

Penggunaan Simulasi PhET terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMA

The use of PhET simulations on high school students' critical thinking and science process skills

Claudia Martelyana Bupu, Melkyanus Bili Umbu Kaleka*, Hamsa Doa

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Flores, Ende, Indonesia

* melkycitra15@gmail.com (Primary Contact)

ABSTRACT

This study investigated the use of PhET simulation on high school students' critical thinking and science process skills in Newton's Laws. A quantitative pre-experimental study employed a One-Group Pretest-Posttest Design, without a control group, with 24 Grade XI MIPA students at SMA Negeri 1 Jerebuu, selected through purposive sampling. Data were collected using a critical-thinking test and a science-process-skills observation sheet. The data were analyzed using descriptive statistics, the Shapiro-Wilk normality test, and the Wilcoxon Signed Ranks Test. The mean critical-thinking score increased from 31.04 before treatment to 88.85 after learning with PhET. The Wilcoxon test yielded $Z = -4.289$ and $\text{Asymp. Sig. (2-tailed)} = 0.000$, indicating a significant difference between pretest and posttest scores. All six observed science-process-skill indicators were categorized as very good, with percentages ranging from 82.29% to 88.54%. The findings show a significant difference in critical-thinking scores before and after PhET-assisted learning and a very good level of observed science process skills. Because the design had no control group, these results describe differences between pretest and posttest scores and do not establish a causal effect of PhET.

Keywords

critical thinking;
Newton's Laws; PhET
simulation; science
process skills

Article History

Received: 2026-08-10
Accepted: 2026-10-09

Copyright © 2026, Nage et al.
Published by MAN 4 Kota Pekanbaru
DOI: [10.56113/takuana.v5i3.711](https://doi.org/10.56113/takuana.v5i3.711)

1. PENDAHULUAN

Pendidikan fisika pada abad ke-21 tidak cukup diarahkan pada penguasaan rumus dan prosedur perhitungan, tetapi perlu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses sains agar siswa mampu memahami fenomena, menggunakan bukti, serta memecahkan masalah secara ilmiah. Kondisi ini menjadi penting karena pembelajaran fisika berhadapan dengan konsep yang abstrak, hubungan antar kuantitas, dan representasi matematis yang menuntut penalaran. Pada konteks penelitian ini, hasil Tes Kemampuan

Akademik (TKA) fisika di SMA Negeri 1 Jerebuu menunjukkan capaian yang masih rendah, dengan nilai tertinggi 43,76 dan terendah 5,00. Hasil wawancara dengan guru fisika juga menunjukkan bahwa siswa masih cenderung menghafal rumus, khususnya ketika mempelajari hubungan gaya, massa, dan percepatan, sementara pembelajaran masih didominasi penjelasan guru dan pemanfaatan media teknologi belum optimal.

Kemampuan berpikir kritis merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang membantu siswa mengidentifikasi masalah, menilai informasi, menganalisis hubungan sebab-akibat, menggunakan bukti, dan menarik kesimpulan. Dalam pembelajaran fisika, keterampilan ini berhubungan erat dengan kemampuan memahami konsep secara mendalam dan menerapkannya pada situasi yang berbeda. Sari et al., (2025) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa pada materi Hukum Newton masih menjadi persoalan yang perlu mendapat perhatian. Temuan Sulbiana et al., (2024) juga memperlihatkan bahwa kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika perlu dikembangkan melalui pengalaman belajar yang mendorong siswa berpikir analitis dan reflektif. Selain itu, Satriani et al., (2024) menemukan adanya hubungan positif antara pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis, sehingga pembelajaran yang hanya menekankan hafalan rumus berpotensi membatasi perkembangan kedua kemampuan tersebut.

Keterampilan proses sains merupakan kemampuan untuk memperoleh dan mengembangkan pengetahuan melalui kegiatan ilmiah, seperti mengamati, merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan percobaan, menganalisis data, dan menarik kesimpulan. Keterampilan tersebut memungkinkan siswa mengalami proses ilmiah secara langsung, bukan sekadar menerima hasil pengetahuan. Ika & Doa (2021) menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis keterampilan proses sains dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam melakukan kegiatan ilmiah. Dalam pembelajaran fisika, keterampilan proses sains juga berkaitan dengan kemampuan siswa menginterpretasi hasil eksperimen dan menghubungkan bukti dengan konsep. Dengan demikian, pengembangan berpikir kritis dan keterampilan proses sains perlu diintegrasikan dalam pengalaman belajar yang aktif.

