

EFEKTIVITAS STEM LOKAL BERBANTUAN PHET PADA MATERI PESAWAT SEDERHANA TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMP

Laura Fauliza Zulvina¹, Muriani Nur Hayati², Mobinta Kusuma³, Fahmi Fatkhomi⁴

Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Pancasakti Tegal^{1,2,3,4}

e-mail: laurafaulizaiza@gmail.com¹, murianinh.13@gmail.com²,
mobintakusuma@upstegal.ac.id³, fahmifatkhomi86@upstegal.ac.id

Diterima: 06/07/2026; Direvisi: 23/07/2026; Diterbitkan: 09/08/2026

ABSTRAK

Salah satu kompetensi esensial yang harus dikembangkan melalui pembelajaran IPA pada abad ke-21 adalah keterampilan berpikir kritis. Berbagai hasil asesmen mengindikasikan bahwa keterampilan berpikir kritis serta literasi sains siswa Indonesia masih berada pada tingkat yang belum optimal. Pembelajaran IPA masih bertumpu pada peran guru sebagai pusat pembelajaran, sementara keterbatasan fasilitas praktikum menyebabkan konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak sulit dipahami siswa. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis efektivitas penerapan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal yang dipadukan dengan simulasi PhET pada materi pesawat sederhana dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa berdasarkan enam indikator yang dikemukakan oleh Facione. Penelitian ini dijalankan dengan rancangan *one-group pretest-posttest design*. Penelitian melibatkan 32 siswa kelas VIII sebagai sampel yang ditetapkan dengan teknik *purposive sampling*. Temuan penelitian menghasilkan nilai *N-Gain* sebesar 78,18% yang dikategorikan efektif. Hasil analisis keterampilan berpikir kritis memperlihatkan bahwa indikator interpretasi, analisis, eksplanasi, serta regulasi diri yang dikategorikan sangat tinggi. Indikator inferensi dikategorikan tinggi, sedangkan indikator evaluasi dikategorikan sedang. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET efektif digunakan sebagai alternatif pembelajaran IPA dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dengan pembelajaran yang kontekstual, interaktif, serta bermakna.

Kata Kunci: Keterampilan Berpikir Kritis, Pesawat Sederhana, Simulasi PhET, STEM Berbasis Kearifan Lokal.

ABSTRACT

One of the essential competencies that should be built through science education in the 21st century is critical thinking. Various assessment outcomes suggest that students' critical thinking skills and science literacy in Indonesia remain below optimal levels. Science education still relies heavily on the teacher as the center of the learning process, while limited access to laboratory facilities makes abstract physics concepts difficult for students to grasp. This study aimed to analyze the effectiveness of implementing a local wisdom-based STEM approach integrated with PhET simulations in the simple machines topic in developing students' critical thinking skills based on the six critical thinking indicators proposed by Facione. A one-group pretest-posttest design was employed in this study. The sample consisted of 32 eighth-grade students selected using purposive sampling. The research findings yielded an *N-Gain* value of 78.18%, which is categorized as effective. The outcomes of the critical thinking skills analysis demonstrate that the indicators of interpretation, analysis, explanation, and self-regulation were categorized as very high. The inference indicator was categorized as high, while the evaluation

indicator was categorized as moderate. The research findings indicate that a local wisdom-based STEM approach supported by PhET simulations is effective as an alternative for science education in developing critical thinking skills through contextual, interactive, and meaningful learning.

Keywords: *Critical Thinking Skills, Local Wisdom-Based STEM, PhET Simulations, Simple Machines.*

PENDAHULUAN

Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa menjadi satu dari sekian sasaran yang krusial pada pembelajaran abad ke-21. Kini, fokus pembelajarannya tidak lagi sekadar menekankan penguasaan hafalan serta konsep, melainkan juga diarahkan untuk mengembangkan keterampilan siswa dalam konteks pengolahan informasi, menyelesaikan permasalahan, menilai bukti, dan menyusun kesimpulan secara rasional (Fitriah et al., 2025). Pemahaman siswa terhadap konsep ilmiah dan fenomena kehidupan secara rasional serta berbasis bukti dalam pembelajaran IPA didukung oleh keterampilan berpikir kritis (Asma et al., 2020). Pembelajaran IPA membutuhkan perancangan yang kontekstual dan aktif, sehingga siswanya mampu membangun pengetahuan melalui eksplorasi, diskusi, pengujian, dan refleksi.

