SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI DAN MULTIDISIPLIN ILMU (SEMNASTEKMU)
Vol. 5 No. 1 Desember 2025
e-ISSN: 2809-1574; p-ISSN: 2809-1566, Hal 121-136
DOI: https://doi.org/10.51903/semnastekmu.v5i1.270

Efektivitas Pembelajaran Menggunakan Simulasi PhET Terhadap Peningkatan Pemahaman Konsep Momentum dan Impuls Siswa SMA

M. Fadhil Raga Ananda
Universitas Jambi
Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi
Korespondensi penulis: fadhiljbi168@gmail.com

Abstract. *This study aims to analyze the effectiveness of learning using PhET simulations in improving high school students' understanding of momentum and impulse concepts. The research employed a quasi-experimental method with a pretest–posttest control group design. The study sample consisted of two eleventh-grade classes: an experimental class that learned using PhET simulations and a control class that was taught through conventional lecture methods. The research instrument was a multiple-choice conceptual understanding test covering seven cognitive indicators. The results showed that the experimental class achieved an average N-Gain of 56% (categorized as moderately effective), while the control class only reached 41% (categorized as less effective). These findings indicate that learning through PhET simulations is more effective in enhancing students' conceptual understanding, as it provides an interactive and contextual learning experience that supports the constructivist process in physics education.*

Keywords: *PhET Simulation, Momentum and Impulse, Conceptual Understanding, Learning Effectiveness.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pembelajaran menggunakan simulasi PhET terhadap peningkatan pemahaman konsep momentum dan impuls siswa SMA. Penelitian ini menggunakan metode quasi experiment dengan desain pretest–posttest control group. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas XI, yaitu kelas eksperimen yang belajar menggunakan simulasi PhET dan kelas kontrol yang belajar melalui metode ceramah konvensional. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep berbentuk pilihan ganda yang mencakup tujuh indikator kognitif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 56% (kategori cukup efektif), sedangkan kelas kontrol hanya mencapai 41% (kategori kurang efektif). Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi PhET lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa karena memberikan pengalaman belajar yang interaktif, kontekstual, dan mendukung proses konstruktivisme dalam pembelajaran fisika.

Kata kunci: Simulasi PhET, Momentum dan Impuls, Pemahaman Konsep, Efektivitas Pembelajaran.

PENDAHULUAN

Fisika merupakan cabang ilmu pengetahuan yang berperan penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah, pemahaman konseptual, serta penerapan

Received Desember 02, 2025; Revised Desember 04, 2025; Accepted Desember 05, 2025
*Fadhil Raga Ananda, fadhiljbi168@gmail.com

prinsip-prinsip ilmiah dalam kehidupan sehari-hari. Pembelajaran fisika di sekolah menengah atas tidak hanya berfokus pada penguasaan teori, tetapi juga pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah melalui kegiatan eksperimen dan observasi (Chotimah & Festiyed, 2020). Tujuan ini sejalan dengan amanat Kurikulum Merdeka dan Permendikbud Nomor 22 Tahun 2016 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah, yang menegaskan pentingnya proses pembelajaran yang interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, serta memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif (Kemendikbud, 2016). Dengan demikian, secara yuridis, pendidikan fisika memiliki dasar hukum yang kuat dalam upaya membentuk peserta didik yang ilmiah, kritis, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

Namun, secara empiris, masih banyak peserta didik yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak, seperti momentum dan impuls. Konsep ini memerlukan kemampuan visualisasi dan pemahaman relasional antara gaya, waktu tumbukan, serta perubahan momentum yang tidak mudah diamati secara langsung (Nisa & Lesmono, 2018; Anggraeni & Okyranida, 2022). Kesulitan ini menyebabkan rendahnya kemampuan konseptual dan berpikir ilmiah siswa, terutama karena keterbatasan fasilitas laboratorium fisika di sekolah dan pembelajaran yang masih berpusat pada guru (*teacher-centered*). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran fisika memerlukan pendekatan inovatif yang dapat membantu siswa memahami konsep melalui pengalaman belajar visual dan interaktif (Ladarna, 2021).