Salah satu media yang memungkinkan pengalaman belajar tersebut adalah *PhET Interactive Simulations*. *PhET* menyediakan simulasi interaktif yang memungkinkan siswa memvisualisasikan konsep, mengubah variabel, mengamati perubahan secara langsung, dan melakukan eksperimen virtual. Durkaya (2023) menjelaskan bahwa laboratorium virtual dapat menjadi bagian penting dalam pembelajaran sains pada era digital. Pada materi Hukum Newton, simulasi *PhET* memungkinkan siswa memanipulasi gaya dan massa serta mengamati perubahan percepatan. Bui et al., (2025) melaporkan bahwa pembelajaran berbasis *discovery learning* dengan simulasi *PhET* dapat mengoptimalkan pemahaman konsep dan aktivitas belajar fisika. Muna et al., (2023) juga melaporkan peningkatan hasil belajar melalui penggunaan *PhET* pada materi Hukum Newton.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi *PhET* terhadap keterampilan berpikir dan proses ilmiah, tetapi penelitian ini memadukan dua luaran tersebut dalam satu pengalaman pembelajaran pada konteks siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Jerebuu. Febrianti (2024) menemukan *PhET* berbantuan model *Think Pair Share* dapat mendukung keterampilan berpikir kritis, sedangkan Saputra (2025) menunjukkan bahwa pembelajaran fisika berbantuan *PhET* dapat mengembangkan keterampilan proses sains. Amanda & Wulandari (2025) secara khusus melaporkan efektivitas pembelajaran menggunakan *PhET*

terhadap keterampilan proses sains pada materi Hukum Newton. Meskipun demikian, konteks sekolah, karakteristik siswa, keterbatasan praktikum, dan pola pembelajaran dapat menghasilkan respons yang berbeda. Karena itu, penelitian ini penting untuk memperoleh bukti empiris mengenai perubahan kemampuan berpikir kritis dan gambaran keterampilan proses sains siswa setelah pembelajaran berbantuan *PhET*.

Keunikan penelitian ini terletak pada penggunaan simulasi *PhET* sebagai pengalaman eksperimen virtual yang secara bersamaan diarahkan pada pengembangan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses sains dalam materi Hukum Newton. Selama pembelajaran, siswa tidak hanya mengamati animasi, tetapi juga memanipulasi variabel gaya dan massa, mengamati percepatan, menganalisis data, dan menyusun kesimpulan. Aktivitas tersebut sejalan dengan prinsip konstruktivisme karena pengetahuan dibangun melalui pengalaman dan interaksi siswa dengan lingkungan belajar (Nerita et al., 2023). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini menganalisis perbedaan kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah pembelajaran berbantuan simulasi *PhET* serta mendeskripsikan capaian keterampilan proses sains siswa pada materi Hukum Newton di SMA Negeri 1 Jerebuu. Penelitian ini tidak dimaksudkan untuk menyimpulkan hubungan sebab-akibat karena tidak menggunakan kelompok kontrol.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dan termasuk *pre-experimental design*. Desain yang digunakan adalah *One-Group Pretest-Posttest Design*, yaitu satu kelompok diberikan pengukuran awal, perlakuan, kemudian pengukuran akhir. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Jerebuu, Kecamatan Jerebuu, Kabupaten Ngada, pada semester ganjil Tahun Pelajaran 2026/2027, dengan pelaksanaan penelitian pada bulan Juni sampai Agustus 2026. Populasi penelitian adalah siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Jerebuu yang berjumlah 24 siswa. Seluruh siswa tersebut menjadi sampel melalui *purposive sampling* dengan pertimbangan kesesuaian materi Hukum Newton dengan kelas yang diteliti. Desain ini mengikuti prosedur penelitian yang digunakan dalam skripsi dan rujukan metodologis yang dicantumkan di dalamnya (Koilmo et al., 2025). Karena tidak terdapat kelompok kontrol, hasil penelitian hanya menunjukkan perbedaan skor sebelum dan sesudah perlakuan dan tidak dimaksudkan untuk membuktikan hubungan sebab-akibat antara penggunaan *PhET* dengan perbedaan skor yang terjadi.

Perlakuan pembelajaran menggunakan simulasi *PhET* pada topik Hukum Newton. Simulasi yang digunakan adalah *Force and Motion: Basics*. Pada kegiatan pembelajaran, siswa diarahkan untuk mengatur variabel gaya, massa, dan percepatan, melakukan pengamatan terhadap perubahan gerak, mencatat hasil pengamatan, serta menganalisis hubungan antarvariabel. Pembelajaran dilaksanakan melalui kegiatan yang memberi ruang kepada siswa untuk mengeksplorasi fenomena, melakukan eksperimen virtual, berdiskusi, dan menyusun kesimpulan berdasarkan data. Kegiatan tersebut dirancang untuk memperkuat pengalaman belajar yang aktif dan berpusat pada siswa.

