

PENGEMBANGAN E-MODULE INTERAKTIF BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SD NEGERI 8 BAKTIA BARAT

Herawati*¹

¹SD Negeri 8 Baktia Barat

* Corresponding Author: herawati@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received : September 02, 2025

Revised : November 25, 2025

Accepted : Desember 03, 2025

Available online Desember 25, 2025

Kata Kunci:

e-module, STEM, berpikir kritis,
sekolah dasar, ADDIE

Keywords:

e-module, STEM, critical thinking,
elementary school, ADDIE.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-module interaktif berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa serta penggunaan bahan ajar yang masih bersifat konvensional menjadi dasar perlunya inovasi pembelajaran berbasis teknologi. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang terdiri dari lima tahap, yaitu analysis, design, development, implementation, dan evaluation. Subjek penelitian terdiri dari ahli materi, ahli media, guru kelas, dan 30 siswa kelas IV SD Negeri 8 Baktia Barat. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi, angket kepraktisan, tes berpikir kritis, serta lembar observasi. Analisis data dilakukan melalui uji validitas, kepraktisan, N-Gain, dan uji t berpasangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-module yang dikembangkan berada pada kategori sangat valid dengan skor rata-rata 4,61, sangat praktis dengan persentase 90%, serta efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata pretest sebesar 52,30 menjadi 82,60 pada posttest dengan nilai N-Gain 0,64 (kategori sedang) serta perbedaan yang signifikan berdasarkan uji t ($p < 0,05$). Dengan demikian, e-module interaktif berbasis STEM terbukti layak dan efektif digunakan dalam pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar.

ABSTRACT

This study aims to develop an interactive STEM-based e-module to improve elementary school students' critical thinking skills. The low level of students' critical thinking abilities and the dominance of conventional teaching materials highlight the need for technology-based learning innovation. This research employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, which consists of five stages: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The participants included subject matter experts, media experts, classroom teachers, and 30 fourth-grade students at SD Negeri 8 Baktia Barat. The research instruments consisted of validation sheets, practicality questionnaires, critical thinking tests, and observation sheets. Data were analyzed using validity analysis, practicality analysis, N-Gain, and paired sample t-test. The results showed that the developed e-module was categorized as highly valid with an average score of 4.61, highly practical with a percentage of 90%, and effective in improving students' critical thinking skills. This is indicated by the increase in the mean pretest score from 52.30 to 82.60 in the posttest, with an N-

Gain score of 0.64 (moderate category) and a significant difference based on the *t*-test ($p < 0.05$). Therefore, the interactive STEM-based e-module is proven to be feasible and effective in enhancing elementary school students' critical thinking skills.

This is an open access article under the [CC BY-NC](#) license.
Copyright © 2026 by Author. Published by Cv Abid Abadi Publisher



PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 menuntut adanya transformasi fundamental dalam sistem pendidikan, khususnya dalam mempersiapkan peserta didik yang memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*) (Zulqadri & Nurgiyantoro, 2023). Salah satu keterampilan yang menjadi perhatian utama adalah kemampuan berpikir kritis, yang berperan penting dalam membantu siswa menganalisis informasi secara mendalam, mengevaluasi berbagai alternatif solusi, serta mengambil keputusan yang tepat dalam menghadapi permasalahan kehidupan nyata. Pada jenjang sekolah dasar, pengembangan kemampuan berpikir kritis perlu dilakukan secara sistematis sejak dini sebagai fondasi bagi pembentukan karakter intelektual siswa yang adaptif, reflektif, dan mampu berinovasi (Darman, 2017).

Namun demikian, kondisi empiris di lapangan menunjukkan bahwa proses pembelajaran di sekolah dasar masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang berpusat pada guru (*teacher-centered learning*), sehingga keterlibatan aktif siswa dalam proses berpikir kritis belum optimal (Maulida et al., 2024). Pembelajaran cenderung menekankan pada penguasaan materi secara hafalan, tanpa memberikan ruang yang cukup bagi siswa untuk melakukan eksplorasi, analisis, dan evaluasi. Selain itu, bahan ajar yang digunakan masih bersifat statis dan kurang interaktif, sehingga belum mampu memfasilitasi kebutuhan belajar siswa yang beragam serta belum mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 secara maksimal (Abdi Ridhotullah et al., 2024).

