

PENGEMBANGAN CRYPTO-ARITHMETIC E-BOOK UNTUK MENINGKATKAN BERPIKIR LOGIS DAN PENALARAN MATEMATIS SISWA

Muhammad Badrus Sholeh¹, Shobairul Aminulloh²

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel

Diterima: 27-07-2026

Disetujui: 28-08-2026

Kata kunci:

Berpikir logis;
Penalaran matematis;
Media pembelajaran;
E-Book.

ABSTRAK

Abstrak: Penelitian *Research and Development* dengan model ADDIE ini bertujuan mengembangkan *E-Book* Kripto-Aritmatika untuk meningkatkan kemampuan berpikir logis dan penalaran matematika siswa kelas empat sekolah dasar. Data dikumpulkan melalui validasi ahli, kuesioner kepraktisan, serta instrumen pretest dan posttest. Hasil penelitian menunjukkan E-Book sangat valid dengan skor validitas materi 96% dan media 92%. Media ini juga sangat praktis berdasarkan penilaian guru (100%) dan respons siswa (96%). Pasca-implementasi, siswa mengalami peningkatan kognitif tinggi dengan skor N-Gain sebesar 0,81 untuk berpikir logis dan 0,73 untuk penalaran matematika. Disimpulkan bahwa integrasi teka-teki kripto-aritmatika ke dalam E-Book interaktif menghasilkan media yang valid, praktis, dan efektif guna menumbuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa sekolah dasar.

Kata Kunci: Berpikir logis; penalaran matematis; media pembelajaran; E-Book.

Abstract: *This Research and Development study, utilizing the ADDIE model, aimed to develop a cryptarithmic E-Book to enhance the logical thinking and mathematical reasoning skills of fourth-grade elementary school students. Data were collected through expert validation, practicality questionnaires, and pretest and posttest instruments. The results indicate that the E-Book is highly valid, with content validity and media validity scores of 96% and 92%, respectively. The media also demonstrated high practicality based on teacher assessments (100%) and student responses (96%). Following implementation, students showed significant cognitive improvement, achieving N-Gain scores of 0.81 for logical thinking and 0.73 for mathematical reasoning. It is concluded that integrating cryptarithmic puzzles into an interactive E-Book creates a valid, practical, and effective medium for fostering higher-order thinking skills in elementary school students.*

Keywords: *Logical thinking; mathematical reasoning; learning media; E-Book.*

Alamat Korespondensi:

Muhammad Badrus Sholeh
Universitas Islam Raden Rahmat Malang
Jl. Raya Mojosari No.2, Dawuhan, Jatirejoyoso, Kec. Kepanjen, Kabupaten Malang, Jawa Timur
muhammadbadrus.id@gmail.com
+62 813-7000-9848

PENDAHULUAN

Kemampuan berpikir logis adalah salah satu kompetensi mendasar yang perlu dikembangkan oleh siswa sekolah dasar karena mendukung penalaran matematika, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan dalam

kehidupan sehari-hari (Foster, 2023; Hayati & Rhomdani, 2025). Dalam konteks pendidikan matematika, berpikir logis memungkinkan siswa untuk menganalisis hubungan antar konsep, mengidentifikasi pola, merumuskan hipotesis, dan menarik kesimpulan yang valid (Braithwaite

& Rafferty, 2025; Nurhaswinda et al., 2026). Namun demikian, mengingat betapa cepatnya teknologi digital terus berkembang dan harapan baru yang diberikan pendidikan abad ke-21 pada praktik di kelas, siswa membutuhkan pengalaman belajar yang melampaui pengetahuan prosedural semata dan sebaliknya mengajak mereka untuk secara aktif membangun pengetahuan melalui aktivitas pemecahan masalah yang bermakna (Aliyyah et al., 2025; Çibukçiu, 2025). Oleh karena itu, pembelajaran matematika di tingkat sekolah dasar harus menyediakan sumber belajar inovatif yang mampu merangsang penalaran logis siswa melalui aktivitas yang menarik dan menantang (Moreno-Ríos et al., 2025).

Penalaran matematis sangat erat kaitannya dengan pemikiran logis, dan menggambarkan kemampuan siswa untuk memperlakukan pembuktian dan penalaran sebagai praktik matematika inti daripada keterampilan tambahan, untuk mengajukan dan menguji dugaan tentang hubungan matematika, untuk membangun argumen dan menilai kebenarannya, dan untuk secara fleksibel menggunakan berbagai strategi penalaran dan bentuk pembuktian tergantung pada masalah yang dihadapi (Lessing & Ogbonnaya, 2026; Shimizu, 2025). Sementara pemikiran logis menekankan proses kognitif umum dalam mengidentifikasi pola dan menarik kesimpulan yang valid, penalaran matematis lebih spesifik berkaitan dengan bagaimana siswa membangun, membenarkan, dan mengevaluasi argumen matematika (Zhu & Guo, 2026). Siswa sekolah dasar dengan penalaran matematis yang kuat lebih mampu menjelaskan mengapa suatu solusi berhasil, daripada hanya menerapkan prosedur yang dihafal, menjadikan konstruksi ini sebagai pelengkap penting bagi pemikiran logis dalam pendidikan matematika (Osterhaus & Koerber, 2025).

