



Development of STEM-based worksheets to improve critical thinking on matter topic

Edi Siswanto¹, Ashar Hasairin², Sumarno³

^{1,2,3}Universitas Negeri Medan, Kota Medan, Indonesia

ediswanto195@gmail.com¹, asharhasairin@unimed.ac.id², sumarno@unimed.ac.id³

ABSTRACT

The critical thinking skills of elementary school students remain relatively low, especially when studying the topic of changes in the form of matter. This situation requires the availability of contextual, systematic, and integrative learning tools. This study aims to develop a STEM-based Student Worksheet (LKPD) to improve critical thinking skills in IPAS subject among fourth-grade students. The development process followed the ADDIE model, which includes the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. Assessment was carried out through expert validation, practicality questionnaires from teachers and students, and effectiveness tests using pretest and posttest items. The validation results showed that the LKPD developed was highly feasible in terms of content, language, and visual design. Responses from teachers and students indicated that the LKPD was easy to use and engaging both visually and functionally. The effectiveness evaluation demonstrated a significant improvement in students' critical thinking skills after using the STEM-based LKPD in the learning process. These findings suggest that the developed LKPD is not only valid and practical but also contributes positively to students' learning outcomes. This study recommends the use of STEM-based LKPD as an instructional medium that promotes critical thinking skills from the early stages of education.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 1 Apr 2025

Revised: 24 Jul 2025

Accepted: 27 Jul 2025

Available online: 13 Aug 2025

Publish: 29 Aug 2025

Keywords:

critical thinking; IPAS; STEM; worksheets

Open access

Inovasi Kurikulum is a peer-reviewed open-access journal.

ABSTRAK

Keterampilan berpikir kritis peserta didik sekolah dasar masih tergolong rendah, terutama saat mempelajari materi perubahan wujud benda. Kondisi ini menuntut ketersediaan perangkat pembelajaran yang dirancang secara kontekstual, sistematis, dan terintegrasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada mata pelajaran IPAS kelas IV sekolah dasar. Proses pengembangan mengikuti model ADDIE yang mencakup tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Penilaian dilakukan melalui validasi oleh para ahli, angket kepraktisan dari guru dan peserta didik, serta pengukuran efektivitas menggunakan soal pretes dan postes. Hasil validasi menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan sangat layak digunakan berdasarkan aspek isi, kebahasaan, dan desain tampilan. Respon guru dan peserta didik menunjukkan bahwa LKPD tersebut mudah digunakan dan menarik secara visual maupun fungsional. Evaluasi efektivitas menunjukkan peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik secara signifikan setelah penggunaan LKPD berbasis STEM dalam proses pembelajaran. Hasil ini menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan tidak hanya valid dan praktis, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap pencapaian hasil belajar peserta didik. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan LKPD berbasis STEM sebagai media pembelajaran yang mendorong keterampilan berpikir kritis sejak jenjang pendidikan dasar.

Kata Kunci: berpikir kritis; IPAS; LKPD; STEM

How to cite (APA 7)

Siswanto, E., Hasairin, A., & Sumarno, S. (2025). Development of STEM-based worksheets to improve critical thinking on matter topic. *Inovasi Kurikulum*, 22(3), 1727-1742.

Peer review

This article has been peer-reviewed through the journal's standard double-blind peer review, where both the reviewers and authors are anonymised during review.

Copyright

2025, Edi Siswanto, Ashar Hasairin, Sumarno. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author, and source are credited. *Corresponding author: ediswanto195@gmail.com

INTRODUCTION

Penerapan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) di sekolah dasar telah menjadi strategi pedagogis yang menjanjikan dalam membentuk kompetensi abad ke-21. Integrasi keempat elemen STEM mendorong peserta didik untuk terlibat aktif dalam proses eksplorasi, eksperimen, dan penyelesaian masalah nyata, yang pada gilirannya memperkuat keterampilan berpikir tingkat tinggi (Pertiwi *et al.*, 2024). Salah satu keterampilan yang sangat penting untuk dikembangkan sejak pendidikan dasar adalah keterampilan berpikir kritis (Komara & Hadiapurwa, 2023; Setiawan *et al.*, 2024). Ketidakmampuan peserta didik dalam mengembangkan keterampilan ini terbukti berdampak pada rendahnya capaian kognitif jangka panjang, baik dalam aspek akademik maupun pengambilan keputusan kontekstual. Berdasarkan hasil survei PISA 2022, peringkat Indonesia dalam literasi sains masih tergolong rendah, yang menunjukkan adanya urgensi untuk memperbaiki pendekatan pembelajaran berbasis nalar kritis (Aditomo & Klieme, 2020). Upaya untuk mengintegrasikan pembelajaran IPAS dengan model berbasis STEM dinilai mampu mendorong peserta didik berpikir analitis, logis, dan reflektif terhadap berbagai fenomena ilmiah yang terjadi di sekitar mereka (Hacıoğlu & Gülhan, 2021). Penekanan ini menjadi semakin penting mengingat keterampilan berpikir kritis tidak hanya dibutuhkan untuk keberhasilan akademik, melainkan juga sebagai fondasi bagi literasi ilmiah dan kecakapan hidup abad ke-21 (Suparya *et al.*, 2025). Konsep pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis STEM hadir sebagai solusi strategis untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran berbasis proyek dan mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional yang transformatif.

Kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar IPAS sering kali muncul akibat hambatan epistemologis yang dialami peserta didik selama proses pembelajaran (Ardi *et al.*, 2025). Hambatan ini terjadi ketika peserta didik menghadapi kesenjangan antara pengetahuan awal yang mereka miliki dengan konsep ilmiah yang diajarkan, sehingga mereka cenderung memaknai materi secara keliru atau dangkal (Aliyah *et al.*, 2025). Ketidakmampuan dalam mengembangkan pola berpikir kritis menjadi salah satu faktor utama yang memperparah hambatan ini, sebab ketika peserta didik tidak mampu mengajukan pertanyaan mendalam, mengidentifikasi hubungan sebab-akibat, atau mengevaluasi informasi secara objektif, maka proses konstruksi pengetahuan ilmiah menjadi terhambat (Arda *et al.*, 2024; Milala *et al.*, 2024). Hambatan epistemologis tersebut berdampak pada rendahnya daya serap terhadap materi IPAS, terutama terkait fenomena konkret seperti perubahan wujud benda yang seharusnya dapat diamati dan dianalisis secara langsung melalui pendekatan berbasis STEM (Saputro *et al.*, 2025). Kondisi ini diperkuat oleh temuan lapangan di kelas IV SDN 104192 Tandam Hilir II yang menunjukkan proses pembelajaran masih didominasi oleh ceramah satu arah tanpa pendampingan media seperti LKPD, sehingga partisipasi aktif peserta didik dalam membangun pemahaman ilmiah sangat terbatas. Hasil observasi dan angket mengungkap bahwa 52% peserta didik belum mencapai nilai KKM dan merasa tidak terbimbing selama praktik karena ketiadaan alat bantu belajar sistematis. Wawancara dengan guru juga mengindikasikan keterbatasan dalam merancang LKPD berbasis proyek akibat waktu dan kemampuan yang terbatas. Oleh karena itu, hambatan epistemologis yang terjadi, baik dari sisi peserta didik maupun guru, menegaskan urgensi pengembangan media pembelajaran kontekstual seperti LKPD berbasis STEM yang mampu menstimulasi keaktifan, kemandirian, dan kemampuan berpikir kritis peserta didik secara terstruktur dan berkelanjutan.