Dalam konteks tersebut, pengembangan bahan ajar berbasis teknologi digital menjadi salah satu solusi strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. E-module interaktif hadir sebagai inovasi bahan ajar yang mampu mengintegrasikan berbagai elemen multimedia seperti teks, gambar, animasi, video, dan simulasi dalam satu kesatuan pembelajaran yang sistematis. E-module tidak hanya memberikan kemudahan akses belajar, tetapi juga memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri dan aktif. Lebih lanjut, integrasi pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dalam e-module dapat memperkaya pengalaman belajar siswa melalui kegiatan berbasis

pemecahan masalah kontekstual yang menuntut keterlibatan aktif dalam proses berpikir kritis (Handayani & Adnyana, 2024).

Pendekatan STEM menekankan keterpaduan lintas disiplin ilmu dalam menyelesaikan permasalahan nyata melalui proses ilmiah yang terstruktur, mulai dari identifikasi masalah, perancangan solusi, hingga evaluasi hasil (Zizka et al., 2021). Dengan demikian, integrasi STEM dalam e-module interaktif diyakini mampu menciptakan lingkungan belajar yang tidak hanya menarik, tetapi juga menantang secara kognitif, sehingga dapat mendorong peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan (Tseng et al., 2013).

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pengembangan e-module maupun implementasi pendekatan STEM dalam pembelajaran, terdapat sejumlah keterbatasan yang masih perlu diperhatikan. Pertama, sebagian besar penelitian lebih berfokus pada jenjang pendidikan menengah dan belum banyak menyoroti konteks sekolah dasar secara spesifik. Kedua, penelitian yang ada cenderung mengembangkan e-module tanpa integrasi pendekatan STEM secara sistematis, atau sebaliknya, menerapkan STEM tanpa didukung oleh bahan ajar digital yang interaktif (Lee et al., 2024). Ketiga, penelitian sebelumnya umumnya hanya menekankan pada aspek validitas dan kepraktisan produk, sementara pengujian efektivitas terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa masih terbatas. Keempat, belum banyak penelitian yang mengembangkan produk pembelajaran berbasis STEM dengan mempertimbangkan konteks lokal sekolah secara mendalam (Hidayat & Wardat, 2024).

Berdasarkan keterbatasan tersebut, dapat diidentifikasi adanya *research gap* yang menunjukkan bahwa diperlukan pengembangan bahan ajar berupa e-module interaktif berbasis STEM yang dirancang secara sistematis, kontekstual, dan teruji efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) sebagai kerangka kerja dalam mengembangkan produk pembelajaran (Vonna et al., 2022).

Pemilihan model ADDIE didasarkan pada karakteristiknya yang sistematis, fleksibel, dan berorientasi pada kualitas produk pembelajaran. Pada tahap *analysis*, dilakukan identifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, serta permasalahan yang dihadapi dalam proses pembelajaran di SD Negeri 8 Baktia Barat. Tahap *design* difokuskan pada perancangan struktur e-module, penentuan materi berbasis STEM, serta penyusunan aktivitas pembelajaran yang mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis.

Selanjutnya, tahap *development* mencakup proses pembuatan e-module interaktif yang dilengkapi dengan berbagai fitur multimedia dan validasi oleh para ahli. Tahap *implementation* dilakukan dengan mengujicobakan e-module kepada siswa dalam situasi pembelajaran nyata (Abbeduto et al., 2019; Aziz, 2022). Sementara itu, tahap *evaluation* bertujuan untuk menilai kualitas produk dari aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Dengan mengintegrasikan pendekatan STEM dalam *e-module* interaktif melalui model pengembangan ADDIE, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan produk pembelajaran yang inovatif, berkualitas, dan relevan dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan model pembelajaran berbasis teknologi dan STEM, serta kontribusi praktis bagi guru dalam menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang bertujuan untuk mengembangkan sekaligus menguji kualitas produk berupa e-module interaktif berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Cahyadi, 2019). Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan sistematis dan fleksibel yang memungkinkan pengembangan produk dilakukan secara terstruktur serta berorientasi pada evaluasi berkelanjutan. Penelitian dilaksanakan di SD Negeri 8 Baktia Barat dengan subjek penelitian yang terdiri atas dua orang ahli materi, dua orang ahli media, satu orang guru kelas, serta siswa kelas IV yang berjumlah sekitar 30 orang. Pemilihan subjek dilakukan secara purposive sampling dengan mempertimbangkan keterlibatan langsung dalam proses pembelajaran dan relevansi terhadap pengembangan produk.