Meskipun banyak upaya telah dilakukan untuk memperkuat pengajaran matematika,

banyak siswa sekolah dasar masih kesulitan mengembangkan keterampilan berpikir logis mereka. Pembelajaran di kelas sering didominasi oleh latihan rutin dan pengajaran yang berpusat pada guru, menyebabkan siswa mengandalkan hafalan daripada penalaran (Östergren et al., 2024). Akibatnya, siswa sering kesulitan ketika dihadapkan dengan masalah matematika nonrutin yang membutuhkan pemikiran analitis dan logis (Torregrosa & Albarracín, 2025). Analisis kebutuhan awal, yang dilakukan dengan mengamati praktik kelas dan mewawancarai guru kelas empat di SDN 1 Banjarejo, menemukan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memecahkan masalah matematika yang membutuhkan penalaran logis serta dalam membangun dan membenarkan argumen matematika. Aktivitas pembelajaran sebagian besar didasarkan pada buku teks dan latihan rutin, sementara media pembelajaran interaktif yang dirancang untuk mendorong pemikiran logis dan penalaran matematika jarang digunakan. Guru tersebut juga melaporkan bahwa banyak siswa lebih mengandalkan hafalan prosedur daripada mengidentifikasi pola, merumuskan hipotesis, memverifikasi solusi, dan menarik kesimpulan secara mandiri, dan bahwa hanya sedikit siswa yang mampu menjelaskan atau membenarkan mengapa solusi tertentu itu benar.

Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan media pembelajaran inovatif yang memfasilitasi keterlibatan aktif siswa dan menumbuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi sejak kelas awal. Temuan ini menunjukkan perlunya media pembelajaran digital inovatif yang dapat memfasilitasi pemikiran logis siswa melalui aktivitas teka-teki matematika yang menarik. Dari perspektif teori pembelajaran konstruktivis, peserta didik membangun pengetahuan mereka sendiri melalui pengalaman yang bermakna dan keterlibatan aktif dalam tugas pembelajaran (Çibukçiu, 2025). Siswa mengembangkan pemahaman konseptual secara

lebih efektif ketika mereka terlibat dalam mengeksplorasi masalah, menguji ide, dan merefleksikan proses penalaran mereka (Wakjira et al., 2026). Dalam pendidikan matematika, pembelajaran berbasis teka-teki memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk membangun konsep matematika secara mandiri sambil memperkuat kemampuan penalaran logis (Hussein et al., 2022; Ni et al., 2025). Oleh karena itu, sumber belajar yang dirancang di sekitar teka-teki matematika dianggap konsisten dengan prinsip-prinsip konstruktivis karena mendorong eksplorasi, analisis kritis, dan pemikiran reflektif (Tripto & Debrenti, 2026).

Salah satu teka-teki matematika yang memiliki potensi besar untuk mengembangkan pemikiran logis adalah kriptoaritmatika (Pradani et al., 2025). Kriptoaritmatika adalah teka-teki numerik di mana huruf atau simbol mewakili angka yang berbeda, yang mengharuskan peserta didik untuk menentukan nilai numerik yang benar berdasarkan operasi matematika dan penalaran logis (Khalia et al., 2024; Yumiati et al., 2026). Memecahkan masalah kriptoaritmatika mengharuskan siswa untuk mengidentifikasi pola numerik, merumuskan hipotesis, memverifikasi kemungkinan solusi, dan mengevaluasi jawaban alternatif secara sistematis (Lessing & Ogbonnaya, 2026). Proses kognitif ini selaras dengan indikator keterampilan berpikir logis yang diharapkan dalam pembelajaran matematika dasar (Hayati & Rhomdani, 2025). Lebih lanjut, aktivitas kriptoaritmatika menyajikan matematika dengan cara yang menyenangkan dan menantang, membuat pembelajaran lebih menarik bagi peserta didik muda (Abu Bakar et al., 2023; Mohammed et al., 2024).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis teka-teki, gamifikasi, dan media pembelajaran digital interaktif memberikan kontribusi positif terhadap prestasi dan keterlibatan siswa dalam matematika

(Lee & Lai, 2024; Rogge & Herzig, 2025). Demikian pula, penelitian tentang materi pengajaran digital dan *E-Book* interaktif telah melaporkan peningkatan motivasi belajar, kemandirian, dan pemahaman konseptual siswa (Yohannes et al., 2023). Misalnya, *E-Book* interaktif berbasis proyek ditemukan dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan hasil perkalian siswa kelas lima melampaui ambang batas kompetensi minimum (Pramesti et al., 2025), sementara *ebook flipbook* yang dikembangkan ADDIE juga menghasilkan hasil belajar yang jauh lebih tinggi daripada buku teks cetak konvensional (Siregar, 2025).

Di luar keuntungan spesifik mata pelajaran, *E-Book* interaktif yang menyematkan kearifan lokal dan prinsip pembelajaran mendalam telah menghasilkan efek yang sangat kuat pada pemikiran kritis matematika bersama dengan peningkatan yang nyata dalam literasi digital (Luritawaty et al., 2026), dan buku digital yang berlandaskan etnomatematika dan Pendidikan Matematika Realistik menghasilkan keuntungan serupa, dengan siswa menunjukkan keterampilan koneksi matematika yang lebih kuat dan kepercayaan diri yang lebih besar daripada teman sebaya yang diajar melalui pengajaran konvensional (Marlina et al., 2026). Media digital interaktif yang dikontekstualisasikan dengan konten lokal atau regional juga telah divalidasi sebagai sangat valid, praktis, dan efektif di berbagai topik matematika lainnya, termasuk geometri benda padat sisi datar (Akmaliah et al., 2026), dan teorema Pythagoras (Millah & Sulianto, 2025), menunjukkan bahwa *E-Book* interaktif yang dirancang dengan cermat dapat secara andal memperkuat hasil pembelajaran kognitif dan afektif terlepas dari topik matematika atau tingkat kelas tertentu yang terlibat.