Penguatan berpikir kritis dalam pembelajaran memerlukan integrasi dimensi utama berpikir tingkat tinggi yang meliputi interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, dan pengaturan diri (Budiarti *et al.*, 2023; Istiqomarie *et al.*, 2023). Dimensi-dimensi tersebut saling terhubung dan harus ditanamkan secara sistematis agar peserta didik tidak hanya menghafal, tetapi mampu menalar secara kritis (Mooduto, 2025). Penerapan pendekatan STEM mendukung tujuan ini melalui integrasi sains, teknologi, teknik, dan

matematika yang membentuk pembelajaran lintas disiplin (Antika *et al.*, 2024; Aswirna *et al.*, 2022). Setiap elemen STEM berperan penting: sains menumbuhkan eksplorasi fenomena, teknologi memfasilitasi proses digital, teknik mengasah keterampilan desain, dan matematika melatih representasi kuantitatif (Khairuna, 2023; Yani *et al.*, 2024; Zulfawati *et al.*, 2022). Keseluruhannya mendorong penguatan kompetensi 4C yang esensial dalam menjawab tantangan abad ke-21 (Waluyo & Wahyuni, 2021).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21 pada peserta didik sekolah dasar (Pramasdyasari *et al.*, 2024). Fokus utama penelitian tersebut berada pada pembelajaran fisika dan memperkuat keterampilan kolaboratif peserta didik serta keterampilan wirausaha (Rahayu *et al.*, 2025). Penelitian lain mengembangkan LKPD STEM untuk pencernaan manusia dan belum menyentuh materi aneka wujud benda (Sihombing & Hasruddin, 2024). Selain itu, pengembangan LKPD STEM pada materi teorema Pythagoras juga telah dilakukan dengan hasil peningkatan kemampuan peserta didik pada pemecahan masalah (Susanti *et al.*, 2025). Kajian-kajian tersebut belum secara spesifik menyasar materi aneka wujud benda dan perubahannya, padahal materi ini membutuhkan kemampuan berpikir kritis yang sistematis dan kontekstual. Sebagian besar penelitian juga belum menyusun LKPD berbasis STEM yang dirancang khusus untuk mengembangkan lima dimensi berpikir kritis secara terintegrasi dalam aktivitas pembelajaran IPAS. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan dengan mengembangkan LKPD berbasis STEM yang difokuskan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik sekolah dasar pada materi aneka wujud benda dan perubahannya

Kondisi pembelajaran yang belum optimal menuntut adanya solusi instruksional yang mampu menjawab kebutuhan pembelajaran IPAS secara kontekstual, integratif, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pengembangan LKPD berbasis STEM menjadi strategi yang relevan untuk menjembatani kesenjangan antara materi ajar dan kemampuan berpikir kritis peserta didik di sekolah dasar (Sunedi & Syaflin, 2024). LKPD yang dirancang dengan pendekatan STEM tidak hanya menyajikan informasi, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang menekankan pada proses eksplorasi, observasi, analisis, serta pemecahan masalah berbasis fenomena nyata (Dezola *et al.*, 2023). Karakteristik LKPD semacam ini memungkinkan peserta didik untuk membangun pemahaman secara mandiri, bekerja dalam kelompok secara kolaboratif, dan menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan kehidupan sehari-hari (Pebriana, 2023). Ketika LKPD disusun dengan pendekatan yang menekankan keterpaduan antar dimensi STEM, maka proses berpikir peserta didik akan terdorong secara sistematis melalui tahapan-tahapan kognitif yang lebih kompleks dan bermakna (Octaviani *et al.*, 2024). Penyediaan LKPD berbasis STEM juga berfungsi sebagai panduan praktis bagi guru dalam merancang aktivitas pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan Kurikulum Merdeka dan kebutuhan peserta didik di abad ke-21. Urgensi ini menegaskan bahwa pengembangan LKPD berbasis STEM bukan hanya pilihan pedagogis, melainkan sebuah kebutuhan strategis untuk mewujudkan pembelajaran IPAS yang bermakna dan transformatif di jenjang sekolah dasar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) yang sesuai dengan karakteristik peserta didik sekolah dasar. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur tingkat kepraktisan LKPD tersebut melalui uji keterpakaian oleh guru dan peserta didik dalam konteks pembelajaran aktual. Selanjutnya, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan produk LKPD yang efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik sekolah dasar pada materi aneka wujud benda dan perubahannya.

LITERATURE REVIEW

Lembar kerja peserta didik (LKPD)

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan perangkat ajar berbasis aktivitas yang dirancang untuk membimbing peserta didik dalam memahami konsep, menyelesaikan tugas, dan membangun keterampilan berpikir secara terstruktur. Penyusunan LKPD yang berkualitas harus memenuhi sejumlah kriteria penting, antara lain kesesuaian dengan capaian pembelajaran, relevansi isi terhadap konteks peserta didik, serta kemampuan untuk mendorong aktivitas belajar mandiri maupun kolaboratif (Shinta & Sari, 2024). Fungsi utama LKPD mencakup fasilitasi proses belajar, pemberian panduan eksplisit kepada peserta didik, dan penyediaan ruang untuk melatih keterampilan melalui latihan yang kontekstual (Sari & Fathurrahman, 2024). Tujuan penyusunannya mencakup upaya mempermudah peserta didik dalam memahami konsep, melatih kemandirian belajar, serta menyediakan format pembelajaran yang fleksibel dan dapat digunakan secara mandiri (Hasanah *et al.*, 2023). Proses penyusunan LKPD dimulai dari analisis kebutuhan pembelajaran, pemetaan capaian pembelajaran, perancangan langkah kerja, hingga pembuatan isi materi yang disesuaikan dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik.

Persyaratan pengembangan LKPD meliputi tiga aspek utama: didaktik, konstruksi, dan teknis. Aspek didaktik mencakup prinsip kebermaknaan materi bagi peserta didik, sedangkan konstruksi mencakup kejelasan bahasa, struktur kalimat, dan logika isi. Aspek teknis meliputi desain visual, konsistensi elemen grafis, serta keterbacaan yang sesuai dengan jenjang pendidikan dasar (Rani *et al.*, 2024). Keunggulan LKPD terletak pada kemampuannya dalam meningkatkan partisipasi aktif, memperkuat pemahaman konsep, dan mendorong keterampilan berpikir kritis secara sistematis (Agustin *et al.*, 2024). Berdasarkan bentuk dan fungsinya, LKPD diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis seperti LKPD penemuan, penuntun, penguatan, aplikatif-integratif, serta praktikum. Masing-masing jenis disesuaikan dengan tujuan pembelajaran tertentu, seperti LKPD praktikum yang dirancang untuk mendukung pelaksanaan kegiatan eksperimen berbasis proyek dalam pembelajaran IPAS. Keberagaman jenis LKPD memberikan fleksibilitas bagi guru dalam menyesuaikan rancangan media pembelajaran sesuai konteks materi dan kebutuhan peserta didik.

Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)

Pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) mengedepankan integrasi antardisiplin sebagai inti dalam pengembangan pembelajaran abad ke-21, dengan menggabungkan sains sebagai pemahaman fenomena alam, teknologi sebagai inovasi pemecahan masalah praktis, teknik sebagai proses perancangan solusi, dan matematika sebagai alat analisis kuantitatif (Safitri & Tanjung, 2023). Integrasi ini mendorong penguatan keterampilan berpikir kritis, komunikasi ilmiah, kolaborasi, dan kreativitas sejak pendidikan dasar (Milala *et al.*, 2024). Pendekatan STEM tidak hanya berorientasi pada penguasaan konten, tetapi juga menumbuhkan kemampuan *problem solving* melalui eksplorasi dan pengalaman nyata (Sabila *et al.*, 2023). Implementasi STEM umumnya menggunakan model pembelajaran berbasis proyek yang menuntut peserta didik bekerja dalam tim, merancang solusi, dan mengembangkan produk terhadap isu kontekstual yang mereka hadapi (Ikhsan *et al.*, 2025). Proses ini membentuk pola pikir terintegrasi dan mendorong peserta didik untuk menyusun serta menerapkan pengetahuan secara bermakna, bukan sekadar menerima informasi secara pasif (Yupani & Widana, 2023).

Landasan konseptual pendekatan STEM berpijak pada teori konstruktivisme yang menekankan peran aktif peserta didik dalam membangun pengetahuan melalui interaksi dengan lingkungan dan pengalaman belajar yang relevan (Bahtiar *et al.*, 2024). Keterlibatan langsung dalam observasi, perancangan, dan

evaluasi solusi dalam pembelajaran STEM mencerminkan prinsip-prinsip konstruktivistik yang menuntut partisipasi aktif peserta didik dalam seluruh proses belajar. Selain itu, teori perkembangan kognitif Piaget turut memperkuat pendekatan ini dengan menjelaskan bahwa pengetahuan berkembang melalui proses asimilasi, akomodasi, dan konflik kognitif yang dipicu oleh interaksi peserta didik dengan permasalahan nyata dalam lingkungannya (Adhelacahya *et al.*, 2023; Agustina & Yanthi, 2023). Kombinasi antara konstruktivisme dan teori perkembangan kognitif memberikan dasar teoritis yang kuat untuk merancang pembelajaran STEM yang mendorong aktivitas berpikir tingkat tinggi, pengalaman otentik, serta penciptaan makna secara individual dan kolaboratif.

Keterampilan berpikir kritis

Keterampilan berpikir kritis merupakan proses kognitif tingkat tinggi yang memungkinkan peserta didik untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyusun kesimpulan secara logis berdasarkan bukti yang relevan. Kemampuan ini berperan penting dalam pembelajaran sains karena menuntut peserta didik untuk tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menilai keakuratan informasi dan merumuskan solusi terhadap masalah nyata secara rasional (Mareti & Hadiyanti, 2021). Berdasarkan kajian terbaru, indikator utama berpikir kritis meliputi kemampuan menginterpretasi data, menganalisis struktur informasi, menyusun inferensi yang tepat, mengevaluasi argumen secara objektif, dan mengatur proses berpikir secara reflektif (Rofik *et al.*, 2025; Sopari *et al.*, 2022). Setiap indikator tersebut menggambarkan tahapan berpikir yang terintegrasi dalam proses pengambilan keputusan yang sistematis, yang sangat dibutuhkan dalam pembelajaran berbasis masalah maupun proyek di sekolah dasar.

Pelatihan keterampilan berpikir kritis dapat dilakukan melalui tahapan yang terstruktur, meliputi kemampuan menganalisis masalah, menyintesis informasi, memecahkan masalah, menyimpulkan secara logis, serta mengevaluasi argumen berdasarkan kriteria yang rasional. Strategi ini memungkinkan peserta didik untuk terlibat aktif dalam proses pengambilan keputusan dan merumuskan solusi berdasarkan bukti yang sah (Ilhamdi *et al.*, 2020). Ciri-ciri individu yang memiliki kemampuan berpikir kritis ditunjukkan melalui kepekaan terhadap kesalahan logika, kejujuran intelektual, sikap terbuka terhadap alternatif pandangan, serta kemampuan mengevaluasi informasi sebelum mengambil kesimpulan (Charolina *et al.*, 2021; Syukri *et al.*, 2023). Ciri lainnya mencakup kemampuan mengorganisasi pikiran secara sistematis, memahami kompleksitas persoalan, serta menunjukkan ketekunan dalam menyelesaikan masalah. Karakteristik tersebut menandakan bahwa berpikir kritis bukan hanya aktivitas kognitif, tetapi juga melibatkan disposisi mental dan sikap ilmiah yang terbentuk melalui latihan dan pengalaman belajar yang konsisten.

METHODS

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan tujuan utama untuk menghasilkan produk berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik sekolah dasar. Prosedur pengembangan disusun secara sistematis melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan produk, dan validasi, yang mengacu pada model pengembangan berbasis ADDIE yang dimodifikasi, sebagaimana yang dijelaskan Branch (2009) dalam buku "*Instructional Design: The ADDIE Approach*". Penelitian dilaksanakan di SDN 104192 Tandam Hilir II, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Subjek penelitian melibatkan peserta didik kelas IV sebagai pengguna LKPD, sementara objek penelitian berupa produk media pembelajaran LKPD berbasis STEM pada materi perubahan wujud benda. Pelibatan ahli materi, ahli media, dan guru kelas dilakukan pada tahap validasi guna menilai kelayakan isi dan tampilan media yang dikembangkan.

Prosedur penelitian mengikuti model pengembangan ADDIE yang dimodifikasi ke dalam lima tahapan utama, yaitu analisis, desain, pengembangan, penerapan, dan evaluasi. Tahap analisis dilakukan melalui pengumpulan data awal mengenai kebutuhan peserta didik dan kendala pembelajaran IPAS menggunakan observasi, wawancara, dan angket. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar perancangan LKPD pada tahap desain, yang mencakup penyusunan tujuan pembelajaran, peta konsep, pemetaan elemen STEM, serta perencanaan isi LKPD yang sesuai dengan karakteristik peserta didik sekolah dasar. Produk awal LKPD kemudian dikembangkan dalam bentuk prototipe yang divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan guru kelas untuk mendapatkan masukan terhadap kualitas isi, penyajian, dan kebahasaan. Prototipe yang telah melalui proses revisi selanjutnya diterapkan dalam uji coba terbatas kepada peserta didik kelas IV guna mengukur kepraktisan dan respon terhadap penggunaan media. Penilaian efektivitas LKPD dilaksanakan pada tahap evaluasi melalui pemberian tes berpikir kritis sebelum dan sesudah penggunaan LKPD, yang dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik yang saling melengkapi, yaitu observasi, wawancara, angket, dokumentasi, dan tes. Observasi dan wawancara digunakan pada tahap awal untuk menggali kebutuhan pembelajaran dan kondisi riil di kelas IV SDN 104192 Tandam Hilir II. Angket digunakan untuk memperoleh data dari ahli materi, ahli media, guru kelas, serta peserta didik terkait validitas, kepraktisan, dan kualitas LKPD yang dikembangkan. Dokumentasi digunakan sebagai bukti pelaksanaan kegiatan pengembangan, sedangkan tes berupa soal uraian diberikan sebelum dan sesudah penerapan LKPD untuk mengukur efektivitas media dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Instrumen penelitian mencakup lembar observasi, pedoman wawancara, angket validasi, serta lembar soal pretes dan postest yang telah melalui proses uji validitas dan reliabilitas. Teknik analisis data menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif, dengan mengonversi hasil validasi dan angket ke dalam bentuk persentase, serta menghitung peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui perbandingan skor pretes dan postest yang dianalisis menggunakan uji-t sampel independen dan gain score, sebagaimana yang dijelaskan Hake (1999) dalam bukunya "*Analyzing change/gain scores*".