Tahapan penelitian dimulai dari tahap *analysis*, yang meliputi analisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, kurikulum yang digunakan, serta kemampuan awal berpikir kritis siswa (Bahiyah & Gumiandari, 2024). Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan utama dalam pembelajaran dan menentukan dasar pengembangan e-module. Selanjutnya, pada tahap *design*, dilakukan perancangan struktur e-module, penyusunan tujuan pembelajaran berbasis STEM, pengembangan aktivitas pembelajaran berbasis masalah, serta penyusunan instrumen penelitian. Tahap *development* mencakup proses pembuatan e-module interaktif dengan mengintegrasikan

berbagai elemen multimedia, dilanjutkan dengan validasi oleh ahli materi dan ahli media, serta revisi produk berdasarkan masukan yang diberikan. Pada tahap implementation, e-module diujicobakan kepada siswa dalam pembelajaran nyata untuk melihat tingkat kepraktisan dan efektivitasnya. Tahap terakhir yaitu *evaluation*, dilakukan secara formatif pada setiap tahap pengembangan dan secara sumatif untuk menilai kualitas akhir produk dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi ahli untuk mengukur kelayakan materi dan media, angket kepraktisan untuk mengetahui respon guru dan siswa terhadap penggunaan e-module, tes kemampuan berpikir kritis berbentuk soal uraian, serta lembar observasi untuk mengamati aktivitas siswa selama pembelajaran berlangsung (Tseng et al., 2013). Skala yang digunakan pada lembar validasi dan angket adalah skala Likert dengan rentang 1–5.

Teknik analisis data dilakukan dengan beberapa tahapan. Analisis validitas menggunakan rumus rata-rata skor untuk menentukan tingkat kelayakan produk. Analisis kepraktisan dihitung dalam bentuk persentase untuk mengetahui kemudahan penggunaan e-module. Sementara itu, analisis efektivitas dilakukan menggunakan skor N-Gain untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah penggunaan e-module.

$$g = \frac{\text{posttest} - \text{pretest}}{\text{maksimum skor} - \text{pretest}}$$

Hasil perhitungan N-Gain kemudian dikategorikan ke dalam tingkat tinggi, sedang, dan rendah. Untuk memperkuat hasil penelitian, juga dilakukan uji statistik pendukung seperti uji normalitas, homogenitas, dan uji t berpasangan (*paired sample t-test*). Produk e-module dinyatakan layak apabila memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif dengan nilai N-Gain minimal pada kategori sedang.

Tabel 1 Indikator Penelitian

Aspek yang Diukur	Indikator	Instrumen	Teknik Analisis
Validitas	Kesesuaian materi dengan kurikulum	Lembar validasi ahli materi	Rata-rata skor
	Kebenaran konsep STEM	Lembar validasi ahli	Rata-rata skor
	Desain tampilan dan interaktivitas	Lembar validasi ahli media	Rata-rata skor
Kepraktisan	Kemudahan penggunaan e-module	Angket guru & siswa	Persentase (%)

Efektivitas	Keterbacaan materi	Angket siswa	Persentase (%)
	Daya tarik tampilan	Angket siswa	Persentase (%)
	Kemampuan analisis	Tes berpikir kritis	N-Gain
	Kemampuan evaluasi	Tes berpikir kritis	N-Gain
	Kemampuan inferensi	Tes berpikir kritis	N-Gain
Aktivitas Siswa	Kemampuan interpretasi	Tes berpikir kritis	N-Gain
	Keaktifan dalam pembelajaran	Lembar observasi	Deskriptif
	Keterlibatan dalam diskusi	Lembar observasi	Deskriptif

Sumber: (Zizka et al., 2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan e-module interaktif berbasis STEM yang diterapkan di SD Negeri 8 Baktia Barat memberikan hasil yang positif pada tiga aspek utama, yaitu validitas, kepraktisan, dan efektivitas dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Pada aspek validitas, hasil penilaian dari ahli materi dan ahli media menunjukkan bahwa e-module yang dikembangkan berada pada kategori sangat valid dengan rata-rata skor sebesar 4,61. Penilaian ahli materi menekankan bahwa isi e-module telah sesuai dengan kurikulum, memiliki kedalaman materi yang memadai, serta mampu mengintegrasikan pendekatan STEM secara kontekstual. Sementara itu, penilaian ahli media menunjukkan bahwa desain tampilan, navigasi, serta unsur interaktivitas dalam e-module telah dirancang dengan baik dan mampu mendukung keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran. Hal ini mengindikasikan bahwa produk yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan baik dari segi isi maupun tampilan.