Pembelajaran IPA sebaiknya diarahkan tidak sekadar menghasilkan siswa dengan penguasaan konsep, melainkan juga untuk mengasah literasi sains serta keterampilan berpikir kritis siswa (Sulistiowati, 2024). Literasi sains mengharuskan siswa untuk menyerap, mengevaluasi, hingga mengaplikasikan pengetahuan ilmiah dalam kehidupan sehari-hari, sehingga sangat terkait dengan kemampuan berpikir kritis dalam mengolah informasi, menilai kebenaran klaim, dan mengambil keputusan berdasar bukti (Listiani et al., 2022). Namun, hasil PISA 2022 memperlihatkan skor literasi sains Indonesia hanya menyentuh angka 383, menurun dari skor 396 pada tahun 2018 (OECD, 2022). Rapor Pendidikan Indonesia tahun 2025 juga memperlihatkan literasi sains siswa SMP dikategorikan baik senilai 72,07%, tetapi indikator nalar kritis masih senilai 54,12% (Kemendikdasmen, 2025). Data tersebut mengindikasikan bahwa keterampilan siswa dalam berpikir kritis masih belum mencapai tingkat yang optimal.

Keterampilan berpikir kritis siswa juga belum memperlihatkan perkembangan yang maksimal pada pembelajaran IPA di SMP Negeri 9 Tegal. Berdasarkan temuan lapangan, siswa masih memiliki minat dan motivasi yang rendah, terutama pada materi fisika. Pembelajaran berorientasi pada guru menyebabkan siswa kurang aktif dalam mengeksplorasi konsep, berdiskusi, menguji gagasan, dan menyelesaikan masalah secara mandiri. Selain itu, keterbatasan alat praktikum menyebabkan konsep fisika yang abstrak belum dapat divisualisasikan secara optimal. Keterampilan berpikir kritis siswa masih perlu dikembangkan, terutama dalam menganalisis hubungan antar variabel, menilai informasi, dan menyimpulkan sesuatu berdasarkan bukti.

Pembelajaran IPA yang berlangsung selama ini masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang berpusat pada guru dan menekankan hafalan materi, sehingga siswa kurang terlibat aktif dalam proses berpikir tingkat tinggi, termasuk dalam menganalisis gejala ilmiah dan memecahkan masalah berdasarkan data serta fakta (Widiyatmoko & Darmawan, 2023). Selain itu, pendekatan yang selama ini banyak diterapkan cenderung mengajarkan sains sebagai disiplin ilmu yang berdiri sendiri, terpisah dari teknologi, rekayasa, dan matematika, sehingga siswa kesulitan mengaitkan konsep yang dipelajari dengan permasalahan nyata yang sifatnya lintas disiplin (Paramita et al., 2019).

Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pendekatan ini memadukan sains, teknologi, rekayasa, serta matematika melalui aktivitas pemecahan masalah terkait kehidupan nyata (Widyastika et al., 2025). Melalui pendekatan ini, siswa didorong untuk merancang solusi, menguji gagasan, menganalisis hasil, dan mengevaluasi proses pembelajaran berdasarkan bukti ilmiah (Wahyuningsih et al., 2020). Pembelajarannya dapat terlaksana dengan lebih bermakna apabila pendekatan STEM dikaitkan dengan kearifan lokal yang dekat dengan kehidupan siswa. Keterkaitan tersebut membantu siswa memahami konsep IPA melalui fenomena sosial serta budaya di lingkungan mereka (Hayati et al., 2025). Pada materi pesawat sederhana, khususnya tuas jenis pertama, kearifan lokal dapat diintegrasikan melalui permainan jungkat-jungkit. Permainan tersebut merepresentasikan prinsip kerja tuas, yaitu hubungan antara gaya, beban, jarak, dan titik tumpu. Simulasi PhET dapat membantu memperkuat pemahaman siswa karena dapat memvisualisasikan konsep fisika secara interaktif serta memudahkan proses pemahaman siswa (Handayanti et al., 2020). Simulasi ini memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual, mengubah variabel, mengamati perubahan, serta membandingkan hasil prediksi dengan hasil simulasi (Yuanata et al., 2023). Potensi pembelajaran IPA yang kontekstual, aktif, serta efektif dalam menumbuhkan keahlian berpikir kritis yang diwujudkan dengan integrasi STEM berbasis kearifan lokal dengan bantuan simulasi PhET.