Dalam penelitian ini, (Pradani et al., 2025) menunjukkan bahwa Buku Besar berbasis Kriptaritma secara signifikan meningkatkan skor

berpikir logis siswa kelas tiga, sementara (Wulandari & Relmasira, 2025) mengembangkan media Papan Matematika berbasis ADDIE yang mencapai efektivitas tinggi dalam meningkatkan berpikir logis siswa kelas empat, dan (Ashari et al., 2026) menunjukkan bahwa permainan edukatif berbasis ADDIE valid dan praktis untuk menumbuhkan berpikir logis siswa kelas dua. Namun, studi-studi ini menunjukkan bahwa kriptoaritmatika sejauh ini hanya diimplementasikan melalui media Buku Besar cetak, sementara media berbasis ADDIE yang dikembangkan untuk berpikir logis kelas empat menggunakan permainan papan fisik serbaguna daripada format teka-teki substitusi simbol seperti Kripto-Aritmatika; buku elektronik interaktif yang secara khusus mengintegrasikan teka-teki kriptoaritmatika untuk siswa kelas empat masih belum dieksplorasi, dan tidak satu pun dari studi-studi ini yang meneliti berpikir logis dan penalaran matematika secara bersamaan sebagai hasil pelengkap dari media pengajaran yang sama. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya materi pembelajaran inovatif yang mengintegrasikan kriptoaritmatika dengan pembelajaran digital interaktif yang sesuai dengan karakteristik peserta didik muda, sekaligus memenuhi kemampuan berpikir logis dan penalaran matematika mereka.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini mengembangkan E-Book Kripto-Aritmatika yang dirancang untuk siswa kelas empat sekolah dasar. E-Book ini mengintegrasikan aktivitas kriptoaritmatika bertingkat, ilustrasi visual, latihan reflektif, dan tugas pembelajaran interaktif untuk memberikan pengalaman belajar matematika yang bermakna. Proses pengembangannya mengikuti model desain instruksional sistematis untuk memastikan validitas, kepraktisan, dan efektivitas produk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *E-Book* Kripto-Aritmatika untuk meningkatkan kemampuan berpikir logis

dan penalaran matematika siswa kelas empat sekolah dasar. Temuan diharapkan dapat memberikan kontribusi secara teoritis dengan memperkaya literatur tentang sumber belajar matematika digital dan pembelajaran berbasis teka-teki di pendidikan dasar. Secara praktis, E-Book yang dikembangkan diharapkan dapat berfungsi sebagai sumber belajar inovatif yang mendukung guru dalam menerapkan pengajaran matematika yang menarik sekaligus meningkatkan kemampuan berpikir logis dan penalaran matematika siswa.

METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan pendekatan Penelitian dan Pengembangan dengan model ADDIE (Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, Evaluasi), karena model ini menyediakan kerangka kerja desain instruksional yang sistematis dan berulang yang memungkinkan validitas, kepraktisan, dan efektivitas produk yang baru dikembangkan untuk diuji secara empiris (Branch, 2021). Desain ini dipilih karena tujuan utama studi ini bukan hanya untuk mendeskripsikan kondisi yang ada, tetapi untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi media pembelajaran digital baru, yaitu E-Book Kripto-Aritmatika, yang dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir logis siswa kelas empat sekolah dasar. Peserta penelitian ini terdiri dari 22 siswa kelas IV SDN 1 Banjarejo, bersama dengan dua ahli konten/media yang memvalidasi produk dan guru matematika kelas yang menilai kepraktisannya. Peserta dipilih melalui pengambilan sampel bertujuan berdasarkan kriteria bahwa mereka terdaftar di kelas empat yang saat ini mempelajari materi matematika yang dibahas dalam *E-Book*.

Data dikumpulkan menggunakan empat instrumen: (1) kuesioner validasi ahli yang menilai aspek konten, media, dan bahasa pada skala Likert empat poin; (2) kuesioner kepraktisan yang diisi oleh guru dan siswa setelah menggunakan E-Book; (3) tes berpikir logis yang

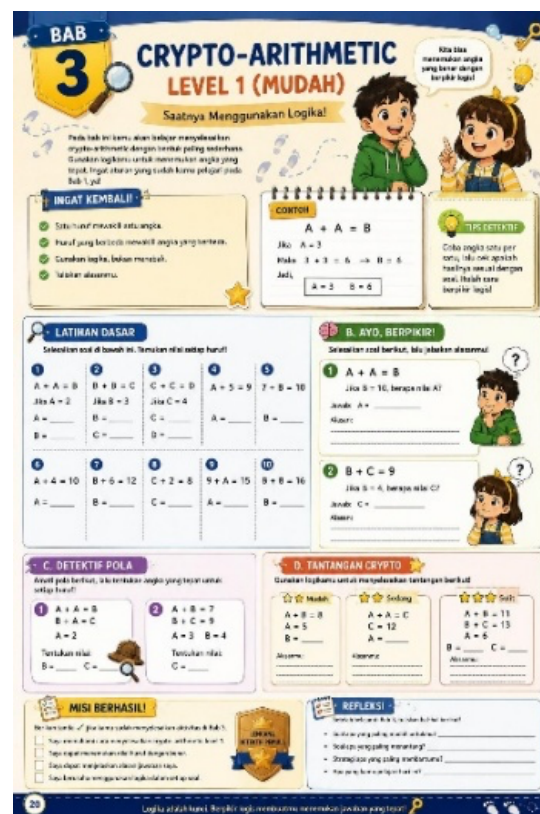
terdiri dari 10 butir esai yang mencakup indikator identifikasi pola, perumusan hipotesis, verifikasi, dan penarikan kesimpulan, yang diberikan sebagai pretest dan posttest; dan (4) tes esai 10 butir yang mengukur penalaran matematika, yang mencakup kemampuan siswa untuk memperlakukan pembuktian dan penalaran sebagai inti matematika, merumuskan dan mengeksplorasi dugaan, membangun dan mengevaluasi argumen, dan menerapkan berbagai strategi penalaran dan teknik pembuktian; tes ini juga diberikan sebagai pretest dan posttest.