Salah satu pendekatan yang relevan adalah penggunaan simulasi interaktif berbasis komputer, yaitu *Physics Education Technology* (PhET). PhET dikembangkan oleh *University of Colorado* sebagai media pembelajaran virtual yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen secara aman, interaktif, dan menarik. Simulasi ini dirancang berdasarkan teori konstruktivisme Piaget dan Vygotsky, yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman langsung dan interaksi dengan lingkungan belajar (Rararati, Nuroso, & Kurniawan, 2024; Hasanah & Hikmawati, 2025). Melalui PhET, siswa dapat memanipulasi variabel fisis seperti massa, kecepatan, gaya, dan impuls, sehingga mampu mengonstruksi pemahaman berdasarkan observasi dan eksplorasi mandiri (Utama, 2025).

Selain berlandaskan teori konstruktivisme, pembelajaran berbasis PhET juga mendukung prinsip *Discovery Learning* dan *Problem Based Learning* (PBL), di mana

siswa secara aktif mencari solusi dan membangun pengetahuan melalui pemecahan masalah (Hidayatin & Verawati, 2022; Tiyas & Khusaini, 2024). Anggraeni & Okyranida (2022) menegaskan bahwa pembelajaran berbantuan PhET mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan menumbuhkan rasa ingin tahu ilmiah siswa. Lebih lanjut, Chotimah & Festiyed (2020) menunjukkan bahwa penggunaan simulasi interaktif dapat menumbuhkan keterampilan berpikir kreatif dan meningkatkan keaktifan siswa dalam kegiatan eksperimen.

Dari sisi landasan empiris, penelitian meta-analisis oleh Suhardiman, Asni, & Abrar (2022) menemukan bahwa media PhET berpengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar fisika dengan effect size sedang hingga tinggi pada berbagai topik. Sementara itu, Rais (2022) dan Hasanah & Hikmawati (2025) melaporkan bahwa model pembelajaran berbasis penemuan dan inkuiri terbimbing dengan bantuan PhET mampu mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah siswa secara mendalam. Hasil-hasil tersebut memperkuat bahwa PhET dapat menjadi solusi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep yang kompleks seperti momentum dan impuls.

Meskipun demikian, di banyak sekolah pembelajaran fisika masih didominasi oleh metode ceramah yang bersifat satu arah, di mana siswa berperan pasif dan hanya menerima informasi tanpa melakukan eksplorasi konsep (Fauji & Nuryantini, 2022). Pola pembelajaran seperti ini bertentangan dengan tuntutan kurikulum dan kebutuhan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi sains. Oleh karena itu, diperlukan kajian empiris untuk membandingkan efektivitas pembelajaran menggunakan simulasi PhET dengan metode konvensional.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis efektivitas pembelajaran menggunakan simulasi PhET terhadap peningkatan pemahaman konsep momentum dan impuls siswa SMA. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan hasil *pretest* dan *posttest* dua kelompok pembelajaran yang berbeda, menggunakan perhitungan nilai N-Gain sebagai indikator peningkatan pemahaman konseptual siswa.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *quasi experiment* (eksperimen semu). Metode ini dipilih karena pelaksanaan penelitian tidak

memungkinkan untuk melakukan pengacakan subjek secara penuh (*random assignment*), namun tetap melibatkan dua kelompok perlakuan yang memiliki kondisi awal relatif setara.

Desain penelitian yang digunakan adalah *pretest–posttest control group design*, yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas pembelajaran menggunakan simulasi PhET (*Physics Education Technology*) terhadap peningkatan pemahaman konsep momentum dan impuls dibandingkan dengan pembelajaran konvensional menggunakan metode ceramah.

Desain penelitian ini secara skematis dapat digambarkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Desain Penelitian

Kelompok	Perlakuan	Pretest	Posttest
Eksperimen	Pembelajaran menggunakan Simulasi PhET	O_1	O_2
Kontrol	Pembelajaran menggunakan Metode Ceramah	O_3	O_4

Keterangan:

- O_1 dan O_3 : Tes awal (*pretest*) untuk mengukur kemampuan awal pemahaman konsep siswa.
- O_2 dan O_4 : Tes akhir (*posttest*) untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep setelah perlakuan.