RESULTS AND DISCUSSION

Tahap Analisis (*Analyze*)

Tahapan awal dalam pengembangan LKPD berbasis STEM dimulai melalui kegiatan analisis kebutuhan. Teknik observasi digunakan untuk memperoleh gambaran empiris mengenai proses pembelajaran IPAS di kelas IV SDN 104192 Tandam Hilir II. Hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran masih berpusat pada guru (*teacher centered learning*) yang berdampak langsung pada rendahnya partisipasi aktif peserta didik dan minimnya interaksi dalam proses pembelajaran. Rendahnya keterlibatan peserta didik dalam praktik pembelajaran turut diperkuat melalui data angket dan wawancara yang menunjukkan tidak tersedianya LKPD sebagai panduan selama kegiatan proyek dilakukan di kelas.

Data angket yang diperoleh dari peserta didik menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik (84%) memiliki ketertarikan terhadap mata pelajaran IPAS. Walaupun demikian, penguasaan terhadap materi aneka wujud benda dan perubahannya masih rendah, dibuktikan melalui persentase 72% peserta didik yang mengaku belum memahami topik tersebut. Hasil ini selaras dengan temuan lain yang menunjukkan bahwa sebanyak 92% peserta didik merasa paling termotivasi saat melakukan praktik atau proyek di kelas. Seluruh responden (100%) mengaku tidak pernah menerima LKPD sebagai panduan dalam kegiatan tersebut, meskipun mereka telah mengikuti praktik IPAS setiap semester. Bahan ajar yang digunakan selama pelaksanaan praktik hanya mencakup buku IPAS dan LKPD standar, tanpa adanya media yang dirancang secara khusus untuk membimbing eksplorasi peserta didik secara sistematis. Seluruh peserta didik juga sepakat bahwa pembelajaran IPAS akan lebih efektif apabila dikaitkan dengan teknologi dan didukung oleh LKPD berbasis proyek. Sebanyak 88% peserta didik menyatakan bahwa pembelajaran

IPAS belum terintegrasi dengan pelajaran lain seperti matematika, sedangkan hanya 12% peserta didik yang merasakan adanya integrasi antarmata pelajaran dalam kegiatan belajar tersebut.

Keseluruhan data dari observasi, angket, dan wawancara mengindikasikan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik belum berkembang secara optimal karena metode pembelajaran yang monoton serta keterbatasan media pendukung yang aplikatif. Hasil ini menjadi dasar rasional untuk merancang sebuah LKPD berbasis STEM yang tidak hanya relevan terhadap kebutuhan peserta didik, tetapi juga mampu menjadi media integratif antara mata pelajaran dan pengalaman nyata. Penggunaan metode ceramah cenderung menghambat peserta didik dalam mengeksplorasi konsep secara mandiri, khususnya ketika pembelajaran berlangsung tanpa dukungan media seperti LKPD (Dezola *et al.*, 2023). Pengembangan LKPD yang dilandasi kebutuhan nyata kelas diharapkan mampu merangsang keterlibatan aktif peserta didik, memperdalam pemahaman konsep, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis secara sistematis.

Tahap Desain (*Design*)

Tahapan desain dilakukan setelah analisis kebutuhan dan karakteristik peserta didik berhasil dihimpun melalui observasi, angket, dan wawancara. Proses ini mencakup penyusunan materi serta perancangan instrumen yang akan digunakan untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran. Materi yang dipilih berfokus pada topik “aneka wujud benda dan perubahannya” untuk kelas IV di SDN 104192 Tandam Hilir II. Instrumen evaluasi berupa soal pretes dan postes dikembangkan berdasarkan kisi-kisi yang disusun sesuai indikator berpikir kritis, dan dikonsultasikan kepada validator untuk memperoleh masukan terkait kejelasan butir soal, tingkat kesulitan, keterbacaan bahasa, serta kesesuaian konteks.

Validasi instrumen menghasilkan beberapa saran penting, seperti perlunya penyempurnaan redaksi soal, penyesuaian tingkat kesulitan, serta penghilangan makna ganda dalam beberapa item pertanyaan. Uji validitas menunjukkan bahwa dari 12 butir soal, hanya 10 soal yang layak digunakan karena memenuhi batas r hitung $>$ r tabel, sementara dua soal lainnya dinyatakan tidak valid. Reliabilitas instrumen mencapai nilai 0.827 yang menunjukkan bahwa keseluruhan soal memiliki konsistensi internal yang sangat baik. Analisis tingkat kesukaran mengklasifikasikan empat soal dalam kategori sedang dan delapan soal dalam kategori sukar. Analisis daya pembeda memperlihatkan bahwa satu soal tergolong sangat baik, tiga soal baik, dan delapan soal cukup baik. Pemetaan antara capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran telah dirumuskan dengan sistematis, yang memuat indikator kemampuan peserta didik dalam menyimpulkan, membandingkan, dan mengurutkan proses perubahan wujud benda melalui aktivitas membaca serta proyek berbasis eksperimen (Hasanah *et al.*, 2023; Khaira *et al.*, 2023). Seluruh hasil ini dijadikan dasar untuk memilih dan merevisi item soal yang akan digunakan pada pretest dan postes di tahap implementasi selanjutnya.

Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan dilakukan untuk menyempurnakan instrumen dan produk LKPD berbasis STEM melalui validasi oleh ahli. Validasi bertujuan untuk memastikan bahwa instrumen yang dikembangkan sesuai dengan standar kelayakan isi, desain, dan bahasa. Proses ini melibatkan para ahli dari tiga bidang utama, yaitu materi, media, dan kebahasaan. Seluruh validator melakukan telaah terhadap konten, struktur visual, dan kualitas bahasa dalam LKPD. Evaluasi dilakukan secara menyeluruh untuk menjamin bahwa produk dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran IPAS di sekolah dasar. Penilaian yang diberikan mencakup dua aspek, yaitu penilaian kualitatif dan masukan berbentuk saran perbaikan. Beberapa rekomendasi yang diberikan meliputi penyesuaian desain tata letak agar tampil lebih menarik dan terstruktur, penggunaan bahasa yang sesuai dengan Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia

(PUEBI), serta penyederhanaan konten agar sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif peserta didik sekolah dasar. Peneliti telah menindaklanjuti seluruh masukan tersebut dengan melakukan revisi pada aspek visual, kebahasaan, dan materi. Perbaikan ini dilakukan agar instrumen penilaian LKPD tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga mampu mendukung proses pembelajaran yang efektif, menyenangkan, dan sesuai karakteristik peserta didik (Agustina & Yanthi, 2023).

Penilaian terhadap LKPD berbasis STEM dilaksanakan oleh tim ahli dengan menggunakan instrumen evaluasi yang telah divalidasi sebelumnya. Penilai terdiri dari enam ahli yang mencakup bidang materi, media, dan bahasa, yang masing-masing memberikan penilaian berbasis indikator kelayakan isi, struktur penyajian, dan kejelasan kebahasaan. Tujuan utama dari tahap ini adalah memastikan bahwa LKPD yang dikembangkan memenuhi kriteria kevalidan secara menyeluruh sebelum digunakan dalam implementasi pembelajaran. Tingkat kesepatakan validitas LKPD dianalisis menggunakan rumus Cohen Kappa yang umum digunakan dalam penelitian pengembangan untuk mengukur validitas isi (Cohen, 1960). Berdasarkan hasil penghitungan, nilai rata-rata validitas dari ketiga ahli sebagaimana tercantum dalam **Tabel 1**.