Prosedur pengembangan mengikuti lima tahapan ADDIE. Pada tahap Analisis, kesulitan siswa dalam penalaran matematika logis dan kebutuhan akan media berbasis teka-teki yang menarik diidentifikasi melalui observasi kelas dan wawancara guru. Pada tahap Desain, *storyboard E-Book*, aktivitas kriptografi-aritmatika bertingkat, dan instrumen penelitian dirancang. Pada tahap Pengembangan, *E-Book* diproduksi menggunakan Canva dan divalidasi oleh para ahli materi dan media. Pada tahap Implementasi, *E-Book* diujicobakan dengan siswa kelas empat selama periode 2 minggu/pertemuan. Pada tahap Evaluasi, data validasi, kepraktisan, dan pretest-posttest dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pengembangan dalam model ADDIE menghasilkan produk akhir berupa *E-Book* Kriptografi-Aritmatika yang memiliki tiga tingkatan aktivitas, sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Aktivitas-aktivitas tersebut disusun secara bertahap dari teka-teki sederhana hingga yang lebih kompleks untuk mengakomodasi pengembangan pemikiran logis siswa. Setiap level dilengkapi dengan ilustrasi visual, contoh terpandu, latihan praktik, dan pertanyaan reflektif yang dirancang khusus untuk karakteristik siswa kelas empat sekolah dasar. Produk ini menjadi

representasi konkret dari keberhasilan fase *Development* dalam penelitian ini.



Gambar 1. Tampilan Crypto-Arithmetic E-Book

Kelayakan teoritis dan tingkat kepraktisan *E-Book* Kriptografi-Aritmatika diuji secara komprehensif melalui validasi ahli serta kuesioner respons pengguna, dengan rekapitulasi hasil yang disajikan secara terpadu pada Tabel 1. Hasil penilaian menunjukkan bahwa aspek materi memperoleh skor 96% dan aspek media mendapatkan skor 92%, di mana keduanya masuk dalam kategori sangat valid dan mengindikasikan bahwa produk telah memenuhi standar kualitas instruksional formal. Selaras dengan kualitas teoritis tersebut, evaluasi terapan di dalam kelas juga menunjukkan hasil yang optimal, di mana guru kelas memberikan penilaian sempurna sebesar 100% dan respons siswa mencapai 96%. Capaian yang berada pada kategori sangat praktis ini membuktikan secara empiris bahwa *E-Book* yang dikembangkan tidak

hanya valid secara konten, melainkan juga sangat mudah dioperasikan, memiliki antarmuka yang intuitif, serta mampu menarik minat siswa selama proses pembelajaran berlangsung.

Tabel 1. Hasil Kevalidan dan Kelayakan E-Book

Validator	Persentase	Kategori
Ahli Media	96%	Sangat Valid
Ahli Materi	92%	Sangat Valid
Respon Guru	100%	Sangat Layak
Respon Siswa	96%	Sangat Layak

Analisis efektivitas *E-Book* Kripto-Aritmatika dilakukan secara komprehensif dengan membandingkan perolehan skor pretest dan posttest pada kedua konstruk kognitif utama, dengan rekapitulasi data yang disajikan pada Tabel 2. Hasil pengujian menunjukkan adanya lonjakan nilai rata-rata berpikir logis siswa yang sangat signifikan, yaitu dari skor awal sebesar 27,5 meningkat pesat menjadi 86,5 pada evaluasi akhir. Berdasarkan kalkulasi *normalized gain*, diperoleh nilai *N-Gain* sebesar 0,81 yang menempatkan peningkatan kemampuan berpikir logis ini ke dalam kategori tinggi. Dampak positif yang searah juga ditemukan pada keterampilan penalaran matematika siswa, di mana skor rata-rata tercatat mengalami kenaikan yang tajam dari nilai awal 35,0 menjadi 82,7. Hasil analisis untuk penalaran matematika ini menghasilkan nilai *N-Gain* sebesar 0,73 yang juga termasuk dalam kategori tinggi. Secara akumulatif, seluruh indikator empiris ini mengarah pada satu kesimpulan yang selaras: *E-Book* Kripto-Aritmatika yang dikembangkan terbukti sangat efektif untuk menumbuhkan kemampuan berpikir logis sekaligus penalaran matematika siswa kelas empat secara simultan.