Pada desain ini, kedua kelompok diberi tes awal (*pretest*) untuk mengetahui kemampuan awal yang relatif sama. Selanjutnya, kelas eksperimen diberi perlakuan pembelajaran menggunakan simulasi PhET yang menampilkan visualisasi interaktif konsep momentum dan impuls melalui *Collision Lab*, sedangkan kelas kontrol diajar dengan metode ceramah konvensional yang berpusat pada guru. Setelah pembelajaran, kedua kelompok diberi *posttest* untuk melihat peningkatan hasil belajar, kemudian dihitung nilai N-Gain untuk mengukur efektivitas peningkatan pemahaman konsep.

Desain seperti ini umum digunakan dalam penelitian pendidikan sains karena memungkinkan perbandingan langsung antara dua metode pembelajaran yang berbeda, tanpa mengubah struktur kelas yang sudah ada (Sugiyono, 2019; Hake, 1999).

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Titian Teras Jambi, yang menjadi lokasi pelaksanaan pembelajaran fisika menggunakan simulasi PhET pada materi Momentum

dan Impuls. Sekolah ini dipilih karena memiliki fasilitas pembelajaran berbasis teknologi yang mendukung penerapan simulasi interaktif dalam proses pembelajaran.

Kegiatan penelitian dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 selama kurang lebih dua minggu. Rangkaian penelitian meliputi pelaksanaan *pretest*, pemberian perlakuan pada masing-masing kelompok (kelas eksperimen dan kelas kontrol), serta pelaksanaan *posttest*. Pengaturan waktu pembelajaran dilakukan secara terstruktur untuk memastikan seluruh tahapan penelitian berlangsung konsisten sesuai desain penelitian.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMA Titian Teras Jambi pada tahun ajaran 2025/2026 yang mengikuti pembelajaran fisika pada semester ganjil. Populasi tersebut terdiri dari beberapa kelas dengan jumlah siswa yang relatif seimbang.

Pemilihan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu oleh peneliti. Pertimbangan utama dalam pemilihan kelas adalah kesetaraan kemampuan akademik awal berdasarkan nilai rata-rata fisika semester sebelumnya serta kemudahan dalam pengaturan jadwal pembelajaran.

Dari hasil koordinasi dengan guru mata pelajaran fisika, ditetapkan dua kelas sebagai sampel penelitian:

Tabel 2. Sampel Penelitian

Kelas	Metode Pembelajaran	Jumlah Siswa	Keterangan
XI Fase 6	Simulasi PhET (kelas eksperimen)	25	Menggunakan simulasi PhET "*Collision Lab*" untuk konsep momentum dan impuls
XI Fase 5	Ceramah (kelas kontrol)	25	Menggunakan pembelajaran konvensional berbasis ceramah dan tanya jawab

Pemilihan dua kelas ini dimaksudkan agar peneliti dapat membandingkan tingkat efektivitas kedua metode pembelajaran terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa. Kelas eksperimen diberikan perlakuan berupa pembelajaran dengan simulasi interaktif

PhET yang menampilkan hubungan antara gaya, waktu tumbukan, dan perubahan momentum, sedangkan kelas kontrol diajar menggunakan ceramah konvensional yang berfokus pada penjelasan lisan dari guru.

Sebelum perlakuan diberikan, kedua kelas dilakukan *pretest* untuk mengukur kemampuan awal pemahaman konsep siswa. Setelah pembelajaran selesai, dilakukan *posttest* dengan instrumen yang sama untuk mengetahui peningkatan hasil belajar. Nilai *pretest* dan *posttest* kemudian dianalisis menggunakan N-Gain score untuk menentukan efektivitas pembelajaran masing-masing metode.

Instrumen Penelitian

Fokus penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pembelajaran menggunakan simulasi PhET dibandingkan dengan metode ceramah terhadap peningkatan pemahaman konsep momentum dan impuls siswa SMA.

Untuk memperoleh data, digunakan tes pemahaman konsep berbentuk pilihan ganda beralasan sebanyak 30 butir soal. Tes ini diberikan dua kali, yaitu *pretest* sebelum pembelajaran dan *posttest* setelah pembelajaran, untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep siswa.

Penyusunan soal didasarkan pada teori pemahaman konsep menurut Sudjana (2011), Bloom (dalam Anderson & Krathwohl, 2001), dan Marshall dkk. (2017), yang menekankan bahwa pemahaman konsep mencakup kemampuan translasi (*translation*), interpretasi (*interpretation*), dan ekstrapolasi (*extrapolation*).