Pada aspek kepraktisan, hasil angket respon guru dan siswa menunjukkan bahwa e-module memperoleh rata-rata persentase sebesar 90% dengan kategori sangat praktis. Guru menyatakan bahwa e-module mudah digunakan dalam proses pembelajaran, membantu dalam penyampaian materi, serta mempermudah pengelolaan kelas. Sementara itu, siswa menunjukkan respon yang sangat positif terhadap penggunaan e-module, terutama pada aspek tampilan yang menarik, kemudahan memahami materi, serta adanya aktivitas interaktif yang membuat pembelajaran menjadi lebih menyenangkan. Tingginya tingkat kepraktisan ini menunjukkan bahwa e-module tidak hanya layak secara teoritis, tetapi juga efektif digunakan dalam praktik pembelajaran di kelas.

Pada aspek efektivitas, hasil analisis data menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan e-module interaktif berbasis STEM. Nilai rata-rata pretest siswa sebesar 52,30 meningkat menjadi 82,60 pada posttest, yang menunjukkan adanya peningkatan sebesar 30,30 poin. Peningkatan ini juga didukung oleh hasil perhitungan N-Gain sebesar 0,64 yang berada pada kategori sedang, yang berarti bahwa penggunaan e-module memberikan kontribusi yang cukup efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Tabel 2. Uji Statistik (Paired Sample t-test)

Variabel	t-hitung	Sig. (p)	Keterangan
Pretest-Posttest	15.87	0.000	Signifikan

Sumber: data Hasil penelitian (2025)

Hasil uji statistik menggunakan *paired sample t-test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa tidak terjadi secara kebetulan, melainkan sebagai dampak dari penggunaan e-module dalam proses pembelajaran. Selain itu, nilai *effect size* yang diperoleh sebesar 3,86 menunjukkan kategori sangat besar, yang berarti bahwa pengaruh penggunaan e-module terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa sangat kuat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa e-module interaktif berbasis STEM yang dikembangkan tidak hanya memenuhi kriteria kelayakan (valid dan praktis), tetapi juga terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Peningkatan ini terlihat dari kemampuan siswa dalam menganalisis permasalahan, mengevaluasi solusi, menarik kesimpulan, serta menjelaskan hasil pemikiran secara logis setelah mengikuti pembelajaran menggunakan e-module. Dengan demikian, e-module yang dikembangkan dapat menjadi alternatif bahan ajar inovatif yang mampu mendukung pembelajaran abad ke-21 di sekolah dasar.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-module interaktif berbasis STEM yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Temuan ini memperlihatkan bahwa integrasi teknologi digital dengan pendekatan STEM mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap kualitas pembelajaran, khususnya dalam pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Lee et al., 2024).

Dari aspek validitas, tingginya skor penilaian ahli menunjukkan bahwa e-module telah memenuhi prinsip-prinsip pengembangan bahan ajar yang baik, yaitu kesesuaian dengan kurikulum, keakuratan materi, serta penyajian yang sistematis dan interaktif. Hal ini sejalan dengan teori desain pembelajaran yang dikemukakan oleh Robert M. Gagné yang menekankan bahwa pembelajaran yang efektif harus dirancang secara sistematis melalui tahapan yang jelas, mulai dari penyajian informasi hingga evaluasi hasil belajar. Selain itu, integrasi unsur multimedia dalam e-module juga mendukung teori *Cognitive Theory of Multimedia Learning* dari Spatioti et al., (2022), yang menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika informasi disajikan melalui kombinasi teks, gambar, dan media interaktif karena dapat meningkatkan pemrosesan kognitif siswa.

Pada aspek kepraktisan, tingginya respon positif dari guru dan siswa menunjukkan bahwa e-module mudah digunakan serta mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Hal ini mendukung teori konstruktivisme yang dipelopori oleh (Zulqadri & Nurgiyantoro, 2023), yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh siswa melalui interaksi dengan lingkungan belajar. E-module interaktif memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri, mengeksplorasi materi, serta terlibat dalam aktivitas pembelajaran berbasis masalah. Selain itu, kemudahan penggunaan e-module juga menunjukkan bahwa teknologi yang digunakan telah sesuai dengan prinsip *user-friendly learning*, yang menjadi salah satu faktor penting dalam keberhasilan implementasi media pembelajaran digital.