Kajian terdahulu membuktikan bahwa pendekatan STEM dapat melatih keterampilan siswa dalam berpikir kritis melalui tindakan pemecahan masalah serta pengerjaan proyek (Zulfa et al., 2022). Penggunaan simulasi PhET mampu memudahkan pemahaman siswa terkait konsep abstrak karena penyajian materinya disampaikan secara interaktif serta visual (Khaeruddin & Bancong, 2022). Penerapan Etno-STEM turut berperan dalam memperkuat penguasaan konsep siswa sekaligus menumbuhkan respons yang positif terhadap mata pelajaran IPA (Setiyani et al., 2022). Penelitian ini dijalankan dengan berlandaskan pada kerangka berpikir kritis yang diungkapkan Facione (2015), mencakup enam indikator, yakni interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Kerangka tersebut dianggap mampu menggambarkan keseluruhan keahlian berpikir kritis, sebab mencakup keterampilan dalam memahami dan menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, menyusun kesimpulan yang rasional, memberikan penjelasan yang rasional, serta merefleksikan proses berpikir yang dilakukan.

Kajian mengenai penerapan pendekatan STEM, kearifan lokal, serta penggunaan simulasi PhET telah mencatat banyak temuan, tetapi integrasi pendekatan STEM yang berakar pada kearifan lokal dengan simulasi PhET pada materi pesawat sederhana, terutama konsep tuas jenis pertama, yang dikontekstualisasikan melalui permainan jungkat-jungkit masih jarang diteliti. Sebagian besar penelitian terdahulu mengevaluasi keterampilan berpikir kritis melalui skor umum, sehingga belum memberikan deskripsi perkembangan kemampuan pada masing-masing indikator berpikir kritis. Kebaruan penelitian ini mengacu pada pengintegrasian pendekatan STEM berbasis kearifan lokal yang didukung oleh simulasi PhET dalam pembelajaran pesawat sederhana dalam konteks jungkat-jungkit serta pada evaluasi efektivitasnya yang merujuk pada enam indikator keterampilan berpikir kritis oleh Facione. Kajian ini diharapkan mampu menyumbang alternatif pembelajaran IPA yang inovatif, kontekstual, serta berteknologi, serta memberikan data yang lebih rinci mengenai perkembangan keahlian siswa dalam berpikir kritis pada setiap indikator.

METODE PENELITIAN

Penelitian kuantitatif ini dijalankan dengan rancangan *one-group pretest-posttest design* dengan mengikutsertakan 32 siswa kelas VIII D SMP Negeri 9 Tegal TA 2025/2026 sebagai subjek. Penelitian ini diselenggarakan pada semester genap dengan menerapkan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET *Balancing Act*. Penelitian ini menghadirkan hal baru dengan mengintegrasikan ketiga komponen dalam pembelajaran tuas jenis pertama serta menganalisis efektivitasnya berdasarkan tiap indikator keterampilan berpikir kritis Facione.

Tes pilihan ganda dimaksudkan guna mengevaluasi kemampuan berpikir kritis siswa, dengan mengacu pada indikator Facione. Kelayakan instrumen diuji melalui validitas, reliabilitas, daya pembeda, hingga tingkat kesukaran. Soal yang layak diikutkan sebagai instrumen *pretest* serta *posttest*. Pelaksanaan penelitiannya akan diawali dengan menyajikan *pre-test* guna menelusuri keterampilan awal siswa terkait berpikir kritis. Siswa kemudian mengikuti pembelajaran STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET melalui kegiatan observasi, eksplorasi, diskusi, penyelesaian LKPD, perhitungan konsep tuas, dan presentasi kelompok. Setelah pembelajaran selesai, *posttest* diberikan untuk mengetahui apakah terdapat perubahan yang diidentifikasi terkait kemampuan siswa dalam berpikir kritis. Kemudian, dalam menganalisis data, *software* IBM SPSS serta perhitungan manual dijalankan sesuai kebutuhan.

Efektivitas pembelajaran dianalisis melalui nilai *N-Gain*, ketuntasan klasikal, dan capaian keterampilan berpikir kritis per indikator. Peningkatan keterampilannya dievaluasi melalui *N-Gain* dengan membandingkan nilai sebelum dan usai menjalankan pembelajaran. Ketuntasan klasikal dianggap terpenuhi ketika mayoritas siswanya atau minimal 75% mendapatkan nilai yang mencapai atau melebihi KKM IPA di SMP Negeri 9 Tegal, yaitu 75. Analisis indikator dilakukan melalui perhitungan persentase capaian siswa pada masing-masing aspek keterampilan berpikir kritis menurut Facione. Hasil persentase tersebut digunakan untuk mengetahui indikator yang berkembang optimal maupun indikator yang masih memerlukan penguatan setelah penerapan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis efektivitas penerapan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET terhadap keterampilan berpikir kritis, yang diawali dengan penyajian hasil analisis statistik deskriptif dari data *pretest* serta *posttest*. Statistik deskriptif tersebut meliputi nilai minimum serta maksimum, hingga nilai *mean* yang diperlihatkan melalui Tabel 1.