Tabel 2. Hasil Tes Berpikir Logis dan Penalaran Matematis

Aspek	Pretest	Posttest	N-Gain
Berpikir Logis	27,5	86,5	0,81
Penalaran Matematis	35,0	82,7	0,73

Pengembangan *E-Book* Kripto-Aritmatika ini didasarkan secara terstruktur pada teori konstruktivis dan tahap operasional konkret Piaget, di mana siswa kelas empat dinilai semakin mampu bernalar logis mengenai objek nyata (Çibukçiu, 2025), dengan memanfaatkan kriptaritmatika sebagai tugas epistemik pemecahan masalah berbasis kendala yang menjembatani penalaran numerik konkret menuju pemikiran abstrak (Yumiati et al., 2026). Melalui prinsip pembelajaran bertahap (*scaffolded instruction*) dari Level 1 (mudah) hingga Level 3 (maju), *E-Book* ini membantu siswa belajar dari konsep sederhana ke kompleks guna membangun kepercayaan diri sebelum mereka dituntut bernalar secara mandiri serta menguji hipotesis secara sistematis (Galagar Jr. & Escandallo, 2026). Selain itu, sifat iteratif model ADDIE memastikan alur storyboard dan aktivitas pembelajaran selaras dengan kebutuhan siswa untuk mengatasi ketergantungan pada hafalan, sebuah pendekatan desain sistematis berulang yang serupa dengan keberhasilan pengembangan materi matematika digital pada penelitian terdahulu (Akmaliah et al., 2026; Pramesti et al., 2025).

Perolehan persentase validitas tinggi dari ahli materi (96%) dan ahli media (92%) membuktikan efektivitas mekanisme evaluasi iteratif dan tinjauan ahli berkala pada model ADDIE dalam memastikan validitas produk sebelum diimplementasikan di kelas (Spatioti et al., 2022). Hasil R&D berbasis ADDIE sebelumnya memang telah melaporkan skor validitas kuat untuk media matematika berorientasi permainan dan teka-teki, namun penelitian ini memperluas kumpulan karya tersebut dengan menunjukkan hasil serupa pada *E-Book* kripto-aritmatika, sebuah format yang sebelumnya dominan dieksplorasi dari perspektif komputasi dibanding instruksional. Temuan ini konsisten dengan efektivitas model ADDIE dalam menghasilkan media pemikiran logis siap

pakai di berbagai format digital serta tingkat kelas, seperti permainan edukatif kelas dua (Ashari et al., 2026), media seluler berbasis Android (Susanti et al., 2023), e-modul kontekstual potensi wisata dengan rata-rata validitas 93,6% (Akmaliah et al., 2026), hingga *E-Book* interaktif teorema Pythagoras (Kasim & Deringöl, 2025; Kirabo et al., 2025; Millah & Sulianto, 2025). Secara keseluruhan, integrasi model iteratif terstruktur seperti ADDIE atau 4D terbukti mampu menghasilkan skor validasi ahli di atas 90% secara andal pada beragam topik matematika dan format digital.

Selain valid secara teoritis, *E-Book* Kripto-Aritmatika terbukti mudah diimplementasikan dalam pembelajaran nyata berkat skor kepraktisan tinggi dari guru (100%) dan siswa (96%). Capaian ini sejalan dengan (Susanti et al., 2023) yang menyatakan bahwa media pembelajaran digital dengan antarmuka sederhana dan intuitif akan mencapai tingkat kepraktisan yang tinggi. Penggunaan Canva sebagai platform desain yang mudah diakses terbukti efektif meminimalisasi hambatan teknis yang sering menghalangi guru dalam mengadopsi teknologi di kelas (Aliyyah et al., 2025), sekaligus mengindikasikan bahwa aktivitas berbasis teka-teki dirasakan menarik alih-alih membebani siswa. Secara praktis, guru dengan keahlian teknologi terbatas pun diprediksi mampu mengadopsi *E-Book* ini secara berkelanjutan dengan pelatihan minimal. Tren kepraktisan yang tinggi akibat penggunaan platform berarus rendah ini juga dilaporkan pada media matematika digital lain, seperti *E-Book* flipbook teorema Pythagoras (Millah & Sulianto, 2025), buku elektronik berbasis proyek materi perkalian dengan skor 92–100% (Pramesti et al., 2025), serta e-modul kontekstual pariwisata berbasis Canva yang memperoleh peringkat kepraktisan 88,5–89,2% dari siswa (Akmaliah et al., 2026).

Signifikansi peningkatan skor pretest ke posttest menjadi bukti kuat bahwa teka-teki kriptoaritmatika berhasil menstimulasi indikator berpikir logis siswa, yang meliputi identifikasi pola, perumusan hipotesis, verifikasi, dan penarikan kesimpulan (Tripo & Debrenti, 2026). Temuan ini konsisten dengan riset AI dan literasi teknologi yang menyatakan bahwa alat digital berbasis kerangka teoritis jelas serta desain instruksional sistematis mampu menghasilkan peningkatan terukur pada kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa (Martis, 2026), serta selaras dengan aspek kegunaan praktis teknologi yang menentukan keberlanjutan peningkatan pembelajaran di kelas nyata (Antón-Sancho & Cañibano-Arias, 2026). Hasil ini juga sangat konsisten dengan *BigBook* berbasis Kriptaritma yang secara andal merangsang penalaran logis siswa kelas tiga dari rata-rata 47,64 ke 69,41 (Pradani et al., 2025), serta media Papan Matematika berbasis ADDIE yang efektif menghasilkan *N-Gain* berpikir logis sebesar 0,7996 pada siswa kelas empat (Wulandari & Relmasira, 2025). Selain itu, besarnya peningkatan ini sejajar dengan efek besar *E-Book* interaktif berbasis konteks kearifan lokal yang menghasilkan *N-Gain* kelompok eksperimen sebesar 0,89 (Luritawaty et al., 2026), dan buku digital etnomatematika dengan pendekatan PMRI yang secara signifikan meningkatkan keterampilan koneksi matematika serta kepercayaan diri siswa (Marlina et al., 2026).