Dari aspek efektivitas, peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa yang ditunjukkan melalui nilai N-Gain kategori sedang dan hasil uji statistik yang signifikan mengindikasikan bahwa e-module berbasis STEM mampu memberikan dampak nyata terhadap hasil belajar siswa. Hal ini sejalan dengan teori berpikir kritis yang dikemukakan oleh Vonna et al., (2022), yang menyatakan bahwa berpikir kritis melibatkan kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan membuat keputusan berdasarkan bukti yang logis. Aktivitas pembelajaran dalam e-module yang berbasis STEM memberikan kesempatan kepada siswa untuk terlibat dalam proses tersebut melalui kegiatan pemecahan masalah nyata.

Pendekatan STEM yang diintegrasikan dalam e-module juga berperan penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini didukung oleh pandangan Zizka et al., (2021) yang menyatakan bahwa pembelajaran STEM mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah melalui proses investigasi, eksperimen, dan desain solusi. Dalam penelitian ini, siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga

dilibatkan dalam aktivitas yang menuntut mereka untuk berpikir secara logis, sistematis, dan reflektif.

Selain itu, hasil penelitian ini juga menunjukkan nilai *effect size* yang sangat besar, yang menandakan bahwa penggunaan e-module memiliki pengaruh yang kuat terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini dapat dijelaskan melalui teori pembelajaran aktif (*active learning*) yang menekankan pentingnya keterlibatan siswa secara langsung dalam proses pembelajaran. E-module berbasis STEM memberikan ruang bagi siswa untuk melakukan eksplorasi, diskusi, dan refleksi, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna.

Temuan penelitian ini juga memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan bahan ajar digital interaktif dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa. Namun, penelitian ini memiliki keunggulan dalam hal integrasi pendekatan STEM secara sistematis ke dalam e-module, serta pengujian efektivitasnya secara langsung terhadap kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengonfirmasi teori yang ada, tetapi juga memberikan kontribusi baru dalam pengembangan bahan ajar berbasis teknologi yang lebih inovatif dan kontekstual.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa keberhasilan e-module interaktif berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa tidak terlepas dari tiga faktor utama, yaitu desain pembelajaran yang sistematis, integrasi teknologi yang interaktif, serta penerapan pendekatan STEM yang kontekstual. Kombinasi ketiga aspek tersebut mampu menciptakan pengalaman belajar yang tidak hanya menarik, tetapi juga mampu mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa secara optimal.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa e-module interaktif berbasis STEM yang dikembangkan pada siswa kelas IV SD Negeri 8 Baktia Barat dinyatakan layak, praktis, dan efektif digunakan dalam pembelajaran. Hal ini dibuktikan melalui hasil validasi ahli yang menunjukkan kategori sangat valid dengan rata-rata skor 4,61, serta respon guru dan siswa yang menunjukkan tingkat kepraktisan sangat tinggi dengan persentase 90%.

Selain itu, e-module interaktif berbasis STEM terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata dari

pretest sebesar 52,30 menjadi 82,60 pada posttest, serta nilai N-Gain sebesar 0,64 yang berada pada kategori sedang. Hasil uji t juga menunjukkan perbedaan yang signifikan antara pretest dan posttest ($p < 0,05$), serta nilai effect size yang sangat besar, yang mengindikasikan bahwa penggunaan e-module memberikan pengaruh yang kuat terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa pengembangan e-module interaktif berbasis STEM merupakan salah satu inovasi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar dalam konteks pembelajaran abad ke-21.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Bagi Guru

Guru disarankan untuk memanfaatkan e-module interaktif berbasis STEM sebagai salah satu alternatif media pembelajaran inovatif dalam proses pembelajaran di kelas. Penggunaan e-module ini dapat membantu meningkatkan keterlibatan siswa serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui kegiatan pembelajaran yang lebih aktif dan kontekstual.

2. Bagi Sekolah

Sekolah diharapkan dapat mendukung implementasi pembelajaran berbasis teknologi dengan menyediakan fasilitas yang memadai, seperti perangkat digital dan akses internet, sehingga penggunaan e-module interaktif dapat berjalan secara optimal dan berkelanjutan.