Data kemampuan berpikir kritis dikumpulkan menggunakan tes uraian yang diberikan sebelum dan sesudah perlakuan. Instrumen dikembangkan berdasarkan indikator berpikir kritis yang digunakan dalam penelitian, meliputi memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menarik kesimpulan, memberikan penjelasan

lanjutan, serta mengatur strategi dan taktik. Tes terdiri atas lima butir soal uraian, masing-masing memuat dua pertanyaan sehingga seluruhnya terdapat sepuluh pertanyaan (S1–S10), dengan indikator yang sama pada pretest dan posttest. Berdasarkan kisi-kisi, butir 1 mengukur kemampuan mengidentifikasi konsep gaya dan gerak (memberikan penjelasan sederhana), butir 2 menggunakan data untuk menjelaskan hubungan gaya dan percepatan (membangun keterampilan dasar), butir 3 menarik kesimpulan berdasarkan data (menarik kesimpulan), butir 4 menjelaskan hubungan antarkonsep Hukum Newton (memberikan penjelasan lanjutan), dan butir 5 menentukan langkah penyelesaian masalah (mengatur strategi dan taktik). Setiap pertanyaan dinilai berdasarkan kunci jawaban dengan rubrik skala 1–4, yaitu skor 4 untuk jawaban sangat lengkap dan benar, skor 3 cukup lengkap, skor 2 kurang tepat, dan skor 1 tidak sesuai, sehingga skor maksimum tes adalah 40 (10 pertanyaan $\times$ skor maksimum 4). Skor mentah dikonversi menjadi nilai berskala 0–100 dengan rumus $\text{Nilai} = (\text{skor perolehan} \div \text{skor maksimum}) \times 100$. Data keterampilan proses sains dikumpulkan melalui lembar observasi yang digunakan selama proses pembelajaran. Enam indikator yang diamati adalah mengamati, merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan percobaan, menganalisis data, dan menarik kesimpulan.

Validitas isi dilakukan melalui *expert judgment* oleh tiga validator, yaitu dua dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Flores dan seorang guru fisika SMA Negeri 1 Jerebuu. Penilaian dilakukan pada perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian menggunakan skala 1–5 dan dianalisis dengan indeks *Aiken's V*. Berdasarkan hasil validasi, total skor ketiga validator adalah 822 dari 58 butir yang divalidasi, sehingga diperoleh *Aiken's V* sebesar 0,931 dan dikategorikan sangat valid. Validitas konstruk tes kemampuan berpikir kritis diuji pada 10 siswa di luar sampel menggunakan *Corrected Item-Total Correlation*. Kelima butir memiliki koefisien 0,447–0,754, seluruhnya di atas batas 0,30, sehingga dinyatakan valid. Reliabilitas tes dianalisis dengan Cronbach's Alpha dan menghasilkan koefisien 0,815, yang termasuk kategori tinggi.

Analisis data kemampuan berpikir kritis dilakukan secara deskriptif melalui nilai minimum, maksimum, mean, dan standar deviasi. Selanjutnya dilakukan uji normalitas *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel kurang dari 50. Apabila data berdistribusi normal digunakan *Paired Sample t-Test*, sedangkan apabila tidak memenuhi asumsi normalitas digunakan *Wilcoxon Signed Ranks Test*. Karena data *pretest* tidak berdistribusi normal, pengujian perbedaan *pretest* dan *posttest* dilakukan menggunakan *Wilcoxon Signed Ranks Test*. Keputusan statistik menggunakan taraf signifikansi 0,05. Data keterampilan proses sains dianalisis secara deskriptif melalui persentase pencapaian setiap indikator, dengan kategori 81–100% sangat baik, 61–80% baik, 41–60% cukup, dan $\leq 40\%$ kurang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kelayakan Instrumen Penelitian

Sebelum digunakan untuk mengumpulkan data, instrumen dan perangkat pembelajaran melalui proses validasi. Tiga validator memberikan penilaian terhadap modul ajar, bahan ajar, LKPD, dan tes kemampuan berpikir kritis. Rekapitulasi penilaian menunjukkan bahwa Validator I memberikan skor 272, Validator II 266, dan Validator III 284, sehingga total skor adalah 822. Dengan 58 butir, tiga validator, dan skor minimum 1, jumlah skor minimum adalah 174. Hasil perhitungan *Aiken's V* menghasilkan nilai 0,931, yang termasuk kategori

sangat valid. Hasil ini menunjukkan bahwa instrumen telah memiliki kesesuaian isi yang kuat dengan kompetensi, indikator, materi, dan tujuan penelitian.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Penilaian Validator