Efektivitas serupa juga dilaporkan pada *E-Book* bergaya flipbook berbasis studi kasus yang meningkatkan hasil belajar sebesar 18% di atas kelas cetak (Siregar, 2025), serta *E-Book* interaktif berbasis proyek materi perkalian (Pramesti et al., 2025), yang secara kolektif menunjukkan bahwa media digital interaktif terstruktur andal mengungguli pengajaran berbasis cetak konvensional di berbagai bidang konten. Dampak positif ini juga terlihat pada peningkatan penalaran matematika siswa (*N-*

Gain 0,73) karena teka-teki krypto-aritmatika melibatkan empat indikator inti: memperlakukan penalaran/pembuktian sebagai hal esensial, membentuk dugaan, menilai argumen, dan memilih metode pembuktian. Proses substitusi simbol dan verifikasi batasan aritmatika memaksa siswa mengajukan serta merevisi dugaan secara berulang dalam siklus argumentasi matematis, bukan sekadar menghafal prosedur (Lessing & Ogbonnaya, 2026). Temuan ini konsisten dengan penggunaan E-Book interaktif berbasis pembelajaran mendalam dan kearifan lokal yang mendongkrak pemikiran kritis siswa (Luritawaty et al., 2026).

Hasil analisis menunjukkan adanya disparitas capaian antara keterampilan penalaran matematika (0,73) dan kemampuan berpikir logis (0,81), yang mengindikasikan tingginya tuntutan kognitif siswa dalam memvalidasi serta mengevaluasi argumen matematika ketimbang sekadar mengidentifikasi pola. Fenomena ini mengisyaratkan bahwa penguatan penalaran matematika memerlukan durasi latihan yang lebih panjang serta stimulasi proses argumentasi yang lebih eksplisit untuk menyamai capaian kemampuan berpikir logis. Kendati demikian, temuan ini membuktikan bahwa *E-Book* Krypto-Aritmatika tidak hanya efektif menumbuhkan penalaran logis, tetapi juga menjadi instrumen praktis bagi siswa sekolah dasar dalam mengonstruksi serta mempertahankan argumen matematis. Secara teoritis, rekonstruksi kryptoaritmatika dari teka-teki rekreatif menjadi media pembelajaran digital yang valid dan efektif ini berhasil memperkaya literatur pedagogi matematika. Secara praktis, guru dapat memanfaatkannya sebagai materi suplemen untuk menciptakan kelas berbasis argumentasi yang interaktif, sementara para desainer instruksional disarankan mengadopsi struktur tingkat kesulitan bertahap beserta latihan reflektif guna menjaga stabilitas dampak kognitif produk. Meskipun efektivitasnya teruji, keterbatasan

ukuran sampel dan durasi implementasi yang singkat dalam penelitian ini membuka peluang bagi riset longitudinal di masa mendatang dengan subjek yang lebih luas untuk menganalisis retensi dampak jangka panjang serta komparasi efektivitasnya dengan media berbasis teka-teki lainnya.

PENUTUP

Penelitian ini berhasil mengembangkan *E-Book* Krypto-Aritmatika kelas empat sekolah dasar menggunakan model ADDIE yang terbukti sangat valid dengan skor materi 96% dan skor media/desain 92%. Media pembelajaran ini juga dinilai sangat praktis dengan tingkat keterpakaian mencapai 100% menurut penilaian guru dan 96% dari respons siswa, sehingga sangat layak dan mudah untuk diimplementasikan dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar. Secara teoritis dan praktis, pengembangan e-book ini membuktikan bahwa teka-teki numerik konvensional seperti kryptoaritmatika dapat dikemas secara sistematis ke dalam format digital interaktif yang mampu mendukung peran guru dalam menciptakan suasana kelas yang lebih menarik, bermakna, dan berpusat pada siswa.

Lebih lanjut, *e-book* ini terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan kognitif siswa secara signifikan, yang ditunjukkan oleh perolehan nilai N-Gain berkategori tinggi sebesar 0,81 untuk berpikir logis dan 0,73 untuk keterampilan penalaran matematika. Peningkatan ini berhasil dicapai karena aktivitas berbasis teka-teki substitusi simbol numerik di dalam e-book secara aktif melatih siswa untuk mengidentifikasi pola, merumuskan hipotesis, serta membangun argumen matematis secara mandiri. Meskipun efektivitasnya telah teruji secara nyata, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada skala sampel tunggal yang kecil dan durasi implementasi yang singkat, sehingga disarankan bagi penelitian selanjutnya untuk memperluas cakupan materi, menguji pada populasi siswa

yang lebih beragam, serta meneliti dampak jangka panjangnya melalui desain longitudinal.