Table 1. Hasil Pretest dan Posttest

	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Jumlah siswa	32	32
Nilai <i>Minimum</i>	30	70
Nilai <i>Maximum</i>	70	100
<i>Mean</i>	47,18	87,5

Berdasarkan Tabel 1, analisis deskriptif terhadap hasil *pretest* serta *posttest* memperlihatkan adanya perkembangan keterampilan berpikir kritis usai pengimplementasian pendekatan STEM berbasis kearifan lokal yang dipadukan dengan simulasi PhET. Sebelum

memperoleh perlakuan, siswa diketahui masih merasa sulit untuk memahami konsep, menganalisis permasalahan, mengevaluasi informasi, hingga menyusun kesimpulan secara tepat. Setelah mengikuti pembelajaran, keterampilan berpikir kritisnya kemudian memperlihatkan kemajuan, yang membuktikan bahwa pengintegrasian dari pendekatan STEM berbasis kearifan lokal dengan simulasi PhET dapat mendukung pelaksanaan pembelajaran IPA yang lebih bermakna, interaktif, serta kontekstual pada materi pesawat sederhana

Kemajuan keterampilan berpikir kritis usai pengimplementasian pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET selanjutnya dianalisis melalui uji *N-Gain*. Analisis tersebut digunakan untuk menilai keterampilan berpikir kritis siswa yang meningkat usai belajar yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji *N-Gain*

Indikator	Mean	Keterangan
N-Gain Persen (%)	78,1771%	Efektif

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji N-Gain menunjukkan rata-rata N-Gain Persen sebesar 78,1771% dengan kategori efektif. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa secara signifikan pada materi pesawat sederhana. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan konteks lokal dengan simulasi interaktif efektif dalam membantu siswa menganalisis permasalahan, mengevaluasi informasi, dan menarik kesimpulan secara logis.

Ketuntasan klasikal digunakan sebagai salah satu dasar untuk menganalisis efektivitas pembelajaran. Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan pada bidang studi IPA di SMPN 9 Tegal, yakni senilai 75, maka siswa dikategorikan tuntas ketika mendapatkan nilai minimal sesuai dengan ketentuan tersebut. Ketuntasan klasikal dinyatakan tercapai ketika mayoritas siswanya mendapatkan nilai sesuai KKM. Persentase ketuntasan klasikal diperoleh dengan membandingkan jumlah siswa yang mencapai ketuntasan dengan jumlah seluruh siswa, kemudian dikalikan 100%. Berdasarkan hasil perhitungan, ketuntasan klasikal pada penelitian ini mencapai 87,5%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa persentase ketuntasan siswa melampaui 75%, sehingga secara klasikal, ketuntasannya dinilai sudah tercapai. Sehingga, pembelajaran menggunakan pendekatan STEM lokal berbantuan simulasi PhET pada materi pesawat sederhana dinyatakan efektif.

Hasil *pretest* dan *posttest* dimanfaatkan sebagai dasar dalam menilai kemampuan siswa dalam berpikir kritis, baik secara keseluruhan maupun berdasarkan tiap indikator. Penilaian tersebut mengacu pada indikator Facione, mencakup penginterpretasian, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, hingga regulasi diri. Pengkajian tiap indikator dilakukan untuk mengidentifikasi kemampuan yang telah berkembang pada siswa serta kemampuan yang masih memerlukan perbaikan. Hasil jawaban siswa pada setiap indikator kemudian dihitung dalam bentuk persentase guna mengamati perubahan yang terjadi sebelum serta usai pengimplementasian pendekatannya selama belajar yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Indikator Berpikir Kritis

Indikator Berpikir Kritis	No Item	Hasil	Kategori
Interpretasi	1	100%	Sangat Tinggi
Analisis	3 dan 5	93%	Sangat Tinggi

Indikator Berpikir Kritis	No Item	Hasil	Kategori
Evaluasi	8 dan 9	50%	Sedang
Inferensi	4, 7, dan 10	79%	Tinggi
Eksplanasi	2	100%	Sangat Tinggi
Regulasi Diri	6	100%	Sangat Tinggi
Rata-Rata		87%	Sangat Tinggi

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata capaian keterampilan berpikir kritis siswa mencapai 87% dengan kategori sangat tinggi, yang menunjukkan bahwa sebagian besar indikator telah berkembang secara optimal setelah penerapan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET. Indikator interpretasi, analisis, eksplanasi, dan regulasi diri memperoleh kategori sangat tinggi, sedangkan inferensi berada pada kategori tinggi, yang mengindikasikan kemampuan siswa dalam memahami, menganalisis, menjelaskan, dan merefleksikan proses berpikir telah berkembang dengan baik. Sementara itu, indikator evaluasi memperoleh persentase 50% dengan kategori sedang, sehingga masih memerlukan penguatan melalui kegiatan pembelajaran yang lebih banyak melibatkan penilaian terhadap bukti, argumentasi, dan alternatif pemecahan masalah.