Validator	Nama	Jabatan	Total
Validator I	Adrianus Nasar, S.Si.M.Pd.Si	Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Flores	272
Validator II	Yasinta Embu Ika, S.Pd.,M.Pd.	Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Flores	266
Validator III	Wurlensiana Due, S.Pd.	Guru Mata Pelajaran Fisika SMA Negeri 1 Jerebuu	284
Jumlah			822

Sumber: Data Penelitian diolah penulis, 2026

Uji validitas konstruk menunjukkan bahwa seluruh lima butir tes memiliki *Corrected Item-Total Correlation* di atas 0,30, yaitu 0,612 untuk S1, 0,612 untuk S2, 0,447 untuk S3, 0,754 untuk S4, dan 0,612 untuk S5. Butir S4 memiliki korelasi tertinggi, sedangkan S3 memiliki korelasi terendah, tetapi keduanya tetap memenuhi kriteria validitas. Uji reliabilitas menghasilkan *Cronbach's Alpha* sebesar 0,815. Dengan demikian, instrumen tes kemampuan berpikir kritis memiliki konsistensi internal yang tinggi dan layak digunakan.

3.2. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis

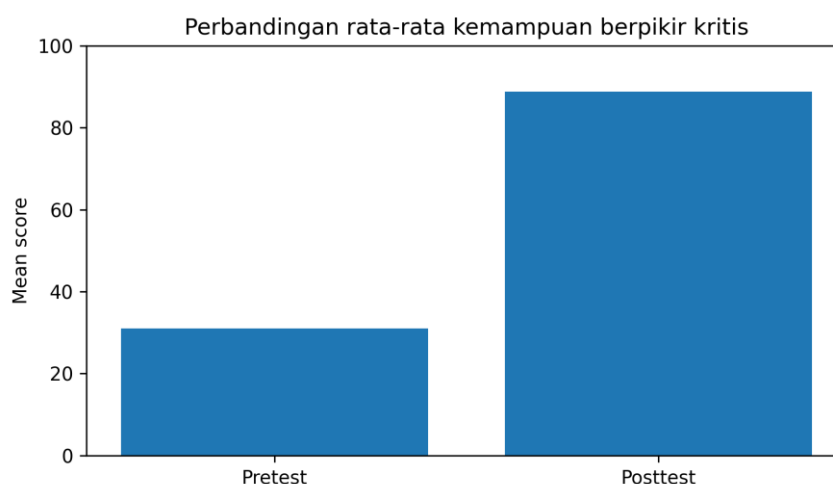
Hasil analisis deskriptif memperlihatkan perubahan kemampuan berpikir kritis sebelum dan sesudah pembelajaran berbantuan *PhET*. Dari 24 siswa, nilai rata-rata *pretest* sebesar 31,04 dengan skor minimum 20,00, maksimum 67,50, dan standar deviasi 13,55. Setelah perlakuan, rata-rata *posttest* meningkat menjadi 88,85 dengan skor minimum 72,50, maksimum 100,00, dan standar deviasi 8,44. Dengan demikian, terdapat kenaikan rata-rata sebesar 57,81 poin. Selain kenaikan rata-rata, rentang skor *posttest* menunjukkan bahwa seluruh siswa mencapai skor yang lebih tinggi daripada skor *pretest*.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Pretest	24	20.0	67.5	31.042	13.5518
Posttest	24	72.5	100.0	88.854	8.4371
Valid N (listwise)	24				

Sumber: Data Penelitian

Peningkatan kemampuan berpikir kritis juga dapat dipahami dari aktivitas belajar selama perlakuan. Siswa diberi kesempatan untuk mengubah nilai gaya dan massa, mengamati respons percepatan, membandingkan hasil, dan menggunakan data tersebut untuk menjawab pertanyaan. Proses ini membuat siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi melakukan eksplorasi dan membangun hubungan antarkonsep. Temuan ini sejalan dengan (Nerita et al., 2023) yang menempatkan pengalaman dan interaksi sebagai bagian penting dalam pembelajaran konstruktivistik. Pada konteks berpikir kritis, aktivitas eksplorasi tersebut memberi ruang bagi siswa untuk mengidentifikasi masalah, menggunakan bukti, mengevaluasi hasil, dan menyusun alasan yang logis.



Gambar 1. Perbandingan rata-rata kemampuan berpikir kritis sebelum dan sesudah pembelajaran berbantuan PhET

3.3. Uji Normalitas dan Uji Hipotesis

Uji normalitas *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa nilai signifikansi *pretest* adalah 0,000, sedangkan *posttest* 0,059. Karena nilai *pretest* $\leq 0,05$, data *pretest* dinyatakan tidak berdistribusi normal. Data *posttest* memiliki nilai signifikansi $>0,05$ sehingga berdistribusi normal. Karena salah satu data berpasangan tidak memenuhi asumsi normalitas, pengujian hipotesis dilakukan dengan *Wilcoxon Signed Ranks Test*.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas *Shapiro-Wilk*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest	.239	24	.001	.774	24	.000
Posttest	.176	24	.053	.920	24	.059

Sumber: Data penelitian.