Selain itu, indikator yang digunakan dalam instrumen mengacu pada tujuh aspek pemahaman konsep yang dikemukakan oleh Anderson dan Krathwohl (2001), yaitu:

1) Menginterpretasi (*interpreting*)
   Mengubah informasi dari satu bentuk ke bentuk lain;
2) Memberikan contoh (*exemplifying*)
   Memberikan ilustrasi konkret dari suatu konsep;
3) Mengklasifikasikan (*classifying*)
   Mengelompokkan contoh ke dalam kategori konsep tertentu;
4) Merangkum (*summarizing*)
   Mengemukakan inti dari materi atau fenomena fisika yang diamati;
5) Menduga (*inferring*)
   Menemukan pola atau hubungan sebab-akibat antar konsep;

6) Membandingkan (*comparing*)

   Menelaah persamaan dan perbedaan antara dua konsep atau peristiwa;

7) Menjelaskan (*explaining*)

   Menguraikan sebab-akibat suatu sistem atau fenomena fisis.

Instrumen ini belum melalui validasi ahli secara formal, namun telah ditelaah oleh guru fisika untuk menilai kesesuaian isi dan tingkat kesulitan soal dengan kemampuan siswa. Oleh karena itu, hasil penelitian bersifat deskriptif eksploratif, berfokus pada perbandingan peningkatan pemahaman konsep melalui dua metode pembelajaran berbeda.

Tabel 3. Kisi-kisi Tes Pemahaman Konsep Momentum dan Impuls

Sub Pokok Bahasan	Dimensi	Indikator	Pengetahuan			Jumlah Soal
			Faktual	Konseptual	Prosedural	
Konsep Momentum dan Impuls	*Interpreting*	Menyebutkan definisi dari impuls.	-	1,2	-	2
		Menjelaskan konsep momentum.	-	3, 4	-	2
		Menentukan kecepatan akhir suatu benda berdasarkan grafik hubungan gaya terhadap waktu	-	-	10, 21, 28	3
		Menjelaskan makna dari konsep impuls	-	11	-	1

	Classifiying	Menentukan nilai momentum paling besar berdasarkan suatu data	-	-	5, 23	2
	Summarizing	Menjelaskan konsep momentum dan impuls berdasarkan isu dalam kehidupan sehari-hari	-	9	-	1
	Explaining	Menjelaskan konsep momentum dan impuls pada suatu peristiwa	-	20, 30	-	2
	Inferring	Menentukan besar momentum dari sebuah peristiwa	-	13, 14	-	2
Penerapan Konsep Momentum dan Impuls	*Exemplifying*	Menyebutkan aplikasi atau penerapan dari momentum dalam kehidupan	6, 24	-	-	2

		sehari-hari				
Penerapan Hukum Kekekalan Momentum	*Classifiying*	Menyebutkan beberapa contoh apliasi dari hukum kekekalan momentum	7, 29	-	-	2
Konsep Tumbukan	*Summarizing*	Menjelaskan definisi suatu tumbukan	-	8, 22	-	2
	Inferring	Menjelaskan konsep tumbukan	-	12, 25	-	2
	Comparing	Menentukan koefisien restitusi suatu tumbukan	-	15, 26	-	2
		Membandingkan Kecepatan tumbukan antar dua buah benda	-	17	-	1
Penerapan atau Aplikasi Tumbukan	*Classifying*	Menentukan pernyataan yang benar mengenai Tumbukan	-	16	-	1
	Exemplifying	Menyebutkan penerapan	18	-	-	1

		tumbukan dalam kehidupan sehari hari				
Hubungan Momentum dan Impuls	*Explaining*	Menjelaskan hubungan momentum dan impuls	-	19, 27	-	2

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data penelitian diperoleh melalui dua jenis tes, yaitu *pretest* dan *posttest*, yang diberikan kepada kedua kelas penelitian (kelas simulasi PhET dan kelas ceramah).

- *Pretest* diberikan sebelum pembelajaran berlangsung untuk mengetahui kemampuan awal pemahaman konsep siswa.
- *Posttest* diberikan setelah perlakuan pembelajaran selesai untuk mengetahui hasil belajar akhir siswa.