Pembahasan

Pada pembelajaran IPA, keterampilan siswa dapat dilatih secara efektif dengan penerapan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal yang didukung oleh simulasi PhET pada materi pesawat sederhana. Efektivitas tersebut dapat diamati melalui taraf *N-Gain* persen senilai 78,18% yang termasuk kategori efektif. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa nilai *posttest* meningkat dibandingkan dengan *pretest*, sekaligus memperlihatkan bahwa pembelajaran yang diimplementasikan dinilai berkontribusi secara bermakna terhadap perkembangan siswa dalam berpikir kritis. Menurut Hake, (1998), nilai *N-Gain* > 0,70 memperlihatkan peningkatan yang tinggi karena pembelajaran mampu membawa siswa dari kemampuan awal menuju capaian akhir yang lebih optimal.

Ketuntasan klasikal memperlihatkan bahwa mayoritas siswanya sudah mencapai ketetapan yang ditentukan sekolah. Dari seluruh siswa, 28 siswa dinilai tuntas, sedangkan 4 siswa lainnya belum memenuhi kriteria ketuntasan. Secara klasikal, persentase ketuntasannya dinilai melampaui batas minimum, yang membuktikan bahwa pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET efektif dalam membantu siswa memahami materi pesawat sederhana. Keefektifan tersebut diperkuat oleh karakteristik pembelajaran STEM yang menjadikan siswa sebagai subjek aktif selama belajar. Penerapan STEM membantu siswa tidak sekadar menguasai konsep secara teori, melainkan juga menggunakannya untuk mengkaji fenomena dan menyelesaikan permasalahan (Marsya et al., 2022). Penggunaan konteks lokal berupa jungkat-jungkit membuat konsep tuas jenis pertama lebih dekat dengan pengalaman siswa, sehingga hubungan antara gaya, beban, titik tumpu, lengan kuasa, dan lengan beban lebih mudah dipahami (Isnaniah & Masniah, 2023).

Simulasi PhET memperkuat proses pembelajaran karena memungkinkan siswa mengeksplorasi variabel, menguji prediksi, mengamati perubahan, dan membandingkan hasil simulasi dengan perhitungan manual. Teori konstruktivisme menjadi dasar yang relevan dalam kegiatan ini karena siswa menciptakan pemahaman pribadinya dengan proses pengamatan, percobaan, diskusi, dan refleksi selama pembelajaran (Kumari, 2022). Keberhasilan pembelajaran dalam penelitian ini dipengaruhi oleh perpaduan antara kearifan lokal,

pemanfaatan teknologi interaktif, dan aktivitas pemecahan masalah melalui pendekatan STEM, bukan hanya oleh penggunaan media digital.

Pembelajaran STEM dalam penelitian ini terbukti mampu membantu siswa dalam melatih keterampilan berpikir kritisnya, sebagaimana ditunjukkan pula oleh penelitian sebelumnya melalui kegiatan investigasi, kerja kelompok, dan penentuan keputusan berbasis bukti. Temuan ini mendukung studi sebelumnya yang menjelaskan bahwa pembelajaran STEM dapat melatih keterampilan berpikir kritis dengan tindakan penyelidikan, kolaborasi, serta pengambilan keputusan berbasis bukti (Atmojo et al., 2025). Konsep fisika yang abstrak menjadi lebih mudah dipahami siswa ketika pembelajaran memanfaatkan simulasi PhET, karena media tersebut menyajikan visualisasi interaktif dan percobaan virtual (Darwis & Hardiansyah, 2023).