Hasil *Wilcoxon* menunjukkan *Negative Ranks* = 0, *Positive Ranks* = 24, dan *Ties* = 0. Seluruh siswa memiliki skor *posttest* yang lebih tinggi daripada skor *pretest*. Nilai Z sebesar -4,289 dengan *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,000. Karena $0,000 < 0,05$, hipotesis nol ditolak. Dengan demikian, terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan simulasi *PhET*.

Tabel 4. Hasil Uji *Wilcoxon Signed Ranks Test*

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Posttest - Pretest	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	24 ^b	12.50	300.00
	Ties	0 ^c		
	Total	24		

Sumber: Data penelitian.

Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa penggunaan simulasi *PhET* berkaitan dengan peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi Hukum Newton. Hasil

tersebut tidak hanya ditunjukkan oleh perbedaan rata-rata, tetapi juga oleh pola perubahan individual: tidak ada siswa yang mengalami penurunan atau memperoleh skor yang sama antara *pretest* dan *posttest*. Hasil ini memperkuat penelitian (Febrianti, 2024) yang melaporkan dukungan *PhET* terhadap keterampilan berpikir kritis. (Sujanem et al., 2022) juga menunjukkan bahwa penggunaan pembelajaran berbantuan *PhET* dapat membantu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

Meskipun demikian, interpretasi pengaruh perlu ditempatkan sesuai dengan desain penelitian. Penelitian ini menggunakan satu kelompok tanpa kelompok kontrol. Oleh sebab itu, hasil *Wilcoxon* menunjukkan adanya perubahan yang signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah perlakuan pada kelompok yang diteliti, tetapi tidak dapat sepenuhnya memisahkan pengaruh *PhET* dari faktor lain seperti pengalaman belajar, latihan soal, atau perkembangan siswa selama penelitian. Keterbatasan tersebut merupakan konsekuensi dari penggunaan *One-Group Pretest-Posttest Design* dan perlu diperhatikan ketika temuan diterapkan pada konteks sekolah yang berbeda.

3.4. Keterampilan Proses Sains Siswa

Keterampilan proses sains dinilai melalui enam indikator selama pembelajaran berlangsung. Hasil observasi menunjukkan bahwa seluruh indikator berada pada kategori sangat baik. Persentase tertinggi terdapat pada indikator menarik kesimpulan sebesar 88,54%, sedangkan persentase terendah terdapat pada indikator merumuskan masalah dan menyusun hipotesis, masing-masing 82,29%. Indikator mengamati memperoleh 87,50%, melakukan percobaan 85,42%, dan menganalisis data 85,42%. Dengan demikian, hasil ini menggambarkan capaian keterampilan proses sains yang teramati selama pembelajaran berbantuan *PhET*. Namun, karena KPS hanya diukur melalui observasi setelah perlakuan, kategori sangat baik belum menunjukkan adanya peningkatan KPS dan tidak dapat ditafsirkan sebagai bukti perkembangan akibat penggunaan *PhET*.

Tabel 5. Hasil Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa

No	Indikator KPS	Skor Perolehan	Skor Maksimal	Presentase	Kategori
1	Mengamati	84	96	87,50%	Sangat Baik
2	Merumuskan Masalah	79	96	82,29%	Sangat Baik
3	Menyusun Hipotesis	79	96	82,29%	Sangat Baik
4	Melakukan Percobaan	82	96	85,42%	Sangat Baik
5	Menganalisis Data	82	96	85,42%	Sangat Baik
6	Menarik Kesimpulan	85	96	88,54%	Sangat Baik

Sumber: Data penelitian.

Capaian pada indikator mengamati menunjukkan bahwa siswa mampu memperhatikan perubahan fenomena yang ditampilkan dalam simulasi dan menggunakan hasil pengamatan sebagai dasar untuk kegiatan berikutnya. *PhET* menyediakan representasi visual dan perubahan yang dapat diamati secara langsung, sehingga siswa memiliki objek konkret untuk diamati ketika mempelajari hubungan gaya, massa, dan

percepatan. Kondisi ini sejalan dengan fungsi simulasi sebagai media yang memvisualisasikan konsep abstrak dan memberi kesempatan kepada siswa untuk berinteraksi dengan fenomena (Durkaya, 2023); (Bui et al., 2025).