Proses pengumpulan data dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Menyusun dan menelaah instrumen tes berdasarkan indikator pemahaman konsep momentum dan impuls.
2. Melaksanakan *pretest* kepada kedua kelas sebelum kegiatan pembelajaran.
3. Memberikan perlakuan:
   - Kelas eksperimen diajar menggunakan Simulasi PhET "*Collision Lab*",
   - Kelas kontrol diajar dengan metode ceramah konvensional.
4. Melaksanakan posttest dengan soal yang sama setelah pembelajaran berakhir.
5. Mengolah data hasil *pretest* dan *posttest* untuk menghitung peningkatan hasil belajar siswa.

Selain itu, peneliti juga menggunakan angket sikap ilmiah untuk memperoleh gambaran umum tentang respon siswa terhadap pembelajaran yang diterapkan.

Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung skor rata-rata *pretest* dan *posttest* untuk masing-masing kelas.
2. Menghitung nilai N-Gain (*Normalized Gain*) untuk mengetahui besarnya peningkatan pemahaman konsep menggunakan rumus Hake (1999):

$$N - Gain\ (\%) = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{maks} - S_{pre}} x\ 100$$

Keterangan:

- S_{post} = skor rata-rata *posttest*
- S_{pre} = skor rata-rata *pretest*
- S_{maks} = skor maksimum (100)

Nilai N-Gain yang diperoleh kemudian dikategorikan berdasarkan kriteria pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kategori Efektivitas N-Gain

Persentase	Tafsiran
<40	Tidak Efektif
40-55	Kurang Efektif
56-75	Cukup Efektif
>76	Efektif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Hasil *Pretest* dan *Posttest*

Sebelum perlakuan diberikan, siswa di kedua kelas memiliki kemampuan awal yang hampir sama. Berdasarkan hasil *pretest*, rata-rata nilai pemahaman konsep siswa di kelas eksperimen sebesar 60,8, sedangkan di kelas kontrol sebesar 59,2. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa relatif setara.

Setelah pembelajaran selesai, dilakukan *posttest* untuk mengetahui peningkatan hasil belajar. Nilai rata-rata *posttest* siswa kelas eksperimen meningkat menjadi 82,8, sedangkan kelas kontrol menjadi 75,7. Perbandingan nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Rata-rata Nilai *Pretest* dan *Posttest*

Kelas	Rata-rata *Pretest*	Rata-rata *Posttest*	Selisih
Eksperimen	60,8	82,8	22,0
Kontrol	59,2	75,7	16,5

Berdasarkan tabel tersebut, peningkatan nilai *posttest* lebih tinggi pada kelas eksperimen. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi PhET memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep momentum dan impuls siswa.

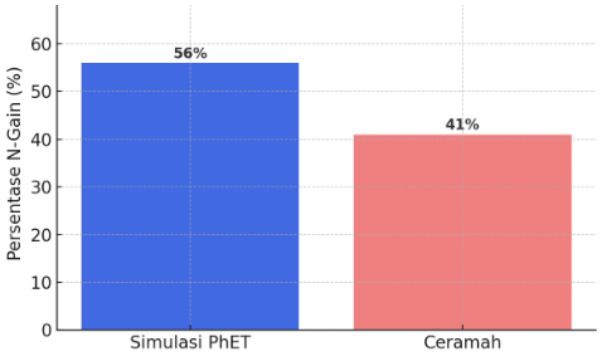
2. Hasil Analisis Persentase N-Gain Pemahaman Konsep

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata N-Gain untuk kedua kelas sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Persentase N-Gain

Kelas	Persentase N-Gain (%)	Kategori Efektivitas
Eksperimen	56%	Cukup Efektif
Kontrol	41%	Kurang Efektif

Nilai rata-rata N-Gain menunjukkan bahwa kelas eksperimen mengalami peningkatan pemahaman konsep sebesar 56%, sedangkan kelas kontrol hanya 41%. Kedua nilai termasuk kategori sedang, namun simulasi PhET menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi.



Gambar 1. Perbandingan Persentase N-Gain

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi PhET berpengaruh positif terhadap peningkatan pemahaman konsep momentum dan impuls siswa SMA. Berdasarkan hasil analisis, kelas eksperimen yang diajar dengan simulasi PhET memperoleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 56%, yang termasuk dalam kategori cukup efektif, sedangkan kelas kontrol yang menggunakan metode ceramah hanya mencapai 41% (kategori kurang efektif). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi PhET memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep fisika dibandingkan metode konvensional.