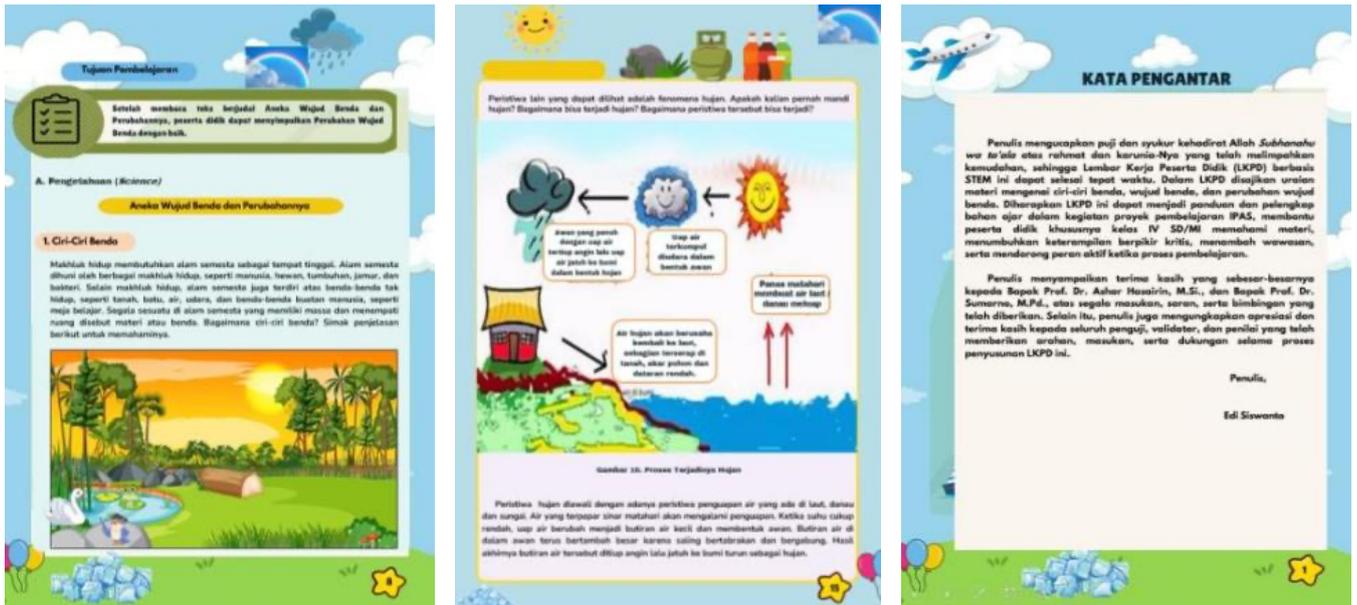
Tabel 1. Hasil pengujian validitas LKPD

No	Ahli	Penilaian ahli	Kategori
1	Ahli materi	0.701	Tinggi
2	Ahli media	0.500	Sedang
3	Ahli bahasa	0.571	Sedang

Sumber: Penelitian 2025

Penilaian kuantitatif terhadap kualitas LKPD berbasis STEM menunjukkan hasil sangat valid dari berbagai aspek. Ahli materi memberikan skor tertinggi sebesar 100% pada indikator kemutakhiran materi, teknik penyajian, dan pendukung penyajian, sementara skor terendah tercatat sebesar 92% pada indikator keakuratan materi. Secara keseluruhan, rentang nilai berada antara 92% hingga 97.14%, yang menunjukkan kelayakan isi LKPD secara menyeluruh. Masukan kualitatif dari ahli materi mencakup saran penyajian sub judul yang relevan, peringkasan isi agar tidak terlalu panjang, serta penambahan gambar menarik untuk meningkatkan minat baca (Syukri *et al.*, 2023). Perbaikan dilakukan pada struktur, narasi, dan elemen visual untuk memastikan LKPD tidak hanya valid dari sisi konten, tetapi juga komunikatif dan sesuai dengan karakteristik peserta didik. Penilaian ahli media menghasilkan skor 90.83% (sangat valid), dengan kritik pada padatnya teks dan ukuran gambar. Peneliti telah memperbaiki tata letak dan visualisasi media agar lebih proporsional dan mudah diamati peserta didik sekolah dasar.

Aspek kebahasaan yang divalidasi oleh ahli bahasa menunjukkan skor total sebesar 92.78% dengan kategori sangat valid. Penilaian meliputi kelugasan, sifat komunikatif, kesesuaian perkembangan peserta didik, hingga kaidah bahasa dan penggunaan istilah atau ikon. Saran perbaikan difokuskan pada bagian kata pengantar, terutama terkait huruf, ejaan, dan efektivitas struktur kalimat. Revisi telah dilakukan untuk menyesuaikan naskah LKPD dengan kaidah kebahasaan pendidikan dasar agar isi LKPD tersampaikan secara jelas dan optimal.



Gambar 1. Tampilan akhir LKPD berbasis STEM
Sumber: Penelitian 2025

Gambar 1 memperlihatkan hasil akhir pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM yang telah disusun berdasarkan tahapan analisis, perancangan, dan validasi oleh para ahli. LKPD ini dirancang untuk mendukung pembelajaran IPAS pada materi aneka wujud benda dan perubahannya dengan menekankan integrasi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara kontekstual. Desain visual, struktur isi, serta pilihan aktivitas pembelajaran disesuaikan dengan karakteristik peserta didik sekolah dasar guna mendorong keterlibatan aktif dan keterampilan berpikir kritis dalam proses belajar.

Tahap Implementasi (*Implementation*)

Tahap implementasi dalam penelitian ini bertujuan menguji kepraktisan LKPD berbasis STEM melalui dua skala uji, yaitu kelompok kecil dan kelompok besar. Pelaksanaan uji coba pada kelompok kecil melibatkan sembilan peserta didik kelas V untuk memperoleh gambaran awal mengenai kepraktisan produk. Jumlah peserta pada kelompok besar terdiri dari tiga puluh peserta didik yang digunakan untuk mengumpulkan data secara lebih komprehensif. Arahan penggunaan LKPD diberikan sebelum pembelajaran dimulai agar peserta didik memahami alur kegiatan (Budiarti *et al.*, 2023). Pengisian angket dilakukan setelah pembelajaran berakhir sebagai bentuk umpan balik terhadap kemudahan penggunaan, kualitas tampilan visual, kebahasaan, dan kebermanfaatannya LKPD dalam proses belajar kontekstual, sebagaimana tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Coba

Uji coba	Jumlah peserta didik	Score (%)	Kriteria
Kelompok kecil	9	86.81	Sangat praktis
Kelompok besar	30	87.08	Sangat praktis

Sumber: Penelitian 2025

Hasil analisis menunjukkan bahwa skor pada kelompok kecil mencapai 86.81%, sedangkan kelompok besar mencapai 87.08%. Rata-rata keseluruhan diperoleh sebesar 86.95% dan termasuk dalam kategori

"sangat praktis". Tingginya skor ini merefleksikan bahwa LKPD berbasis STEM mampu diterapkan secara efektif dalam pembelajaran IPAS pada materi aneka wujud benda dan perubahannya (Adhelacahya *et al.*, 2023; Octaviani *et al.*, 2024). Keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran dapat difasilitasi dengan baik, sejalan dengan upaya mengintegrasikan elemen sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara aplikatif pada tingkat sekolah dasar.

