

Integrasi Simulasi PhET dalam Pembelajaran Mendalam pada Materi Fisika SMP

Maria Felniani Purnasari Adur¹, Egidius Dewa^{2*}, Maria Febriani Nada³

^{1,2}Pendidikan Fisika, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang

³SMPK Adisucipto Penfui

*Email: egidiusdewa@unwira.ac.id

Received 27/11/2025 ; Revised 02/12/2025 ; Accepted 03/12/2025 ; Published 03/12/2025

Abstrak

Rendahnya pemahaman konsep siswa pada materi gaya dan Hukum Newton masih menjadi permasalahan utama dalam pembelajaran fisika SMP, khususnya karena sifat konsep yang abstrak dan keterbatasan media pembelajaran visual. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan pemahaman konsep gaya dan Hukum Newton siswa kelas VII SMP setelah diterapkan pembelajaran berbantuan simulasi PhET dalam kerangka pembelajaran mendalam. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain pre-eksperimental one group pretest–posttest. Subjek penelitian sebanyak 25 siswa kelas VII SMPK Adisucipto Penfui. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep gaya dan Hukum Newton. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan perhitungan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata pretest sebesar 64,64 dan posttest sebesar 81,56 dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,532 berkategori sedang. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep siswa setelah pembelajaran menggunakan simulasi PhET. Temuan ini mengindikasikan bahwa simulasi PhET berpotensi mendukung pembelajaran mendalam melalui visualisasi interaktif dan aktivitas eksploratif, meskipun hasil penelitian ini masih terbatas pada desain satu kelompok tanpa kelompok kontrol.

Kata kunci: PhET, gaya, Hukum Newton, pembelajaran mendalam, N-Gain.

Abstract

Low students' conceptual understanding of force and Newton's Laws remains a major problem in junior high school physics learning due to the abstract nature of the concepts and the limited use of visual learning media. This study aimed to analyze the improvement of students' understanding of force and Newton's Laws after the implementation of PhET simulations within a deep learning-oriented instructional framework. This study employed a quantitative approach using a pre-experimental one-group pretest–posttest design involving 25 seventh-grade students at SMPK Adisucipto Penfui. The research instrument was a test of students' conceptual understanding of force and Newton's Laws. Data were analyzed using descriptive statistics and N-Gain analysis. The results showed an average pretest score of 64.64 and a posttest score of 81.56, with a mean N-Gain of 0.532 (moderate category). These findings indicate an improvement in students' conceptual understanding after PhET-based learning. However, the results are still limited by the absence of a control group.

Keywords: PhET, force, Newton's Laws, deep learning, N-Gain.

PENDAHULUAN

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) memiliki peran fundamental dalam membangun dasar berpikir ilmiah siswa. Salah satu materi penting dalam fisika SMP adalah konsep gaya dan Hukum Newton. Konsep ini bersifat abstrak, sehingga sering menimbulkan kesulitan bagi siswa apabila hanya disampaikan melalui metode ceramah atau pendekatan konvensional. Akibatnya, siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna fisis di baliknya (Aini et al., 2024).

Berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan peneliti di kelas VII SMPK Adisucipto Penfui pada saat pembelajaran materi gaya dan Hukum Newton, ditemukan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam menjelaskan makna gaya sebagai penyebab perubahan gerak dan bentuk benda. Pada saat guru mengajukan pertanyaan konseptual sederhana, seperti hubungan antara gaya, massa, dan percepatan dalam kehidupan sehari-

hari, sebagian besar siswa hanya mampu menjawab secara prosedural tanpa argumentasi fisis yang tepat. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa masih berada pada level hafalan, belum sampai pada penguasaan konsep yang mendalam.

Selain itu, hasil tes diagnostik awal yang diberikan sebelum pembelajaran menunjukkan bahwa nilai rata-rata siswa masih berada di bawah kriteria ketuntasan minimal yang ditetapkan sekolah. Kesalahan yang paling dominan terdapat pada pemahaman Hukum I dan II Newton, khususnya dalam menginterpretasikan diagram gaya dan menentukan resultan gaya pada suatu benda. Temuan ini mengindikasikan adanya miskonsepsi yang cukup kuat pada diri siswa, terutama dalam membedakan antara gaya, massa, dan percepatan.