Capaian indikator berpikir kritis menjadi salah satu bukti keefektifan pembelajaran. Pada indikator interpretasi, siswa memperoleh hasil sangat tinggi dengan persentase 100%, yang memperlihatkan kapabilitas mereka dalam memahami informasi serta mengaitkan konsep tuas dengan konteks jungkat-jungkit. Konteks yang dekat dengan pengalaman siswa mampu memudahkan mereka untuk memahami konsep keseimbangan pada tuas (Puspita et al., 2023). Indikator analisis dikategorikan sangat tinggi dengan capaian 93%. Hasil ini membuktikan, siswa telah mampu mengidentifikasi hubungan antara gaya, beban, jarak, dan titik tumpu. Penggunaan simulasi PhET *Balancing Act* membantu siswa memanipulasi variabel dan mengamati pengaruhnya terhadap keseimbangan secara langsung, sehingga kemampuan analisis siswa dapat berkembang (Straser et al., 2026).

Capaian indikator inferensi berada pada persentase 79% yang dikategorikan tinggi. Temuan ini membuktikan, siswa sudah berkemampuan dalam membuat kesimpulan berdasarkan data dan bukti, seperti memperkirakan kondisi keseimbangan serta menjelaskan keterkaitan antara panjang lengan kuasa dan keuntungan mekanis. Namun, capaian ini masih perlu ditingkatkan karena inferensi menuntut siswa menggabungkan berbagai informasi menjadi kesimpulan yang logis (Pelamonia et al., 2025). Indikator eksplanasi dan regulasi diri sama-sama menghasilkan persentase senilai 100% yang dikategorikan sangat tinggi. Siswa berkemampuan untuk menjelaskan hasil pemikiran melalui diskusi dan presentasi, serta memperbaiki proses berpikirnya melalui umpan balik dari simulasi PhET. Hal ini memperlihatkan bahwa pembelajaran STEM berbantuan simulasi mendukung kemampuan komunikasi ilmiah dan refleksi siswa (Wisutama et al., 2024).

Indikator evaluasi memperoleh capaian paling rendah yang dikategorikan sedang. Hasil ini memperlihatkan bahwa keterampilan siswa dalam menilai keabsahan informasi, membandingkan alternatif solusi, dan menentukan kualitas bukti masih belum berkembang secara optimal. Capaian yang rendah dapat dipengaruhi oleh tingkat kompleksitas kemampuan evaluasi, terbatasnya waktu pembelajaran, serta perbedaan kemampuan siswa dalam memanfaatkan teknologi. Penguatan indikator evaluasi perlu dilakukan melalui latihan yang lebih intensif, seperti diskusi kritis, argumentasi ilmiah, dan refleksi berdasarkan bukti. Pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET diidentifikasi efektif dalam mengembangkan keahlian siswa untuk berpikir kritis, yang diperlihatkan dengan tingginya capaian *N-Gain*, ketuntasan klasikal yang terpenuhi, dan rata-rata indikator berpikir kritis yang sangat tinggi. Pembelajaran dapat terlaksana dengan lebih bermakna serta aktif melalui integrasi konteks lokal, simulasi interaktif, kerja kelompok, serta pemecahan masalah nyata. Meski demikian, indikator evaluasi masih perlu diperkuat melalui kegiatan argumentasi ilmiah, analisis bukti, peer assessment, dan refleksi.

Implikasi penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET mampu menciptakan pelaksanaan pembelajaran yang bermakna, aktif, serta kontekstual. Penggunaan jungkat-jungkit sebagai konteks lokal membantu siswa untuk menghubungkan konsep tuas jenis pertama dengan pengalaman yang dirasakan sehari-hari, sedangkan simulasi PhET membantu memvisualisasikan hubungan antara gaya, beban, titik tumpu, dan keseimbangan. Pendekatan ini dapat digunakan sebagai alternatif dalam mempelajari IPA, yang efektif dalam melatih keterampilan siswa dalam berpikir kritis. Berdasarkan temuan tersebut, guru IPA disarankan menerapkan pembelajaran STEM yang dikaitkan dengan kearifan lokal serta memanfaatkan simulasi PhET sebagai media interaktif, terutama pada materi yang membutuhkan visualisasi konsep. Guru juga perlu memberikan waktu yang cukup untuk eksplorasi, diskusi, refleksi, serta menambahkan kegiatan argumentasi ilmiah dan pengambilan keputusan berbasis bukti untuk meningkatkan indikator evaluasi.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu belum melibatkan kelas kontrol, waktu pembelajaran terbatas, kemampuan siswa dalam menggunakan teknologi berbeda-beda, serta materi hanya difokuskan pada submateri tuas dengan simulasi PhET *Balancing Act*. Meskipun demikian, keterbatasan tersebut tidak mengurangi hasil utama penelitian bahwa pendekatan STEM berbasis kearifan lokal berbantuan simulasi PhET efektif dalam melatih keterampilan siswa dalam berpikir kritis pada materi pesawat sederhana. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk mengembangkan penerapan pendekatan serupa pada materi fisika lainnya dengan cakupan peserta didik dan konteks pembelajaran yang lebih beragam.