Tahap Evaluation (Evaluasi)

Tahap evaluasi merupakan bagian akhir dari proses pengembangan LKPD berbasis STEM yang dirancang untuk menyempurnakan produk berdasarkan hasil uji coba sebelumnya. Rangkaian evaluasi dilaksanakan setelah proses validasi oleh para ahli dan pelaksanaan uji coba pada kelompok kecil serta besar telah selesai dilakukan. Peneliti mengidentifikasi berbagai masukan dan saran yang diperoleh dari para ahli materi, media, dan bahasa, serta tanggapan dari peserta didik sebagai pengguna langsung LKPD. Seluruh catatan tersebut dianalisis untuk dilakukan revisi menyeluruh pada aspek isi, visualisasi media, dan penggunaan bahasa agar LKPD yang dikembangkan sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan peserta didik di sekolah dasar.

Revisi mencakup penyesuaian konten agar relevan dengan capaian pembelajaran, penyempurnaan tata letak dan tampilan visual agar lebih komunikatif, serta perbaikan struktur kalimat dan pemilihan diksi agar sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia dan mudah dipahami oleh peserta didik. Proses evaluasi ini menunjukkan bahwa pengembangan LKPD tidak berhenti pada validasi, tetapi dilanjutkan hingga tahap rekonstruksi produk berdasarkan refleksi empiris dan pedagogis. Produk hasil pengembangan pada akhirnya telah memenuhi dimensi kelayakan berdasarkan analisis multi-sumber yang komprehensif, serta menunjukkan kesiapan untuk diimplementasikan dalam konteks pembelajaran IPAS pada materi aneka wujud benda dan perubahannya.

Uji kepraktisan terhadap LKPD berbasis STEM dilakukan untuk memperoleh data empiris mengenai respons guru dan peserta didik selama proses pembelajaran IPA. Penilaian kepraktisan penggunaan dilakukan setelah pembelajaran berlangsung menggunakan angket evaluasi kepraktisan, sebagaimana disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Data Uji Kepraktisan LKPD

Responden	Nilai (%)	Kriteria
Guru	89.44	Sangat praktis
Peserta didik	88.40	Sangat praktis

Sumber: Penilaian 2025

Nilai sebesar 89.44% dari guru mencerminkan bahwa LKPD dinilai mudah digunakan, komunikatif, dan selaras dengan kebutuhan pembelajaran. Sementara itu, skor sebesar 88.40% dari peserta didik menunjukkan bahwa LKPD mudah dipahami, memiliki visual menarik, serta mampu mendorong keterlibatan aktif selama kegiatan belajar. Konsistensi tanggapan antara guru dan peserta didik mengindikasikan bahwa produk ini layak secara praktis dan implementatif (Antika *et al.*, 2024).

Efektivitas LKPD diukur melalui pretes dan postes pada 25 peserta didik di kelas eksperimen. Rerata pretes sebesar 65.24 meningkat menjadi 79.12 pada postes, dengan rentang nilai awal 55-75 dan meningkat menjadi 77-88. Perubahan ini menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan pasca pembelajaran. Pada kelas kontrol yang menggunakan LKPD standar, rerata pretes 66.72 hanya baik menjadi 69.16 dengan nilai minimum meningkat dari 55 menjadi 63 dan maksimum dari 75 menjadi 78. Dibandingkan kelas eksperimen, peningkatan pada kelas kontrol relatif lebih rendah. Distribusi keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan kategori ditampilkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Perolehan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Kategori	Interval	Eksperimen		Kontrol	
		Pretes	Postes	Pretes	Postes
Sangat kurang kritis	0-50	-	-	-	-
Kurang kritis	51-69	16	-	17	15
Cukup kritis	70-79	9	12	8	10
Kritis	80-89	-	13	-	-
Sangat kritis	90-100	-	-	-	-

Sumber: Penelitian 2025

Kelas eksperimen menunjukkan pergeseran dari kategori “kurang kritis” (64%) menjadi “cukup kritis” (48%) dan kritis (52%) setelah pembelajaran. Pada kelas kontrol, sebagian besar peserta didik masih berada dalam kategori “kurang kritis” pada postes (60%), meskipun terdapat peningkatan dari kategori “cukup kritis” sebesar 32% menjadi 40%. Perbedaan antara kedua kelompok dianalisis menggunakan uji-t, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Uji t

Kelas	N	Mean	Std. Dev	Sig. (2-tailed)
Eksperimen	25	79.12	4.42	0.000
Kontrol	25	69.16	3.45	

Sumber: Penelitian 2025

Nilai signifikansi sebesar $0.000 < 0.05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antara kedua kelompok. Hasil ini menolak hipotesis nol dan menerima hipotesis alternatif, yang menyatakan bahwa pembelajaran menggunakan LKPD berbasis STEM berdampak signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Perhitungan N-Gain memperkuat temuan ini, di mana kelas eksperimen memperoleh skor 63% (kategori cukup efektif), sedangkan kelas kontrol hanya mencapai 35% (kategori kurang efektif). Perbedaan ini menegaskan bahwa integrasi pendekatan STEM dalam LKPD memberikan kontribusi signifikan dalam peningkatan efektivitas pembelajaran pada topik aneka wujud benda dan perubahannya (Adhelacahya *et al.*, 2023).

Discussion

Pembahasan dalam penelitian ini bertujuan menginterpretasikan hasil pengembangan LKPD berbasis STEM secara mendalam berdasarkan hasil validasi, uji kepraktisan, dan uji keefektifan. Produk dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas IV pada materi aneka wujud benda dan perubahannya (Rofik *et al.*, 2025). Hasil validasi menunjukkan bahwa LKPD memenuhi kriteria kelayakan isi, tampilan visual, serta penggunaan bahasa yang sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik. Penilaian dari para ahli menyatakan bahwa produk memiliki tingkat validitas sangat tinggi, yang mengindikasikan bahwa LKPD telah sesuai dengan indikator kualitas sebagai bahan ajar pembelajaran IPAS (Octaviani *et al.*, 2024).

Peningkatan partisipasi aktif peserta didik tercermin dari hasil uji kepraktisan yang menunjukkan skor sangat tinggi, baik dari guru maupun peserta didik. Guru menilai bahwa LKPD mudah digunakan, menarik, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran, sedangkan peserta didik merespons positif terhadap

tampilan, bahasa, dan kemudahan memahami materi (Milala *et al.*, 2024). Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian yang menyatakan bahwa produk pembelajaran yang interaktif dan kontekstual mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan keterlibatan peserta didik (Rosyiddin *et al.*, 2023; Setiawan *et al.*, 2024). Data kepraktisan tersebut menunjukkan bahwa LKPD mampu memfasilitasi proses pembelajaran yang lebih menyenangkan dan bermakna.

Pendekatan pembelajaran yang digunakan dalam LKPD berbasis STEM ini secara langsung menantang hambatan epistemologis yang sering dialami peserta didik, di mana terjadi kesenjangan antara pengetahuan awal mereka dan konsep ilmiah yang diajarkan. Dengan menyediakan pengalaman belajar yang kontekstual dan berbasis proyek, LKPD ini membantu peserta didik menjembatani kesenjangan tersebut, sehingga mereka dapat mengonstruksi pengetahuan secara lebih mendalam dan tidak hanya menghafal materi. Kondisi ini sangat penting mengingat temuan awal penelitian di SDN 104192 Tandam Hilir II menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi oleh metode ceramah satu arah dan ketiadaan LKPD, yang mengakibatkan partisipasi aktif peserta didik dalam membangun pemahaman ilmiah sangat terbatas.