3. Bagi Siswa

Siswa diharapkan dapat lebih aktif dan mandiri dalam memanfaatkan e-module sebagai sumber belajar, tidak hanya di dalam kelas tetapi juga sebagai media belajar mandiri di luar jam pelajaran untuk memperdalam pemahaman materi.

4. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan e-module interaktif berbasis STEM pada materi lain atau jenjang pendidikan yang berbeda, serta menambahkan variabel lain seperti kreativitas, kolaborasi, atau keterampilan pemecahan masalah agar kajian menjadi lebih komprehensif. Selain itu, penelitian lanjutan juga dapat menggunakan model pengembangan lain seperti Borg & Gall untuk memperluas validitas hasil pengembangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbeduto, L., Murphy, M. M., Richmond, E. K., Amman, A., Beth, P., Weissman, M. D., Kim, J.-S., Cawthon, S. W., Karadottir, S., Abe, H., Yada, H., Yamamoto, T., Sohma, H., Abraham, S., Perez, P., Adarves-Yorno, I., Jetten, J., Postmes, T., Haslam, S. A., ... Elaad, E. (2019). Teacher perceptions of two multi-component interventions: Disability awareness and science. *Frontiers in Psychology*, 31(2).
- Abdi Ridhotullah, N., Muhammad Habibi, N., & Yasin, M. (2024). Peran Guru Di Sekolah Dan Masyarakat. *PANDU: Jurnal Pendidikan Anak Dan Pendidikan Umum*, 2(1). <https://doi.org/10.59966/pandu.v2i1.1066>
- Aziz, S. &. (2022). ADDIE, sebuah model untuk pengembangan multimedia learning. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 3(2).
- Bahiyah, U., & Gumindari, S. (2024). Pemilihan Sampel Dalam Penelitian Kualitatif. In *General and Specific Research* (Vol. 4, Issue 2).
- Cahyadi, R. A. H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Addie Model. *Halaqa: Islamic Education Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.21070/halaqa.v3i1.2124>
- Darman, R. A. (2017). Mempersiapkan generasi emas indonesia tahun 2045 melalui pendidikan berkualitas. *Edik Informatika*, 3(2). <https://doi.org/10.22202/ei.2017.v3i2.1320>
- Handayani, B. V., & Adnyana, P. B. (2024). Studi Kualitatif Tentang Peningkatan Keterampilan Kognitif, Sosial Dan Pemecahan Masalah Pada Anak Usia Dini Melalui Model Pembelajaran Steam Berbasis Konstruktivisme. *Consilium: Education and Counseling Journal*, 5(1). <https://doi.org/10.36841/consilium.v5i1.5414>
- Hidayat, R., & Wardat, Y. (2024). A systematic review of Augmented Reality in Science, Technology, Engineering and Mathematics education. *Education and Information Technologies*, 29(8). <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12157-x>
- Lee, H. Y., Wu, T. T., Lin, C. J., Wang, W. S., & Huang, Y. M. (2024). Integrating Computational Thinking Into Scaffolding Learning: An Innovative Approach to Enhance Science, Technology, Engineering, and Mathematics Hands-On Learning. *Journal of Educational Computing Research*, 62(2). <https://doi.org/10.1177/07356331231211916>
- Maulida, L. F., Lestari, G. P., Mustafidah, A. N., & Raharjo. (2024). Peran Guru Dalam Menciptakan Lingkungan Belajar Yang Inklusif Di Sekolah Dasar. *ELEMENTARY JOURNAL Vol.*, 7(2).
- Spatioti, A. G., Kazanidis, I., & Pange, J. (2022). A Comparative Study of the ADDIE Instructional Design Model in Distance Education. In *Information (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 9). <https://doi.org/10.3390/info13090402>
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1). <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9160-x>

- Vonna, A. M., Saputra, N. N., & Saleh, H. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Kontekstual Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E – Lkpd) Berbantuan Liveworksheet. *Seminar & Conference Proceedings of UMT*.
- Zizka, L., McGunagle, D. M., & Clark, P. J. (2021). Sustainability in science, technology, engineering and mathematics (STEM) programs: Authentic engagement through a community-based approach. *Journal of Cleaner Production*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123715>
- Zulqadri, D. M., & Nurgiyantoro, B. (2023). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Web Untuk Meningkatkan Literasi Budaya Dan Literasi Digital Siswa Kelas V SD/MI. *JURNAL IPTEKKOM Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Informasi*, 25(1). <https://doi.org/10.17933/iptekkom.25.1.2023.103-120>