Permasalahan rendahnya pemahaman konsep tersebut juga dipengaruhi oleh keterbatasan media pembelajaran yang digunakan di kelas. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru mata pelajaran, pembelajaran fisika selama ini lebih banyak menggunakan buku teks dan papan tulis, sementara pemanfaatan media berbasis teknologi masih sangat terbatas. Akibatnya, siswa sulit memvisualisasikan fenomena gaya dan gerak yang bersifat dinamis, sehingga pembelajaran menjadi kurang bermakna dan tidak kontekstual.

Fisika sebagai bagian dari IPA memerlukan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan fenomena abstrak agar lebih konkret dan bermakna. Keterbatasan media nyata di sekolah menjadi kendala tersendiri dalam pembelajaran, sehingga diperlukan alternatif berupa media digital (Verdian et al., 2021; Ledjab et al., 2024). Salah satu media digital yang banyak dimanfaatkan dalam pembelajaran fisika adalah PhET Interactive Simulations yang dikembangkan oleh University of Colorado (Dewa et al., 2020).

PhET Interactive Simulations menyediakan simulasi interaktif yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual, mengubah parameter, serta mengamati hubungan antarvariabel secara langsung (Octavia & Susiyawati, 2025). Utama (2025) menyatakan bahwa simulasi PhET efektif digunakan untuk membantu siswa memahami konsep fisika melalui visualisasi dan interaksi langsung dengan fenomena yang disimulasikan. Beberapa penelitian juga melaporkan bahwa penggunaan PhET mampu meningkatkan hasil belajar fisika siswa secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional (Eleo & Manguilimotan, 2024; Chairunisa, 2024).

Dalam konteks pembelajaran abad ke-21, pendekatan pembelajaran mendalam (deep learning) mulai menjadi perhatian dalam dunia pendidikan Indonesia (Khasanah et al., 2025). Pembelajaran mendalam menekankan penguasaan konsep secara bermakna, aktivitas eksploratif, berpikir kritis, reflektif, dan keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar (Khasanah et al., 2025; Nurazizah et al., 2025; Nurhijrah & Suryana, 2025). Simulasi PhET dinilai sejalan dengan karakteristik pembelajaran mendalam karena mendorong siswa untuk bereksplorasi, menguji hipotesis, serta mengamati hubungan sebab-akibat dalam fenomena fisika.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji efektivitas PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar fisika pada berbagai jenjang. Verdian et al. (2021) menunjukkan bahwa simulasi PhET efektif digunakan untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika dan memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik bagi siswa. Fitria et al. (2023) melaporkan bahwa penggunaan simulasi PhET pada materi suhu dan kalor dalam pembelajaran daring menghasilkan N-Gain pada kategori sedang hingga tinggi, yang mengindikasikan adanya peningkatan signifikan pada hasil belajar kognitif siswa. Pada level SMA, Aini & Hariyono (2023) menemukan bahwa penerapan PhET Simulations berkontribusi positif terhadap peningkatan literasi sains peserta didik. Secara lebih spesifik pada materi

Hukum Newton, Muna et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi simulasi PhET dalam pembelajaran Hukum Newton di SMP dan SMA mampu meningkatkan hasil belajar dan mempermudah siswa dalam memvisualisasikan gaya serta gerak benda. Selain itu, kajian bibliometrik terkini juga mengonfirmasi tren peningkatan pemanfaatan PhET dalam pendidikan sains dan matematika untuk mendukung pembelajaran konseptual abad ke-21 (Harahap et al., 2025). Namun demikian, kajian yang secara spesifik mengintegrasikan PhET dalam kerangka pembelajaran mendalam pada materi gaya dan Hukum Newton, khususnya pada konteks SMP di wilayah Nusa Tenggara Timur, masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengisi celah tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut yang menunjukkan adanya permasalahan rendahnya pemahaman konsep siswa dan keterbatasan media pembelajaran visual, maka diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu melibatkan siswa secara aktif melalui pengalaman langsung. Salah satu alternatif yang relevan adalah penggunaan simulasi PhET sebagai media pembelajaran interaktif yang sejalan dengan karakteristik *Deep Learning*. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji efektivitas penerapan simulasi PhET terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan pemahaman konsep gaya dan Hukum Newton siswa kelas VII SMPK Adisucipto Penfui setelah penerapan pembelajaran mendalam berbantuan simulasi PhET. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan tidak hanya memberikan gambaran empiris tentang efektivitas simulasi PhET dalam pembelajaran mendalam untuk meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga menjadi dasar pertimbangan bagi guru dalam memilih strategi dan media pembelajaran yang lebih efektif pada materi gaya dan Hukum Newton.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena data yang diperoleh berupa skor numerik hasil tes pemahaman konsep siswa (Sugiyono, 2017). Rancangan penelitian yang digunakan adalah pre-eksperimental dengan desain one group pretest–posttest (Sugiyono, 2023). Desain ini bertujuan untuk membandingkan tingkat pemahaman konsep siswa sebelum dan sesudah perlakuan. Secara skematis desain ditulis: $O_1 - X - O_2$, dengan O_1 sebagai pretest, X sebagai perlakuan pembelajaran menggunakan simulasi PhET, dan O_2 sebagai posttest.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada materi gaya dan Hukum Newton pada mata pelajaran IPA/Fisika SMP kelas VII. Objek penelitian adalah pemahaman konsep siswa, yang mencakup subkonsep: (1) pengertian gaya, (2) resultan gaya, (3) hubungan gaya–massa–percepatan, (4) Hukum I Newton, dan (5) Hukum II Newton.