Keberhasilan LKPD dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis juga didukung oleh integrasi dimensi-dimensi berpikir tingkat tinggi, seperti interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, dan pengaturan diri. Melalui aktivitas dalam LKPD, peserta didik dilatih untuk tidak hanya menghafal, tetapi juga menalar secara kritis, sebuah proses yang didukung oleh pendekatan STEM yang lintas disiplin. Setiap elemen STEM berkontribusi pada penguatan kompetensi 4C (*Critical thinking, Creativity, Communcation, Collaboration*), yang esensial untuk abad ke-21 (Weng *et al.*, 2022). Temuan ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21 pada peserta didik sekolah dasar (Yıldız & Ecevit, 2024). Meskipun demikian, penelitian ini berhasil mengisi kesenjangan dari penelitian sebelumnya dengan secara spesifik menargetkan materi aneka wujud benda dan perubahannya serta merancang LKPD untuk mengintegrasikan lima dimensi berpikir kritis secara sistematis, yang sebelumnya belum tersentuh secara spesifik.

Efektivitas penggunaan LKPD terbukti dari hasil uji statistik yang menunjukkan peningkatan signifikan keterampilan berpikir kritis pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Hasil uji t dan N-Gain mendukung bahwa pembelajaran menggunakan LKPD berbasis STEM lebih efektif dibanding LKPD standar. Temuan ini diperkuat oleh penelitian yang menegaskan bahwa LKPD yang dirancang secara tepat dapat membantu peserta didik berpikir analitis dan reflektif (Nurhaisa *et al.*, 2023; Sabila *et al.*, 2023). Pencapaian tersebut juga didukung oleh pendekatan teori belajar konstruktivisme, behavioristik, dan kognitif yang menekankan pada keterlibatan aktif peserta didik, pemberian stimulus, dan pemrosesan informasi sebagai dasar perancangan pembelajaran berbasis STEM.

CONCLUSION

Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM pada materi aneka wujud benda dan perubahannya telah menghasilkan produk yang valid, praktis, dan efektif. Validitas LKPD dinyatakan sangat tinggi berdasarkan hasil penilaian dari ahli materi, media, dan bahasa, yang menunjukkan bahwa LKPD memenuhi kriteria isi, desain visual, serta kebahasaan yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPAS di tingkat sekolah dasar. Kepraktisan produk juga dinilai sangat tinggi berdasarkan respons positif dari guru dan peserta didik, yang menyatakan bahwa LKPD mudah digunakan, menarik, dan membantu proses pembelajaran secara menyeluruh.

Efektivitas LKPD dibuktikan melalui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen, yang ditunjukkan oleh hasil penelitian, serta perbandingan postes yang signifikan lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Seluruh temuan ini menegaskan bahwa LKPD IPAS berbasis STEM yang dikembangkan dapat digunakan sebagai perangkat ajar yang layak dan mampu meningkatkan mutu

pembelajaran IPAS secara substantif di sekolah dasar. Oleh karena itu, disarankan agar guru mulai mengintegrasikan LKPD berbasis STEM secara lebih sistematis dalam kegiatan belajar-mengajar IPAS agar pembelajaran menjadi lebih kontekstual, aktif, dan berpihak pada penguatan keterampilan berpikir kritis. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah mengadaptasi model ini ke tema-tema IPAS lain serta menerapkan dalam skala lebih luas untuk menguji konsistensi efektivitasnya pada berbagai karakteristik peserta didik dan lingkungan belajar.

AUTHOR'S NOTE

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait publikasi artikel ini. Penulis menegaskan bahwa data dan isi artikel bebas dari plagiarisme.

REFERENCES

- Adhelacahya, K., Sukarmin, S., & Sarwanto, S. (2023). Impact of problem-based learning electronics module integrated with STEM on students' critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 4869-4878.
- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504-525.
- Agustin, D. T., Jumroh, J., & Destiniar, D. (2024). Pengembangan LKPD dengan menggunakan model problem based learning berbantuan media Canva di SMK. *Laplace: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 137-146.
- Agustina, N. S., & Yanthi, N. (2023). Development of STEM-based worksheet in elementary school. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(5), 3839-3848.
- Aliyah, H., Rahmawati, N. I., Asy'arie, B. F., Mariyana, W., & Nuraqilah, M. (2025). Design of contextual and Islamic values-based mathematics e-modules for junior high school students. *Bustanul Ulum Journal of Islamic Education*, 3(1), 17-36.
- Antika, H. N., Rusmana, E. E., Salsabila, A., & Kohar, A. W. (2024). Development of STEM-PjBL learning media to improve students' critical thinking skills for counting whole number and fraction. *Inomatika*, 6(2), 120-141.
- Arda, A., Supriyatman, S., & Afadil, A. (2024). A review of students' critical thinking skills in science learning in Indonesia. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(4), 1787-1798.
- Ardi, A. M., Kurniawati, D., Hardeli, Zainul, R., & Nizar, U. K. (2025). Enhancing students' achievement in chemical equilibrium through a scientific literacy-integrated 7E learning cycle e-module. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(5), 563-569.
- Aswirna, P., Samad, D., Devi, I. S., Fahmi, R., & Jannah, R. (2022). STEM-based e-module integrated local wisdom of rice stem fertilizers on students' critical and creative thinking. *Al-Ta Lim Journal*, 29(1), 15-23.
- Bahtiar, B., Maimun, M., & Ibrahim, I. (2024). STEM-based physics modules: A practical approach to developing conceptual understanding in teacher education. *Biochephy: Journal of Science Education*, 4(2), 1137-1146.
- Budiarti, R. S., Harlis, & Siburian, J. (2023). Development of STEM-based PjBL e-student worksheet to foster character building. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9818-9828.