REFERENSI

- Abu Bakar, D. N. N. P., Shahrill, M., & Zakariya, Y. F. (2023). Digital Escape Game and Students' Learning Outcomes in Mathematics: Experience From Brunei. *SAGE Open*, 13(4), 1–14. <https://doi.org/10.1177/21582440231216838>
- Akmaliah, V. Z., Setyo, A., Lestari, B., & Khoiri, M. (2026). Pengembangan E-Modul Matematika Berbasis Potensi Wisata Kota Pasuruan pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar kecanggihannya , termasuk dalam dunia pendidikan . Guru berkesempatan memanfaatkan dan mendorong peserta didik untuk aktif serta mandiri dalam proses. *Aljabar : Jurnal Ilmuan Pendidikan, Matematika Dan Kebumian*, 2 (1)(2), 78–88. <https://doi.org/10.62383/aljabar.v2i1.940>
- Aliyyah, R. R., Prasetyo, T., & Widyasari, W. (2025). Perspectives of Teachers on Digital Literacy Implementation Curriculum in Elementary Schools. *F1000Research*, 14, 1–20. <https://doi.org/10.12688/f1000research.172273.1>
- Antón-Sancho, Á., & Cañibano-Arias, E. (2026). Influencing Factors of Math Anxiety Among Elementary School Students. *Behavioral Sciences*, 16(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/bs16030359>
- Ashari, R., Syarif, A., & Budiono, H. (2026). Pengembangan Game Edukatif Berorientasi Kemampuan Berpikir Logis Kelas 2 Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 11 (1)(3), 148–158. <https://doi.org/10.23969/jp.v11i01.40936>
- Braithwaite, D. W., & Rafferty, A. N. (2025). Knowledge of examples affects conditional reasoning with mathematical content. *Thinking & Reasoning*, 1–36. <https://doi.org/10.1080/13598291.2025.2560995>
- Branch, R. M. (2021). *Instructional Design: The ADDIE Approach* (Rev. Ed.). Springer.
- Çibukçiu, B. (2025). The relationship between constructivist approach and inclusive education in primary school. *Frontiers in Education*, 10(June), 1–6. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1600711>
- Foster, C. (2023). Problem solving in the mathematics curriculum: From domain-general strategies to domain-specific tactics. *Curriculum Journal*, 34(4), 594–612. <https://doi.org/10.1002/curj.213>
- Galagar Jr., A. D., & Escandallo, J. C. (2026). The Interplay between Instructional Scaffolding and Problem- solving Skills as Mediated by Task Enjoyment among Teacher Education Students. *International Journal of Multidisciplinary Educational Research and Innovation*, 4(2), 423–441. <https://doi.org/10.64637/632395>
- Hayati, M. N., & Rhomdani, R. W. (2025). Efektivitas Problem Based Learning Berbantuan LKPD Interaktif terhadap Berpikir Logis Matematis Siswa. *Tirtamath: Jurnal Penelitian Dan Pengajaran Matematika*, 7(1), 106–119. <https://doi.org/10.48181/tirtamath.v7i1.32573>
- Hussein, M. H., Ow, S. H., Elaish, M. M., & Jensen, E. O. (2022). Digital game-based learning in K-12 mathematics education: a systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 27(2), 2859–2891. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10721-x>
- Kasım, M., & Deringöl, Y. (2025). The impact of technology-assisted mathematical modeling on a 4th grade student with mathematical learning difficulties. *Education and Information Technologies*, 30(1), 985–1012.

- <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13214-9>
- Khalia, S., Mufliva, R., Pradani, Q. P., & Septia, E. (2024). Development of an Ethnomathematics-Based Worksheet Integrating the Traditional Engklek Game to Enhance Elementary Students' Spatial Ability on Cuboid Nets. *International Conference on Elementary Education Volume, 8*, 718–731.
- Kirabo, E., Batiibwe, M. S. K., Mbulankende, J. S., & Lie, J. (2025). GeoGebra-supported problem-based learning for in-service primary mathematics teachers' 3D geometry understanding in a core primary teachers' college in Uganda. *Frontiers in Education, 10*(December). <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1713271>
- Lee, W.-C., & Lai, C.-L. (2024). Facilitating Mathematical Argumentation by Gamification: A Gamified Mobile Collaborative Learning Approach for Math Courses: Facilitating Mathematical Argumentation by Gamification: A Gamified Mobile Collaborative Learning Approach for Math Courses. *International Journal of Science & Mathematics Education, 22*(1), 11. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10462-6>
- Lessing, M. J., & Ogbonnaya, U. I. (2026). Reasoning and proof in mathematics education: a systematic literature review. *Discover Education, 5*(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-01016-1>
- Luritawaty, I. P., Supriyadi, E., & Afriansyah, E. A. (2026). Developing an interactive e-book integrating pedagogical deep learning and local wisdom to enhance digital literacy and mathematical critical thinking. *Jurnal Elemen, 12*(1), 124–142. <https://doi.org/10.29408/jel.v12i1.32526>
- Marlina, R., Hidayat, W., & Supriatna, T. (2026). Developing ethnomathematics-based interactive digital book to improve mathematical connections and self-confidence: The PMRI approach. *Kalamatikas: Jurnal Pendidikan Matematika, 11*(1), 120–145. <https://doi.org/10.22236/KALAMATIKA.vol11no1.2026pp120-145>
- Martis, R. (2026). *Artificial intelligence in education: mapping research trends, engagement and cognitive disengagement with evidence from global.* <https://doi.org/10.1108/RESEP-04-2026-0009>
- Millah, H., & Sulianto, J. (2025). Development of Augmented Reality Card Media to Increase Interest and Cognitive Learning Mathematics in the Elementary Schools. *International Journal of Research in ..., 5*(2), 191–204. <https://doi.org/10.26877/289y1249>
- Mohammed, M., Fatemah, A., & Hassan, L. (2024). Effects of Gamification on Motivations of Elementary School Students: An Action Research Field Experiment. *Simulation and Gaming, 55*(4), 600–636. <https://doi.org/10.1177/10468781241237389>
- Moreno-Ríos, S., Mayoral, Á., Gordo, C., Moreno-Fernández, M., & Espino, O. (2025). What children and adults understand when a conditional is said to be false. *Acta Psychologica, 260*(September). <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105559>
- Ni, X., Nuryana, Z., Lu, S., & Xu, W. (2025). A systematic literature review of mathematics interactive games in elementary education. *Interactive Learning Environments, 4820*, 1–28. <https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2538745>
- Nurhaswinda, N., Muhmitha, A., Rahma, S., Zhafira, N., Elfani, T., & Arlin, R. (2026). Penerapan Logika Matematika dalam Pembelajaran Matematika Sekolah Dasar.