Peningkatan pemahaman konsep pada kelas eksperimen terjadi karena simulasi PhET menyediakan lingkungan belajar yang interaktif, kontekstual, dan berbasis visualisasi, sehingga siswa dapat terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Melalui simulasi "*Collision Lab*," siswa dapat mengamati hubungan antara gaya, waktu tumbukan, massa, dan perubahan momentum dalam bentuk animasi yang menarik. Aktivitas ini mendorong siswa untuk mengeksplorasi konsep secara mandiri, menafsirkan hasil percobaan virtual, serta menarik kesimpulan berdasarkan fenomena yang mereka amati. Dengan cara ini, pemahaman konseptual siswa terbentuk melalui pengalaman belajar langsung, bukan hanya dari penjelasan verbal guru.

Menurut Sudjana (2011) dan Anderson & Krathwohl (2001), pemahaman konsep merupakan kemampuan untuk menghubungkan informasi baru dengan pengetahuan yang sudah dimiliki, serta menjelaskan hubungan antarvariabel dalam suatu fenomena. Dalam konteks ini, simulasi PhET memberi kesempatan kepada siswa untuk mengontruksi pengetahuannya sendiri dengan mengamati perubahan variabel dan memahami keterkaitan antara gaya, impuls, dan momentum secara visual. Hal ini sejalan dengan prinsip konstruktivisme yang dikemukakan oleh Awan, Sarwar, & Naz (2011) bahwa pengetahuan diperoleh melalui interaksi aktif antara individu dengan lingkungan belajarnya.

Selain itu, hasil penelitian ini juga memperkuat teori belajar bermakna Ausubel (dalam Dahar, 2011), yang menyatakan bahwa belajar akan lebih efektif jika informasi baru diasimilasikan ke dalam struktur kognitif yang telah ada. Melalui simulasi PhET, siswa dapat menghubungkan pengalaman eksperimen virtual dengan konsep yang telah mereka pelajari sebelumnya, seperti hukum kekekalan momentum dan konsep gaya impuls. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna karena siswa memahami konsep melalui pengamatan langsung dan pengalaman eksploratif, bukan sekadar menghafal rumus.

Efektivitas pembelajaran dengan PhET juga tercermin dari peningkatan kemampuan siswa pada berbagai aspek kognitif. Berdasarkan indikator pemahaman konsep dari Anderson & Krathwohl (2001), simulasi ini melatih siswa untuk menginterpretasikan (*interpreting*) fenomena fisika, mengklasifikasikan (*classifying*) jenis tumbukan, menyimpulkan (*inferring*) hubungan antara gaya dan momentum, serta menjelaskan (*explaining*) sebab-akibat perubahan kecepatan dan arah gerak benda.

Aktivitas-aktivitas tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi mampu melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*) sekaligus memperkuat pemahaman konseptual siswa.

Meskipun demikian, efektivitas simulasi PhET dalam penelitian ini masih berada pada kategori cukup efektif, bukan sangat efektif. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1) Kemampuan awal siswa yang bervariasi, sehingga tidak semua siswa dapat menafsirkan simulasi dengan kecepatan yang sama.
2) Keterbatasan waktu pembelajaran, sehingga eksplorasi terhadap seluruh fitur simulasi belum optimal.
3) Keterampilan analitis yang belum merata, di mana sebagian siswa masih kesulitan menghubungkan hasil pengamatan simulasi dengan prinsip teori momentum dan impuls.

Kendati demikian, pembelajaran berbasis simulasi PhET tetap menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran fisika di sekolah. Simulasi ini mampu menciptakan suasana belajar yang lebih menyenangkan, interaktif, dan bermakna, sekaligus menumbuhkan rasa ingin tahu ilmiah siswa.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep momentum dan impuls karena:

- Memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar melalui eksplorasi dan visualisasi,
- Membantu siswa menghubungkan teori dengan fenomena nyata, dan
- Mendorong terbentuknya pemahaman konseptual yang lebih mendalam melalui pengalaman belajar aktif.