Penelitian dilaksanakan di SMPK Adisucipto Penfui, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, pada semester genap tahun ajaran berjalan, selama tiga kali pertemuan pembelajaran pada materi gaya dan Hukum Newton. Subjek penelitian adalah 25 siswa kelas VII SMPK Adisucipto Penfui yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling, dengan pertimbangan bahwa kelas tersebut mendapatkan pembelajaran menggunakan simulasi PhET. Seluruh siswa mengikuti rangkaian penelitian mulai dari pretest, perlakuan, hingga posttest.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah tes tertulis berupa pretest dan posttest untuk mengukur pemahaman konsep siswa sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan simulasi PhET. Selain itu, dilakukan observasi kelas untuk memastikan keterlaksanaan pembelajaran berbasis PhET. Instrumen utama penelitian adalah tes

pemahaman konsep gaya dan Hukum Newton dalam bentuk 20 soal pilihan ganda dan 5 soal uraian yang dikembangkan berdasarkan indikator kompetensi kurikulum SMP. Butir soal mencakup lima subkonsep utama, yaitu: (1) pengertian gaya, (2) resultan gaya, (3) hubungan gaya–massa–percepatan, (4) Hukum I Newton, dan (5) Hukum II Newton. Instrumen disusun berdasarkan kisi-kisi yang memetakan keterkaitan antara indikator pembelajaran, ranah kognitif (C2–C4 taksonomi Bloom revisi), dan bentuk soal.

Prosedur penelitian dilaksanakan secara sistematis melalui enam tahap berikut: 1). Studi pendahuluan Peneliti melakukan observasi awal di kelas VII SMPK Adisucipto Penfui untuk mengidentifikasi kondisi awal pembelajaran, karakteristik siswa, serta permasalahan pemahaman konsep pada materi gaya dan Hukum Newton. Pada tahap ini juga dilakukan koordinasi dengan guru mata pelajaran terkait jadwal dan teknis pelaksanaan penelitian. 2). Penyusunan perangkat pembelajaran Peneliti menyusun perangkat pembelajaran yang meliputi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis eksplorasi menggunakan simulasi PhET, serta instrumen tes pemahaman konsep (pretest dan posttest) yang disesuaikan dengan indikator capaian pembelajaran. 3). Pelaksanaan pretest (O_1) Pretest diberikan kepada seluruh siswa sebelum pembelajaran dimulai untuk mengukur tingkat pemahaman konsep awal siswa pada materi gaya dan Hukum Newton. Pretest dikerjakan secara individu dalam waktu yang telah ditentukan. 4). Pelaksanaan pembelajaran mendalam berbantuan simulasi PhET (X). 5). Pelaksanaan posttest (O_2) Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, siswa diberikan posttest dengan tingkat kesukaran yang setara dengan pretest untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep setelah perlakuan pembelajaran menggunakan simulasi PhET. 6). Pengumpulan dan pengolahan data Seluruh data hasil pretest dan posttest dikumpulkan, kemudian diolah untuk dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan perhitungan N-Gain guna mengetahui tingkat peningkatan pemahaman konsep siswa.