KESIMPULAN

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa pengimplementasian pendekatan STEM berbasis kearifan lokal yang terintegrasi dengan simulasi PhET berdampak positif terhadap kemajuan keterampilan siswa dalam berpikir kritis pada materi pesawat sederhana, dengan perolehan nilai N-Gain sebesar 78,18% yang dikategorikan efektif. Keefektifan pendekatan tersebut tercermin dari meningkatnya hasil belajar, terpenuhinya ketuntasan belajar secara klasikal, serta capaian keterampilan berpikir kritis pada indikator interpretasi, analisis, eksplanasi, dan regulasi diri yang dikategorikan sangat tinggi, indikator inferensi yang dikategorikan tinggi, sementara indikator evaluasi masih berada pada kategori sedang. Pembelajaran yang memadukan konteks kearifan lokal dan simulasi PhET dapat menghasilkan pengalaman yang lebih bermakna, interaktif, serta kontekstual bagi siswa ketika belajar, yang dapat dipertimbangkan sebagai alternatif dalam pembelajaran IPA untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu penggunaan rancangan *one-group pretest-posttest design* tanpa kelompok kontrol, sehingga generalisasi hasil penelitian masih terbatas. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan pendekatan STEM berbasis kearifan lokal pada materi IPA yang lebih beragam dengan melibatkan kelompok kontrol dan kelompok eksperimen serta waktu pembelajaran yang lebih panjang agar efektivitas pembelajaran dapat dibandingkan secara lebih komprehensif. Pengembangan perangkat pembelajaran juga perlu diarahkan pada kegiatan yang mampu memperkuat indikator evaluasi melalui argumentasi ilmiah, analisis bukti, refleksi, dan pengambilan keputusan berbasis bukti.

DAFTAR PUSTAKA

Asma, R., Asrial, A., & Maison, M. (2020). Development of Interactive Electronic Student Worksheets on Electromagnetic Induction Based on Scientific Approaches. *Jurnal*

Copyright (c) 2026 SECONDARY: Jurnal Inovasi Pendidikan Menengah

 <https://doi.org/10.51878/secondary.v6i4.13583>

- Penelitian Pendidikan IPA*, 6(2), 136–142. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i2.387>
- Atmojo, S. E., Anggriani, M. D., Rahmawati, R. D., Skotnicka, M., Wardana, A. K., & Anindya, A. P. (2025). Bridging STEM and Culture: The Role of Ethnoscience in Developing Critical Thinking and Cultural Literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(2). <https://doi.org/10.15294/jpii.v14i2.23505>
- Darwis, R., & Hardiansyah, M. R. (2023). Effect of PhET Virtual Laboratory Implementation on Students' Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1922–1928. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.1979>
- Fitriah, L., Yulianti, L., Parno, P., Sunaryono, S., & Taufiq, A. (2025). Indonesian Local Wisdom-Based Physics Learning: Strategy and Media. *Journal of Education Culture and Society*, 16(1), 335–364. <https://doi.org/10.15503/jecs2025.2.335.364>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Handayanti, A., I. I., & Wicaksono, I. (2020). Penggunaan Media PhET (Physics Education Technology) Pada Pembelajaran Getaran Dan Gelombang Untuk Kemampuan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Siswa Di SMP. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(2), 63–72. <https://doi.org/10.37478/optika.v4i2.553>
- Hayati, M., Widiyanto, B., & Utami, I. N. (2025). Tinjauan Sistematis Desain Kurikulum Etno-STEM: Menjembatani Literasi Sains dan Berpikir Kritis Mahasiswa. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 9(2), 162–171. <https://doi.org/10.24905/psej.v9i2.247>
- Isnaniah, N., & Masniah, M. (2023). Pembelajaran Fisika Berbasis Etno-STEM melalui Permainan Tradisional Kalimantan Selatan. *Al Kawnu : Science and Local Wisdom Journal*, 2(1), 116–121. <https://doi.org/10.18592/ak.v2i1.7418>
- Kemendikdasmen. (2025). *Data Rapor Pendidikan Indonesia 2025 Indonesia*. <https://data.kemendikdasmen.go.id/dataset/p/rapor-pendidikan-indonesia/data-rapor-pendidikan-indonesia-2025>
- Khaeruddin, K., & Bancong, H. (2022). STEM education through PhET simulations: An effort to enhance students' critical thinking skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 11(1), 35–45. <https://doi.org/10.24042/jipfалbiruni.v11i1.10998>
- Kumari, G. (2022). Constructivism in Learning. *Educational Quest- An International Journal of Education and Applied Social Sciences*, 13(3), 207–213. <https://doi.org/10.30954/2230-7311.3.2022.5>
- Listiani, I., Susilo, H., & Sueb, S. (2022). Relationship between scientific literacy and critical thinking of prospective teachers. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 14(1), 721–730. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i1.1355>
- Marsya, A., Syafi'i, A., & Wulandari, A. Y. R. (2022). Efektivitas Pendekatan Stem Pada Materi Pesawat Sederhana Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik. *Natural Science Education Research*, 5(1), 135–141. <https://doi.org/10.21107/nser.v5i1.15760>
- OECD. (2022). *Grafik Hasil PISA Indonesia*. <https://oecdch.art/a40de1dbaf/C108>