- Catha : Journal of Creative and Innovative Research*, 3(2), 1–7.
<https://doi.org/10.31004/catha.v3i2.173>
- Östergren, R., Träff, U., Elofsson, J., Hesser, H., & Samuelsson, J. (2024). Memorization versus conceptual practice with number combinations: their effects on second graders with different types of mathematical learning difficulties. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 68(6), 1155–1170.
<https://doi.org/10.1080/00313831.2023.2211983>
- Osterhaus, C., & Koerber, S. (2025). Domain-general scientific reasoning abilities in kindergarten independently predict the mathematics ability of elementary school children. *British Journal of Developmental Psychology*, March 2025, 134–145.
<https://doi.org/10.1111/bjdp.70013>
- Pradani, A. P., Apriyanti, S. N., & Khoirunnisa, A. (2025). Peran Media Big Book Berbasis Cryptarithm dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Logis Siswa Kelas 3 pada Mata Pelajaran Matematika. *Jurnal Fakultas Keguruan & Ilmu Pendidikan*, 6(2), 2025.
<https://ejurnal.unisa.ac.id/index.php/jfkip/id/article/view/15>
- Pramesti, I. D. A. M. G., Wiarta, I. W., & Anzelina, D. (2025). Interactive E-Book Learning Media Based on Project Based Learning on Mathematics Content Multiplication Material in Grade V Elementary School. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 9(3), 447–457.
<https://doi.org/10.23887/jisd.v9i3.96146>
- Rogge, T., & Herzig, B. (2025). Enhancing Pre-Service Teachers' Reflective Competence Through Structured Video Annotation. *Education Sciences*, 15(9), 1–19.
<https://doi.org/10.3390/educsci15091146>
- Shimizu, Y. (2025). Relation Between Mathematics Self-Efficacy, Mathematics Anxiety, Behavioural Engagement, and Mathematics Achievement in Japan. *Psychology International*, 7(2), 36.
<https://doi.org/10.3390/psycholint7020036>
- Siregar, R. S. (2025). Peningkatan Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas X Melalui Pengembangan Bahan Ajar E-Book Flipbook Berbasis Studi Kasus Di Madrasah Aliyah Negeri 3 Medan. *Nusantara Hasana Journal*, 4(9), Page.
<https://doi.org/10.59003/nhj.v4i9.1333>
- Spatioti, A. G., Kazanidis, I., & Pange, J. (2022). A Comparative Study of the ADDIE Instructional Design Model in Distance Education. *Information (Switzerland)*, 13(9), 1–20.
<https://doi.org/10.3390/info13090402>
- Susanti, D., Fauziah, A. D., & Susila, A. B. (2023). E-Modules of dynamic fluid using Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) approach android applications. *Journal of Physics: Conference Series*, 2596(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2596/1/012082>
- Torregrosa, A., & Albarracín, L. (2025). Characterizing metacognitive processes and mathematical skills during problem solving by using a non-linear orientation base as a self-regulation tool. In *Educational Studies in Mathematics*. Springer Netherlands.
<https://doi.org/10.1007/s10649-025-10451-8>
- Tripo, J., & Debrenti, E. (2026). Mathematical development through non-digital instruction: a meta-analysis of primary and middle school education. *Frontiers in Education*, 11(May).
<https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1729068>
- Wakjira, G. T., Ayele, M. A., & Birhanu, Z. K. (2026). Effect of the integrated cooperative problem solving and multiple representations approach on mathematical problem solving skills. *Discover Education*, 5(1).

<https://doi.org/10.1007/s44217-026-01353-9>

- Wulandari, F., & Relmasira, S. C. (2025). Enhancing Fourth-Grade Students' Logical Thinking in Mathematics Through Interactive Math Board Learning Media. *Journal of Innovation and Research in Primary Education*, 4(4), 1990–1999. <https://doi.org/10.56916/jirpe.v4i4.1998>
- Yohannes, A., Chen, H.-L., & Chang, C.-C. (2023). Effect of an interactive e-book on middle school students' mathematics reading and spatial ability. *Educational Technology Research and Development*, 71, 1869–1886. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10225-0>
- Yumiati, Y., Wahyuningrum, E., Sudirman, S., Isnawan, M. G., Rofiki, I., Darmawan, P., Elizar, E., & Anwar, A. (2026). Cryptarithmic as an Epistemic Task: Revealing Elementary Students' Numerical Reasoning Under Constraint-Based Problem Solving. *Journal of Curriculum Studies Research*, 8(1), 408–433. <https://doi.org/10.46303/jcsr.2026.21>
- Zhu, Y., & Guo, L. (2026). Why some students excel in mathematics: growth mindset, intrinsic motivation, and school autonomy in top-performing Asian and Western economies. *Large-Scale Assessments in Education*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s40536-026-00295-w>