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk memperoleh nilai rata-rata, median, modus, nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi sebagai representasi tingkat pemahaman konsep siswa (Sugiyono, 2023). Skor pemahaman konsep (PC) setiap siswa dihitung menggunakan persamaan berikut (Arikunto, 2013):

$$PC = \frac{\sum B}{N} \times 100$$

Keterangan: PC = skor pemahaman konsep siswa $\sum B$ = jumlah jawaban benar N = jumlah seluruh butir soal.

Selanjutnya dilakukan analisis peningkatan pemahaman konsep menggunakan N-Gain untuk mengetahui efektivitas perlakuan pembelajaran (Hake, 2002). Rumus N-Gain yang digunakan adalah:

$$N - Gain = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{skor maksimal} - \text{skor pretest}}$$

Kriteria interpretasi N-Gain adalah: $G < 0,3$ (rendah), $0,3 \leq G < 0,7$ (sedang), dan $G \geq 0,7$ (tinggi) (Wahab et al., 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

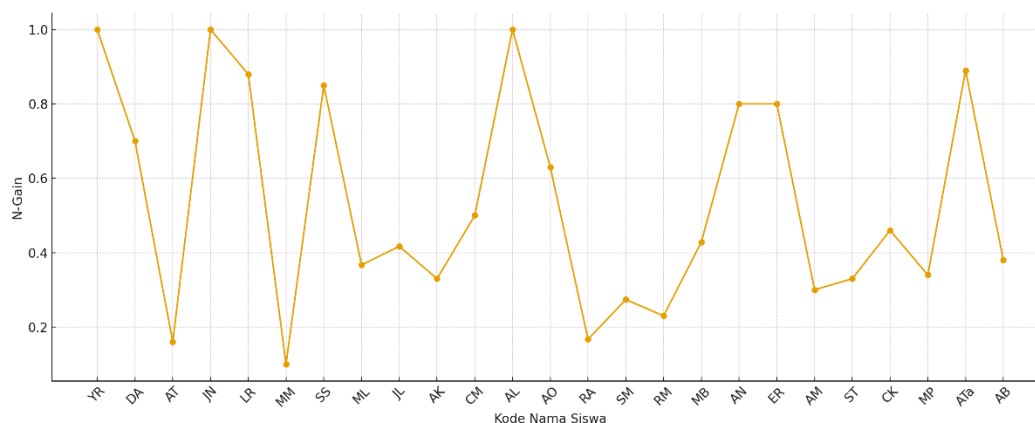
Analisis statistik deskriptif terhadap skor pretest dan posttest dilakukan untuk membandingkan tingkat pemahaman konsep siswa sebelum dan setelah pembelajaran menggunakan simulasi PhET. Ringkasan hasil perhitungan statistik deskriptif tersebut disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, terlihat adanya peningkatan pemahaman konsep siswa yang cukup jelas setelah penerapan pembelajaran berbantuan simulasi PhET. Nilai rata-rata (mean) pemahaman konsep siswa meningkat dari 64,64 pada saat pretest menjadi 81,56 pada posttest, yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan konseptual secara umum. Nilai median juga mengalami kenaikan dari 70 menjadi 80, yang mengindikasikan bahwa kecenderungan nilai tengah siswa setelah pembelajaran bergeser ke arah kategori yang lebih tinggi. Modus meningkat dari 70 pada pretest menjadi 95 pada posttest, menunjukkan bahwa nilai yang paling banyak dicapai siswa setelah perlakuan berada pada skor yang sangat tinggi. Skor tertinggi meningkat dari 95 menjadi 100, sementara skor terendah juga meningkat dari 30 menjadi 50, yang menunjukkan bahwa siswa dengan kemampuan terendah sekalipun mengalami perbaikan pemahaman konsep. Selain itu, standar deviasi menurun dari 19,73 pada pretest menjadi 14,76 pada posttest, yang mengindikasikan bahwa variasi kemampuan siswa menjadi lebih homogen setelah pembelajaran menggunakan simulasi PhET.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Pretest dan Posttest

Statistik	Pretest	Posttest
Mean (Rata-rata)	64,64	81,56
Median	70	80
Modus	70	95
Nilai Tertinggi	95	100
Nilai Terendah	30	50
Standar Deviasi	19,73	14,76