- Charolina, H. F., Susanta, A., Muchlis, E. E., & Utari, T. (2021). Pengaruh model inkuiri terbimbing terhadap kemampuan berpikir kritis siswa di kelas VIII SMP Negeri 7 Kota Bengkulu. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah (JP2MS)*, 5(3), 347-358.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
- Dezola, R. V., Istiyono, E., & Wilujeng, I. (2023). Student worksheets based on STEM integrated inquiry based learning: Needs analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 6247-6254.
- Hacıoğlu, Y., & Gülhan, F. (2021). The effects of STEM education on the 7th grade students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 7(2), 139-155.
- Hasanah, A., Suratmi, & Laihat. (2023). Analisis kebutuhan pengembangan e-LKPD berbasis HOTS berbantuan liveworksheet untuk peserta didik sekolah dasar. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 6(4), 1818-1827.
- Ikhsan, M., Buhera, R., S, P. A., Abiabdillah, L. H., Nurohman, S., & Natawijaya, I. F. (2025). STEM-PBL based learning: Digital student worksheet simulation aided by PhET to improve students' critical thinking skills in science learning. *Journal of Education and Teaching (JET)*, 6(1), 196-214.
- Ilhamdi, M. L., Novita, D., & Rosyidah, A. N. K. (2020). Pengaruh model pemebelajaran inkuiri terbimbing terhadap kemampuan berpikir kritis IPA SD. *Jurnal Kontekstual*, 1(2), 49-50.
- Istiqomarie, N., Hapizah, H., & Mulyono, B. (2023). Design of Google Site-based learning media for circle material to support critical thinking skills. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(2), 527-544.
- Khaira, H. S., Al Hafizh, M. F., Darmansyah, P. S. A., Nugraha, H., & Komara, D. A. (2023). Analysis of needs and teachers' perception towards business teaching materials at SMA Labschool UPI. *Curricula: Journal of Curriculum Development*, 2(2), 299-314.
- Khairuna, K. (2023). STEM-based worksheet on digestive system material to improve students' creative thinking skills. *Jurnal Biolokus*, 6(1), 25-33.
- Komara, D. A., & Hadiapurwa, A. (2023). Improving literacy of junior high school students through revitalization of library in kampus mengajar IV activities. *Dwija Cendekia: Jurnal Riset Pedagogik*, 7(1), 143-152.
- Mareti, J. W., & Hadiyanti, A. H. D. (2021). Model problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar IPA siswa. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 4(1), 31-41.
- Milala, K. N. B., Harahap, F., & Hasruddin, H. (2024). Developing STEM-based LKPD to improve student's critical thinking abilities. *Inovasi Kurikulum*, 21(4), 2243-2262.
- Mooduto, Y. S. (2025). The effectiveness of the problem-based learning model in enhancing critical thinking skills in science education. *Journal La Edusci*, 6(1), 95-106.
- Nurhaisa, N., Khaeruddin, K., & Jasruddin, J. (2023). Physics student worksheet based on Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) to practice creative thinking skill. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1451-1456.
- Octaviani, R., Anas, N., & Lubis, R. (2024). Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis di sekolah dasar materi perubahan wujud benda. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 1(5), 109-123.

- Pebriana, I. N. (2023). Bahan ajar elektronik fisika berbasis inquiry learning terintegrasi STEM: Pengaruhnya terhadap penguasaan materi dan motivasi belajar siswa SMA pada topik gelombang bunyi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 11(1), 62-74.
- Pertiwi, N. P., Saputro, S., Yamtinah, S., & Kamari, A. (2024). Enhancing critical thinking skills through STEM problem-based contextual learning: An integrated e-module education website with virtual experiments. *Journal of Baltic Science Education*, 23(4), 739-766.
- Pramasdyasari, A. S., Aini, S. N., & Setyawati, R. D. (2024). Enhancing students' mathematical critical thinking skills through ethnomathematics digital book STEM-PjBL. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(1), 97-112.
- Rahayu, S., Abdurrahman, Herlina, K., Suyatna, A., & Ertikanto, C. (2025). Analysis of teachers' needs in renewable energy learning programs using SSI integrated with PjBL-STEM to enhance collaborative problem-solving and entrepreneurial skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 774-782.
- Rani, T. P., Sutiarmo, S., & Firdaus, R. (2024). Integrating problem-based learning in e-LKPD: Enhancing problem-solving ability and adversity quotients. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(2), 505-519.
- Rofik, F. S., Habiddin, & Marsuki, M. F. (2025). Student worksheet of light and optics for STEM-based problem-based learning: Critical thinking skills perspective. *STEM Education International*, 1(1), 36-47.
- Rosyiddin, A. A. Z., Fiqih, A., Hadiapurwa, A., Nugraha, H., & Komara, D. A. (2023). The effect of interactive PowerPoint media design on student learning interests. *Edcomtech: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 8(1), 12-24.
- Sabila, S., Tanjung, I. F., & Jayanti, U. N. A. D. (2023). Pengembangan e-LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan literasi sains siswa pada materi bioteknologi. *Bioscienced: Journal of Biological Science and Education*, 4(1), 33-43.
- Safitri, N., & Tanjung, I. F. (2023). Development of STEM-based student worksheets on virus material to improve student science literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1457-1464.
- Saputro, T. V. D., Sari, Y. F., Silvester, Cahyaningtyas, C., Pery Jayanto, & Harmoni, G. P. (2025). Elementary teachers' understanding of STEM integration: A study in the Indonesia-Malaysia border area. *Jurnal Elemen*, 11(2), 502-514.
- Sari, G. K., & Fathurrahman, M. (2024). Pengembangan LKPD berbasis augmented reality sebagai media pembelajaran IPAS untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis kelas IV sekolah dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(2), 2478-2491.
- Setiawan, M. A., Sriadhi, S., & Silaban, S. (2024). Enhancing critical thinking skill by implementing electronic student worksheets based on guided inquiry in natural science subject for elementary school. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 16(3), 225-229.
- Shinta, M. H., & Sari, E. F. (2024). Peningkatan hasil belajar dan berpikir kritis IPAS materi sifat-sifat cahaya melalui penerapan e-LKPD liveworksheet berbasis PBL pada peserta didik kelas VB SD Negeri Miroto Kota Semarang. *Jurnal Kreatif: Jurnal Kependidikan Dasar*, 15(1), 36-43.
- Sihombing, R. A., & Hasruddin, H. (2024). Development of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)-based e-book on human digestive system material based on scientific literacy. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 15(2), 182-197.

- Sopari, Y. W., Daniarsa, Y., & Ulfatushiyam, N. (2022). Pembelajaran inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, komunikasi matematis, self-efficacy matematis. *Pasundan Journal of Mathematics Education: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 60-75.
- Sunedi, S., & Syaflin, S. L. (2024). Pengembangan e-modul ajar berbasis etno STEM pada kurikulum merdeka di sekolah dasar. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 4(2), 325-335.
- Suparya, I. K., Wartayasa, I. K., & Ariyana, K. S. (2025). Improving critical thinking ability of elementary school students in science learning through scientific learning model based on Tri Kaya Parisudha. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 9(2), 220-229.
- Susanti, E., Aisyah, N., & Silaen, E. O. (2025). Developing STEM-based digital worksheet to encourage students' problem-solving skills. *Indiktika: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 7(2), 489-505.
- Syukri, M., Herliana, F., Maryono, M., Ngadimin, N., & Artika, W. (2023). Development of physics worksheet based on STEM integrating Engineering Design Process (EDP) through guided inquiry model to improve students' critical thinking. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika*, 9(2), 225-236.
- Waluyo, R., & Wahyuni, S. (2021). Development of STEM-based physics teaching materials integrated 21st century skills (4C) and characters. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 11(1), 83-102.
- Weng, X., Cui, Z., Ng, O. L., Jong, M. S., & Chiu, T. K. (2022). Characterizing students' 4C skills development during problem-based digital making. *Journal of Science Education and Technology*, 31(3), 372-385.
- Yani, N. L. S., Rusdarti, & Oktarina, N. (2024). STEM-based e-modules to improve students' critical thinking in economic learning. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 7(1), 115-121.
- Yıldız, M., & Ecevit, T. (2024). Impact of STEM on primary school students' 21st century skills, NOS, and learning experiences. *Asian Journal of Instruction (E-AJI)*, 12(2), 21-37.
- Yupani, E., & Widana, I. W. (2023). The impacts of the STEM-based inquiry learning models on critical thinking ability and concept mastery. *Indonesian Research Journal in Education (IRJE)*, 7(1), 171-184.
- Zulfawati, Z., Mayasari, T., & Handhika, J. (2022). The effectiveness of the problem-based learning model integrated STEM approach in improving the critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 12(1), 76-91.