Dengan demikian, simulasi PhET dapat dijadikan media pembelajaran alternatif yang mendukung tercapainya tujuan pembelajaran fisika, yaitu mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah dan pemahaman konsep yang bermakna bagi siswa.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan Simulasi PhET lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep momentum dan impuls

dibandingkan metode ceramah. Kelas dengan simulasi PhET memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 56% (kategori cukup efektif), sedangkan kelas ceramah 41% (kategori kurang efektif). Simulasi PhET membantu siswa memahami konsep fisika secara lebih bermakna karena melibatkan visualisasi, interaksi, dan eksplorasi yang mendukung proses konstruktivisme dalam belajar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada SMAN Titian Teras Jambi yang telah memberikan izin dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada guru fisika dan seluruh siswa kelas eksperimen dan kontrol yang telah berpartisipasi dengan antusias selama proses pembelajaran. Tidak lupa, apresiasi diberikan kepada rekan-rekan dan dosen pembimbing yang telah memberikan masukan serta arahan hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

Anggraeni, R. W., & Okyranida, I. Y. (2022). Pengembangan modul praktikum berbantuan PhET Simulation berbasis inkuiri terbimbing pada materi momentum, impuls, dan tumbukan kelas X SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 18(2), 145–156.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.

Awan, R., Sarwar, M., & Naz, A. (2011). The effect of inquiry-based teaching on the achievement of students in physics. *Asian Social Science*, 7(8), 55–62.

Chotimah, C., & Festiyed, F. (2020). PhET Interactive Simulations untuk meningkatkan creative thinking melalui model Research Based Learning pada materi momentum dan impuls. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 6(1), 35–45.

Dahar, R. W. (2011). *Teori-teori belajar dan pembelajaran*. Jakarta: Erlangga.

Fauji, A., & Nuryantini, D. (2022). Analisis efektivitas metode ceramah dalam pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Pendidikan dan Sains*, 8(1), 55–63.

Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. *Department of Physics, Indiana University*, 1–4.

Hasanah, N., & Hikmawati, H. (2025). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan simulasi PhET terhadap hasil belajar fisika kelas XI SMAN 1 Lingsar. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 44–53.

Hidayatin, S., & Verawati, N. N. S. P. (2022). Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis PBL untuk meningkatkan penguasaan konsep fisika materi momentum dan impuls kelas X. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(3), 188–197.

Kemendikbud. (2016). *Permendikbud Nomor 22 Tahun 2016 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah.* Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

Ladarna, M. (2021). Pengembangan LKPD berbasis laboratorium virtual simulasi PhET pada materi momentum dan impuls untuk tingkat SMA/MA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Qalam*, 9(2), 102–113. UIN Ar-Raniry Banda Aceh Repository.

Marshall, D., Smart, K., & Alston, J. (2017). Active learning through simulation: Student engagement and performance in physics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(5), 457–469.

Nisa, R., & Lesmono, A. D. (2018). Analisis kesulitan siswa SMA dalam memahami konsep momentum dan impuls. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 120–128.

Rais, R. A. (2022). Pengaruh model Discovery Learning berbantuan PhET Simulation terhadap hasil belajar siswa pada materi momentum dan impuls di kelas X SMA Negeri 1 Kualuh. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 10(2), 78–86.

Rararati, P. A., Nuroso, H., & Kurniawan, A. F. (2024). Kajian literatur: Penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika. *Lontar Physics Today*, 3(2), 87–96.

Safitri, R. (2017). Penerapan model Problem Based Learning berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep momentum dan impuls. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya*, 7(1), 15–22.

Sudjana, N. (2011). *Penilaian hasil proses belajar mengajar*. Bandung: Remaja Rosdakarya.

Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Suhardiman, S., Asni, N., & Abrar, A. I. P. (2022). Meta-analisis pengaruh media simulasi e-learning PhET terhadap hasil belajar dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1), 77–86.

Tiyas, S. I. R. N., & Khusaini, K. (2024). Analisis penerapan model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) berbantuan media PhET di SMA Brawijaya Smart School Malang. *Jurnal Ilmiah Nusa Edukasi*, 12(1), 22–30.

Utama, R. (2025). Review software simulasi untuk pembelajaran fisika interaktif. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako*, 13(1), 21–31.