Hasil perhitungan N-Gain menunjukkan nilai rata-rata sebesar 0,532 yang berada pada kategori sedang, yang menandakan bahwa secara umum terjadi peningkatan pemahaman konsep siswa pada tingkat moderat setelah penerapan pembelajaran berbantuan simulasi PhET. Nilai N-Gain tertinggi sebesar 1,00 menunjukkan bahwa terdapat siswa yang mengalami peningkatan pemahaman konsep secara maksimal dari kondisi awal ke kondisi akhir pembelajaran. Sebaliknya, nilai N-Gain terendah sebesar 0,10 mengindikasikan bahwa masih terdapat siswa yang peningkatan pemahaman konseptualnya relatif rendah. Variasi nilai N-Gain tersebut mencerminkan adanya perbedaan tingkat respons, kesiapan awal, serta kemampuan adaptasi siswa terhadap pembelajaran berbasis simulasi PhET. Secara rinci, hasil perhitungan N-Gain pemahaman konsep siswa setelah pembelajaran mendalam berbantuan simulasi PhET dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Nilai N-Gain Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Fisika

Nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,532 yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa secara umum pembelajaran mendalam berbantuan simulasi PhET mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa pada tingkat yang moderat. Capaian rata-rata ini merupakan hasil agregasi dari variasi peningkatan individu siswa yang terbagi ke dalam kelompok high gainers, medium gainers, dan low gainers. Kelompok high gainers dengan N-Gain $\geq 0,7$ memberikan kontribusi signifikan terhadap kenaikan rata-rata kelas karena siswa pada kelompok ini mampu memanfaatkan simulasi PhET secara optimal melalui eksplorasi aktif, pengujian hubungan gaya–massa–percepatan, serta refleksi konseptual yang kuat. Sebaliknya, keberadaan medium gainers ($0,3 \leq \text{N-Gain} < 0,7$) yang jumlahnya dominan menjelaskan mengapa nilai rata-rata kelas berada pada kategori sedang, karena kelompok ini mengalami peningkatan yang stabil namun belum maksimal akibat masih terbatasnya kemampuan menginterpretasikan visualisasi simulasi ke dalam representasi matematis. Sementara itu, low gainers (N-Gain $< 0,3$) menahan laju peningkatan rata-rata kelas, yang mengindikasikan bahwa sebagian siswa masih memerlukan scaffolding konseptual yang lebih intensif untuk dapat memperoleh manfaat optimal dari pembelajaran berbasis PhET. Dengan demikian, nilai N-Gain rata-rata 0,532 tidak hanya merepresentasikan efektivitas umum pembelajaran PhET, tetapi juga mencerminkan heterogenitas respons siswa terhadap pembelajaran mendalam berbantuan simulasi, yang menegaskan pentingnya pendekatan pembelajaran diferensiatif dalam implementasi PhET di kelas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep awal siswa pada materi gaya dan Hukum Newton masih berada pada kategori sedang dengan sebaran nilai yang cukup besar, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai rata-rata pretest sebesar 64,64 dan standar deviasi 19,73. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kemampuan konseptual siswa sebelum perlakuan masih belum merata dan cenderung didominasi oleh pemahaman prosedural. Temuan ini sejalan dengan hasil observasi awal di kelas yang menunjukkan bahwa siswa mampu menggunakan rumus, tetapi belum memahami makna fisis konsep gaya dan Hukum Newton secara mendalam. Kondisi tersebut juga selaras dengan temuan (Verdian et al., 2021) yang menyatakan bahwa konsep gaya dan gerak merupakan materi yang rawan miskonsepsi karena bersifat abstrak dan melibatkan keterkaitan beberapa variabel secara simultan.

Setelah diterapkan pembelajaran mendalam berbantuan simulasi PhET, hasil posttest menunjukkan peningkatan yang jelas pada pemahaman konsep siswa dengan nilai rata-rata sebesar 81,56 dan penurunan standar deviasi menjadi 14,76. Penurunan standar deviasi ini mengindikasikan bahwa selain terjadi peningkatan skor, tingkat pemahaman siswa juga menjadi lebih merata. Artinya, pembelajaran berbantuan PhET tidak hanya meningkatkan kemampuan siswa secara umum, tetapi juga mampu mengurangi kesenjangan pemahaman antar siswa. Hasil ini konsisten dengan temuan (Wieman et al., 2010, Pradana et al., 2017), serta Eleo & Manguilimotan (2024) yang menyimpulkan bahwa simulasi PhET efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa melalui visualisasi dinamis dan eksperimen virtual yang interaktif.