Pada indikator merumuskan masalah dan menyusun hipotesis, persentase 82,29% menunjukkan bahwa siswa telah mampu mengidentifikasi pertanyaan dan membuat dugaan berdasarkan fenomena yang diamati, meskipun capaian kedua indikator ini merupakan yang terendah dibandingkan indikator lainnya. Temuan tersebut menunjukkan bahwa tahap awal penyelidikan ilmiah masih memerlukan scaffolding dari guru. Siswa lebih mudah melakukan kegiatan ketika variabel telah tersedia dalam simulasi, tetapi merumuskan pertanyaan dan dugaan membutuhkan kemampuan konseptual dan bahasa ilmiah yang lebih terstruktur. (Amanda & Wulandari, 2025) menempatkan aktivitas merumuskan masalah dan mengembangkan proses penyelidikan sebagai bagian penting dalam pengembangan KPS melalui *PhET*.

Indikator melakukan percobaan dan menganalisis data masing-masing mencapai 85,42%. Pada tahap ini siswa dapat memanipulasi gaya dan massa, mengamati perubahan percepatan, serta menggunakan hasil tersebut untuk melihat pola hubungan antarkuantitas. Laboratorium virtual memberi keuntungan karena siswa dapat mengulangi percobaan dan mengubah variabel tanpa keterbatasan alat fisik. (Ika & Doa, 2021) menunjukkan bahwa pembelajaran yang memberi kesempatan melakukan pengamatan, eksperimen, pengolahan data, dan penarikan kesimpulan dapat mengembangkan keterampilan proses sains.

Persentase tertinggi terdapat pada indikator menarik kesimpulan, yaitu 88,54%. Capaian ini menunjukkan bahwa setelah melakukan pengamatan dan eksperimen virtual, siswa relatif mampu menghubungkan bukti dengan konsep dan menyatakan hasil penyelidikan. Aktivitas menarik kesimpulan merupakan titik temu antara keterampilan proses sains dan berpikir kritis karena siswa harus menilai data sebelum menentukan pernyataan akhir. (Sujanem et al., 2022) menjelaskan bahwa keterlibatan aktif dalam eksplorasi dan pemecahan masalah dapat membuat pembelajaran lebih bermakna. Dalam penelitian ini, proses tersebut terlihat melalui kegiatan mengamati, mengubah variabel, menganalisis hasil, dan menyusun kesimpulan.

Secara keseluruhan, keterampilan proses sains yang berada pada kategori sangat baik mendukung hasil kemampuan berpikir kritis yang meningkat. Kedua kemampuan tersebut memiliki keterkaitan fungsional: keterampilan proses sains menyediakan aktivitas untuk memperoleh bukti, sedangkan berpikir kritis membantu siswa menafsirkan dan mengevaluasi bukti tersebut. Ketika siswa mengamati perubahan percepatan, misalnya, mereka tidak berhenti pada pencatatan hasil, tetapi diarahkan untuk menilai hubungan gaya dan percepatan serta menyusun kesimpulan berdasarkan data. Dengan demikian, pembelajaran *PhET* memberikan ruang bagi perkembangan kedua kemampuan secara bersamaan.

3.5. Keterkaitan Temuan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini konsisten dengan sejumlah penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa *PhET* dapat menjadi media pendukung pembelajaran fisika yang interaktif. Muna et al., (2023) melaporkan peningkatan hasil belajar siswa pada materi Hukum Newton melalui penggunaan *PhET*, sedangkan Bui et al., (2025) menunjukkan bahwa integrasi *PhET* dengan

discovery learning dapat mengoptimalkan pemahaman konsep dan aktivitas belajar. Ula et al., (2025) juga melaporkan efektivitas penggunaan *PhET* dalam pembelajaran Hukum Newton. Kesamaan temuan tersebut dapat dijelaskan oleh kemampuan *PhET* menghadirkan representasi visual, manipulasi variabel, dan umpan balik langsung sehingga siswa dapat melihat konsekuensi dari perubahan variabel secara lebih konkret.

Temuan penelitian ini juga sejalan dengan Saputra (2025), yang menekankan pengembangan keterampilan proses sains melalui pembelajaran fisika berbantuan *PhET*. Kesamaan tersebut terutama terlihat pada kesempatan siswa melakukan eksperimen virtual, mengamati fenomena, mengolah data, dan menyusun kesimpulan. Di sisi lain, hasil penelitian memperluas temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa dalam konteks SMA Negeri 1 Jerebuu, penggunaan *PhET* tidak hanya menghasilkan capaian KPS yang sangat baik, tetapi juga diikuti perubahan signifikan pada kemampuan berpikir kritis. Hal ini relevan dengan Sujanem et al., (2022) yang menunjukkan bahwa kegiatan berbasis masalah dan simulasi dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

