701–712.

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774

Gašević, D., Dawson, S., & Siemens, G. (2015). Let's not forget: Learning analytics are about learning. *TechTrends, 59*(1), 64–71. https://doi.org/10.1007/s11528-014-0822-x

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

Hatzigianni, M., Forbes, A., Bower, M., Falloon, G., & Stevenson, M. (2021). Young children's design thinking skills in makerspaces. *International Journal of Child-Computer Interaction, 27*, Article 100216. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2020.100216

Ifenthaler, D., & Schumacher, C. (2016). Student perceptions of privacy principles for learning analytics. *Educational Technology Research and Development, 64*(5), 923–938. https://doi.org/10.1007/s11423-016-9477-y

Kaliisa, R., Jivet, I., & Prinsloo, P. (2023). A checklist to guide the planning, designing, implementation, and evaluation of learning analytics dashboards. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*(1), Article 28. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00394-6

Kitto, K., & Knight, S. (2019). Practical ethics for building learning analytics. *British Journal of Educational Technology, 50*(6), 2855–2870. https://doi.org/10.1111/bjet.12868

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), Article 8653. https://doi.org/10.3390/app11188653

Leinonen, T., Virnes, M., Hietala, I., & Brinck, J. (2020). 3D printing in the wild: Adopting digital fabrication in elementary school education. *International Journal of Art & Design Education, 39*(3), 600–615. https://doi.org/10.1111/jade.12310

Liu, Q., & Khalil, M. (2023). Understanding privacy and data protection issues in learning analytics using a systematic review. *British Journal of Educational Technology, 54*(6), 1715–1747. https://doi.org/10.1111/bjet.13388

Matcha, W., Uzir, N. A., Gašević, D., & Pardo, A. (2020). A systematic review of empirical studies on learning analytics dashboards: A self-regulated learning perspective. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 13*(2), 226–245. https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2916802

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

Pearson, H. A., & Dubé, A. K. (2022). 3D printing as an educational technology: Theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice. *Education and Information Technologies, 27*(3), 3037–3064. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10733-7

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

Pinquart, M., & Ebeling, M. (2020). Parental educational expectations and academic achievement in children and adolescents — A meta-analysis. *Educational Psychology Review, 32*(2), 463–480. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09506-z

Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research – Part A: An introduction* (pp. 10–51). SLO.

Retnawati, H. (2016). Proving content validity of self-regulated learning scale (The comparison of Aiken index and expanded Gregory index). *REID (Research and Evaluation in Education), 2*(2), 155–164. https://doi.org/10.21831/reid.v2i2.11029

Susnjak, T., Ramaswami, G., & Mathrani, A. (2022). Learning analytics dashboard: A tool for providing actionable insights to learners. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19*(1), Article 12. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00313-7

Tan, C. Y., Cheung, H. S., & Lee, S. M. S. (2025). Parental involvement, parenting styles, and children's academic outcomes: A second-order, three-level meta-analysis. *Review of Educational Research*. Advance online publication. https://doi.org/10.3102/00346543251346792

Tan, C. Y., Lyu, M., & Peng, B. (2020). Academic benefits from parental involvement are stratified by parental socioeconomic status: A meta-analysis. *Parenting: Science and Practice, 20*(4), 241–287. https://doi.org/10.1080/15295192.2019.1694836

Tinoca, L., Piedade, J., Santos, S., Pedro, A., & Gomes, S. (2022). Design-based research in the educational field: A systematic literature review. *Education Sciences, 12*(6), Article 410. https://doi.org/10.3390/educsci12060410

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

Xu, J., Guo, S., Feng, Y., Ma, Y., Zhang, Y., Núñez, J. C., & Fan, H. (2024). Parental homework involvement and students' achievement: A three-level meta-analysis. *Psicothema, 36*(1), 1–14. https://doi.org/10.7334/psicothema2023.92

© 2026 The Author(s)
This is an Open Access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License
ISSN: 2549-7774