Nilai N-Gain rata-rata sebesar 0,532 (kategori sedang) menunjukkan bahwa secara umum pembelajaran mendalam berbantuan simulasi PhET efektif meningkatkan pemahaman konsep siswa pada tingkat moderat. Menurut kriteria Hake (2002), pencapaian ini menandakan bahwa telah terjadi proses rekonstruksi konsep, meskipun belum mencapai kategori tinggi secara keseluruhan. Nilai N-Gain tertinggi mencapai 1,00, yang menunjukkan bahwa terdapat siswa yang mengalami peningkatan pemahaman konsep secara maksimal,

sedangkan nilai terendah sebesar 0,10 menunjukkan bahwa masih terdapat siswa yang peningkatannya sangat terbatas. Variasi ini menegaskan bahwa efektivitas pembelajaran berbantuan PhET bersifat heterogen, sangat dipengaruhi oleh kesiapan awal, keterlibatan siswa, serta kemampuan dalam memanfaatkan fitur simulasi secara optimal (Bui et al., 2025).

Ditinjau dari diferensiasi peningkatan, siswa pada kelompok high gainers ($N\text{-Gain} \geq 0,7$) menunjukkan bahwa pembelajaran mendalam berbantuan PhET memberikan dampak yang sangat kuat terhadap pemahaman konsep mereka. Siswa dalam kelompok ini mampu melakukan eksplorasi secara aktif, memanipulasi variabel gaya, massa, dan percepatan, serta mengaitkan hasil simulasi dengan konsep teoritis Hukum Newton. Hal ini menunjukkan bahwa bagi siswa dengan kesiapan kognitif yang baik, PhET berfungsi sebagai alat rekonstruksi konsep tingkat tinggi. Temuan ini sesuai dengan karakteristik pembelajaran mendalam yang menekankan keterlibatan aktif, refleksi, dan penguasaan konsep secara bermakna (Khasanah et al., 2025; Chosya & Takiddin, 2025).

Sebagian besar siswa berada pada kelompok medium gainers ($0,3 \leq N\text{-Gain} < 0,7$). Kelompok ini menunjukkan bahwa PhET efektif sebagai jembatan transisi dari pemahaman berbasis hafalan menuju pemahaman konseptual, namun peningkatannya belum maksimal. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun visualisasi dan eksperimen virtual telah membantu siswa memahami konsep secara lebih baik, mereka masih memerlukan scaffolding pedagogis dari guru, khususnya dalam menginterpretasikan hasil simulasi ke dalam representasi matematis Hukum Newton. Kondisi ini memperkuat pandangan bahwa teknologi pembelajaran akan berdampak optimal apabila terintegrasi dengan strategi pembelajaran yang tepat (Chosya & Takiddin, 2025).

Sementara itu, siswa pada kelompok low gainers ($N\text{-Gain} < 0,3$) menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET belum mampu memberikan dampak yang signifikan terhadap pemahaman konsep mereka. Rendahnya peningkatan pada kelompok ini dapat disebabkan oleh rendahnya kesiapan awal, miskonsepsi yang telah mengakar, keterbatasan literasi sains, serta rendahnya keterlibatan siswa selama proses eksplorasi. Temuan ini menegaskan bahwa kehadiran media digital tidak secara otomatis menjamin peningkatan pemahaman konsep tanpa disertai dengan pendampingan intensif dan diferensiasi pembelajaran (Khasanah et al., 2025).

Dari perspektif pembelajaran mendalam, peningkatan pemahaman konsep siswa pada penelitian ini tidak semata-mata disebabkan oleh penggunaan media PhET sebagai alat visualisasi, tetapi lebih dikarenakan oleh proses kognitif tingkat tinggi yang terjadi selama aktivitas eksplorasi, diskusi, dan refleksi. Selama pembelajaran, siswa tidak hanya mengamati, tetapi juga memanipulasi variabel, menguji hubungan sebab-akibat, mendiskusikan temuan, serta merefleksikan hasil pengamatan. Proses ini mendorong terjadinya aktivasi skema awal, konflik kognitif, dan rekonstruksi konsep, yang merupakan inti dari proses pembelajaran mendalam (Khasanah et al., 2025; Barokah & Mahmudah, 2025). Visualisasi dinamis yang disediakan oleh PhET memperkuat pembentukan model mental siswa sehingga konsep Hukum Newton tidak lagi dipahami sebagai sekadar rumus matematis, tetapi sebagai prinsip fisis yang dapat diamati dan diuji melalui eksperimen virtual. Hal ini konsisten dengan temuan (Wieman et al., 2010) dan (Eleo & Manguilimotan, 2024) mengenai efektivitas simulasi interaktif dalam meningkatkan pemahaman konseptual.