- Paramita, A., Dasna, I. W., & Yahmin, Y. (2019). Kajian Pustaka: Integrasi Stem Untuk Keterampilan Argumentasi Dalam Pembelajaran Sains. *J-PEK (Jurnal Pembelajaran Kimia)*, 4(2), 92–99. <https://doi.org/10.17977/um026v4i22019p092>
- Pelamonía, J., Ginting, C., Kempa, E., Tobing, D., & Leasa, M. (2025). Students' critical thinking skills based on the STEAM approach: The issue of waste recycling and ecology. *Journal of Environment and Sustainability Education*, 3(3), 396–413. <https://doi.org/10.62672/joease.v3i3.95>
- Peter A. (2015). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment*, 5(1), 1–30. https://www.researchgate.net/publication/251303244_Critical_Thinking_What_It_Is_and_Why_It_Counts
- Puspita, L., Hidayah, N., Puspitasari, N., & Komarudin, K. (2023). The Effect of STEM-Fishbone diagram Learning on Critical Thinking Ability and Self-Efficacy: A Study on High School Students. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 270–281. <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.2.12230>
- Setiyani, A., Sudarmin, S., & Ellianawati, E. (2022). E-UKBM Ethno-STEM: The Development of Independent Learning Activities to Train Students' Critical Thinking Skills in Pressure Topics. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 8(2), 249–258. <https://doi.org/10.21009/1.08207>
- Straser, O., Bašić, M., Doorman, M., Weinberg, L., Kapelari, S., & Maaß, K. (2026). Fostering Critical Thinking in STEM Education. *Education Sciences*, 16(3), 461. <https://doi.org/10.3390/educsci16030461>
- Sulistiowati, D. L. (2024). Hubungan Antara Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Dan Disposisi Berpikir Kritis Matematis. *LINEAR: Journal of Mathematics Education*, 5(1), 31–44. <https://doi.org/10.32332/linear.v5i1.8980>
- Wahyuningsih, S., Pudyaningtyas, A. R., Nurjanah, N. E., Dewi, N. K., Hafidah, R., Syamsuddin, M. M., & Sholeha, V. (2020). The utilization of loose parts media in steam learning for early childhood. *Early Childhood Education and Development Journal*, 2(2), 1-5. <https://doi.org/10.20961/ecedj.v2i2.46326>
- Widiyatmoko, A., & Darmawan, M. S. (2023, July). Implementasi stem pada pembelajaran ipa di indonesia: review artikel tahun 2018-2023. In *Proceeding Seminar Nasional IPA* (pp.391–400). <https://proceedings.unnes.ac.id/snipa/article/view/2321>
- Widyastika, D., Wahyuni, N., Yusnita, N. C., & Daulay, R. S. A. (2025). Efektivitas Pendekatan Steam Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Citra Bakti*, 12(1), 292–303. <https://doi.org/10.38048/jipcb.v12i1.4631>
- Wisutama, R. A., Sulaeman, N. F., & Putra, P. D. A. (2024). Fostering argumentation skills through project of STEM-Engineering Design process. *Jurnal Kependidikan Penelitian Inovasi Pembelajaran*, 8(1), 55–67. <https://doi.org/10.21831/jk.v8i1.65673>
- Yuanata, B. E., Dwikoranto, D., & Setiani, R. (2023). Profile of the PhET Assisted Problem-

- Based Learning Model for Improving Critical Thinking Skills of High School Students. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 11(3), 870. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v11i3.8415>
- Zulfa, R. N., Masykuri, M., & Maridi, M. (2022). Efektivitas Perangkat Pembelajaran Terintegrasi STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 7(1), 43–49. <https://doi.org/10.30998/sap.v7i1.13001>