Dari sudut pandang pembelajaran konstruktivistik, temuan ini dapat dipahami karena siswa memperoleh kesempatan membangun pemahaman melalui pengalaman langsung. Nerita et al., (2023) menjelaskan bahwa konstruktivisme menekankan pembentukan pengetahuan secara aktif melalui pengalaman dan interaksi. Dalam penelitian ini, simulasi menjadi lingkungan belajar yang memungkinkan siswa menguji dugaan, mengubah variabel, mengamati hasil, dan membandingkan temuan. Oleh karena itu, perubahan skor berpikir kritis dan tingginya KPS bukan sekadar akibat penggunaan perangkat digital, tetapi berkaitan dengan bagaimana media tersebut digunakan untuk menciptakan aktivitas belajar yang menuntut eksplorasi dan penalaran.

Temuan penelitian juga mempunyai implikasi praktis bagi pembelajaran fisika di sekolah yang menghadapi keterbatasan sarana praktikum. Simulasi *PhET* tidak sepenuhnya menggantikan laboratorium nyata, tetapi dapat menjadi alternatif atau pelengkap untuk membantu siswa melakukan eksperimen ketika alat terbatas. Siswa dapat melakukan percobaan berulang dengan variabel yang lebih mudah dikontrol. Dengan demikian, guru dapat memanfaatkan *PhET* sebagai bagian dari strategi pembelajaran yang menggabungkan penjelasan konseptual, eksplorasi simulasi, diskusi, analisis data, dan refleksi. Penggunaan tersebut sejalan dengan kebutuhan pembelajaran yang lebih aktif dan terintegrasi dengan teknologi (Anggraini, 2025).

3.6. Implikasi dan Keterbatasan Penelitian

Hasil penelitian memiliki implikasi bahwa simulasi *PhET* dapat digunakan sebagai media pendukung untuk mengembangkan pembelajaran fisika yang lebih aktif, khususnya pada konsep Hukum Newton yang memerlukan pemahaman hubungan antarvariabel. Guru dapat mengarahkan siswa untuk tidak sekadar menjalankan simulasi, tetapi menggunakan lembar kerja yang meminta mereka membuat prediksi, mengumpulkan data, membandingkan hasil, dan menyusun kesimpulan. Dengan pendekatan tersebut, media digital menjadi sarana penyelidikan, bukan hanya alat demonstrasi.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sampel hanya terdiri atas 24 siswa dari satu kelas dan satu sekolah sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Kedua, desain penelitian tidak menggunakan kelompok kontrol sehingga perubahan yang ditemukan belum dapat dibandingkan dengan pembelajaran alternatif

secara langsung. Ketiga, keterampilan proses sains dianalisis secara deskriptif melalui observasi setelah perlakuan, sehingga penelitian belum menguji perubahan KPS secara inferensial dari kondisi sebelum ke sesudah. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan kelompok kontrol atau desain eksperimen yang lebih kuat, melibatkan sampel yang lebih besar, serta memberikan pengukuran KPS sebelum dan sesudah perlakuan agar perubahan kedua variabel dapat dianalisis secara lebih komprehensif.

4. KESIMPULAN

Terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara sebelum dan sesudah pembelajaran Hukum Newton berbantuan simulasi *PhET* pada siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Jerebuu. Nilai rata-rata meningkat dari 31,04 pada pretest menjadi 88,85 pada posttest, dan seluruh 24 siswa menunjukkan peningkatan skor. Uji Wilcoxon Signed Ranks Test menghasilkan $Z = -4,289$ dan Asymp. Sig. (2-tailed) = 0,000 < 0,05, sehingga skor sesudah pembelajaran berbeda secara signifikan dari skor sebelum pembelajaran. Keterampilan proses sains yang diamati selama pembelajaran juga berada pada kategori sangat baik pada seluruh indikator sebagai gambaran capaian setelah perlakuan, dengan persentase 82,29%–88,54%. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbantuan *PhET* berpotensi menjadi media pendukung untuk menciptakan pembelajaran fisika yang aktif, eksploratif, dan berbasis bukti, tetapi besarnya kontribusi *PhET* terhadap perbedaan skor tersebut belum dapat dipastikan. Namun, karena penelitian menggunakan satu kelompok tanpa kontrol dan KPS hanya dianalisis secara deskriptif, penelitian lanjutan perlu menggunakan desain yang lebih kuat dan pengukuran KPS yang memungkinkan analisis perubahan secara inferensial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengungkapkan rasa terima kasih kepada Universitas Flores, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Fisika atas dukungan yang telah diberikan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini. Penghargaan dan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Melkyanus Bili Umbu Kaleka dan Hamsa Doa selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, serta masukan yang berharga sejak pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian artikel ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada SMA Negeri 1 Jerebuu, terutama guru mata pelajaran fisika dan siswa kelas XI MIPA, atas izin, partisipasi, kerja sama, dan dukungan yang diberikan selama penelitian berlangsung.

BIOGRAFI PENULIS

Claudia Martelyana Bupu adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Flores, Ende. Fokus akademiknya berada pada pembelajaran fisika, media pembelajaran berbasis teknologi, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan proses sains. Penulis menyelesaikan penelitian sarjana pada tahun 2026 dengan topik pemanfaatan simulasi *PhET* pada pembelajaran Hukum Newton.

Email: claudiamartelyanabupunage@gmail.com

DAFTAR PUSTAKA

- Amanda, N. D., & Wulandari, M. A. (2025). Efektivitas pembelajaran menggunakan simulasi PhET terhadap peningkatan keterampilan proses sains (KPS) pada materi Hukum Newton. *Seminar Nasional Teknologi dan Multidisiplin Ilmu (SEMNASTEKMU)*, 5(1).
- Anggraini, A. D. (2025). Integrasi teknologi pendidikan dalam Kurikulum Merdeka berbasis nilai-nilai Pancasila. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 4(3), 402–410. <https://doi.org/10.33578/kpd.v4i3.p402-410>
- Bui, F. S., Naen, A. B., Maing, C. M. M., & Freitas, M. L. F. (2025). Optimalisasi pemahaman konsep dan aktivitas belajar fisika melalui *discovery learning* berbasis simulasi PhET pada materi Hukum Newton. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 3(1). <https://doi.org/10.30822/magneton.v3i1.3896>
- Durkaya, F. (2023). Virtual laboratory use in science education with digitalization. *Hungarian Educational Research Journal*, 13(2), 189–211. <https://doi.org/10.1556/063.2022.00141>
- Febrianti, M. (2024). Pengaruh model pembelajaran *think pair share* (TPS) berbantuan PhET Simulation terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran fisika. *Edu Research Indonesian Institute for Corporate Learning and Studies (IICLS)*, 5(1), 70–80.
- Ika, Y. E., & Doa, H. (2021). The development of physics students' worksheets based on science process skills in basic physics course at Flores University. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 35–45. <https://doi.org/10.26618/jpf.v9i1.4764>
- Koilmo, O., Hali, A. S., & Kameo, W. (2025). Efektivitas media pembelajaran simulasi PhET terhadap kemampuan literasi digital dan hasil belajar siswa pada materi elastisitas dan Hukum Hooke. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 3(1). <https://doi.org/10.30822/magneton.v3i1.3640>
- Muna, A. K., Tandililing, E., & Oktavianty, E. (2023). Penerapan media pembelajaran menggunakan PhET Simulation untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi Hukum Newton. *Jurnal Inovasi Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 4(1), 15–23. <https://doi.org/10.26418/jippf>
- Nerita, S., Ananda, A., & Mukhaiyar. (2023). Pemikiran konstruktivisme dan implementasinya dalam pembelajaran. *Jurnal Education and Development*, 11(2), 292–297. <https://doi.org/10.37081/ed.v11i2.4634>
- Saputra, I. G. P. E. (2025). Efektivitas pembelajaran fisika berorientasi *guided inquiry* berbantuan simulasi PhET terhadap pengembangan keterampilan proses sains siswa. *Konstruktivisme: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 7(2). <https://doi.org/10.35457/konstruk.v17i2.4646>
- Sari, S. W., Yokhebed, & Tenriawaru, A. B. (2025). Analisis kemampuan literasi sains pada materi virus kelas X di SMA Negeri 1 Rasau Jaya. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 15.
- Satriani, Khaeruddin, & Palloan, P. (2024). Hubungan pemahaman konsep dengan keterampilan berpikir kritis pada pembelajaran fisika. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 20(3), 249–259. <https://doi.org/10.35580/jspf.v20i3.5296>

- Sujanem, R., Suwindra, I. N. P., & Suswandi, I. (2022). Efektivitas e-modul fisika berbasis masalah berbantuan simulasi PhET dalam uji coba terbatas untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 12(2), 181–191.
- Sulbiana, Haris, A., & Yani, A. (2024). Kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika peserta didik kelas XI MIPA SMA Negeri 3 Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 20(2), 174–189. <https://doi.org/10.35580/jspf.v20i2.3690>
- Ula, A. S., Aulia, E. V., & Mahdiannur, M. A. (2025). Efektivitas penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep Hukum Newton pada siswa SMA. *Jurnal Cahaya Edukasi*, 2(4), 74–78. <https://doi.org/10.63863/jce.v2i4.148>