Meskipun demikian, peningkatan pemahaman konsep yang ditunjukkan oleh nilai $N\text{-Gain}$ rata-rata 0,532 masih berada pada kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran mendalam berbantuan PhET belum sepenuhnya optimal bagi seluruh siswa.

Salah satu faktor yang memengaruhi hal ini adalah keterbatasan desain penelitian yang tidak menggunakan kelompok kontrol, sehingga peningkatan yang terjadi belum dapat dibandingkan secara langsung dengan pembelajaran konvensional. Selain itu, variasi kesiapan awal siswa dan keterbatasan waktu pembelajaran juga menjadi faktor yang membatasi optimalisasi dampak pembelajaran berbantuan PhET.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran mendalam berbantuan simulasi PhET berpotensi kuat dalam meningkatkan pemahaman konsep gaya dan Hukum Newton siswa SMP, baik secara individual maupun klasikal. Namun, efektivitas tersebut sangat bergantung pada desain aktivitas pembelajaran, peran guru sebagai fasilitator konseptual, serta penerapan pendekatan diferensiatif bagi siswa dengan kesiapan yang beragam. Oleh karena itu, pemanfaatan PhET sebaiknya diposisikan bukan sebagai pengganti peran guru, melainkan sebagai alat penguat dalam ekosistem pembelajaran mendalam yang terintegrasi secara pedagogis.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan PhET Interactive Simulations dalam kerangka pembelajaran mendalam efektif meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi gaya dan Hukum Newton di SMPK Adisucipto Penfui. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,532 (kategori sedang) yang mengindikasikan terjadinya peningkatan pemahaman konsep secara moderat. PhET memfasilitasi visualisasi dinamis, eksplorasi variabel, dan rekonstruksi konsep sehingga siswa tidak hanya belajar secara prosedural, tetapi juga konseptual. Meskipun masih menggunakan desain pre-eksperimental tanpa kelompok kontrol, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi PhET berpotensi kuat sebagai media pendukung pembelajaran fisika berbasis pembelajaran mendalam untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., Putri, H. D., Azizati, B. S., & Rokhmat, J. (2024). Analisis Gaya Belajar dan Hasil Belajar Siswa pada Materi Hukum Newton. *Contextual Natural Science Education Journal*, 2(1), 25–31.
- Aini, Q., & Hariyono, E. (2023). Penerapan PhET Simulations Pada Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik SMA Kelas X ; Universitas Negeri Surabaya, Indonesia. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(2), 56–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.58706/jipp.v1n2.56-65>
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Barokah, N., & Mahmudah, U. (2025). Transformasi pembelajaran matematika SD melalui deep learning: Strategi untuk meningkatkan motivasi dan prestasi. *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumihan Dan Angkasa*, 3(3), 48–61.
- 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. *Magneton: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 3(1), 47–57.
- Chairunisa, T. (2024). Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran Phet Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa (Jppk)*, 1(01), 115–127.
- Chosya, J. A., & Takiddin, T. (2025). Developing Deep Learning-Based Worksheets to Improve Higher-Order Thinking Skills in Elementary Social Studies. *Journal of Deep Learning*, 37–

46.

- Dewa, E., Maria Ursula Jawa Mukin, & Oktavina Pandango. (2020). Pengaruh Pembelajaran Daring Berbantuan Laboratorium Virtual Terhadap Minat dan Hasil Belajar Kognitif Fisika. *JARTIKA Jurnal Riset Teknologi Dan Inovasi Pendidikan*, 3(2), 351–359. <https://doi.org/10.36765/jartika.v3i2.288>
- Eleo, M. C., & Manguilimotan, Y. B. (2024). Physics Education Technology (Phet) Interactive Simulations As Teaching Aid In Enhancing Students'performance In Physics. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*. <https://doi.org/10.36713/Epra15991>.
- Fitria, N., Aziizi, M. K. R., Hardoyo, T., Supriadi, B., Harjianto, A., & Junaidi, M. R. (2023). Penggunaan Phet Simulation Untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Siswa Smp Islam Panggul. *Optika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 428–438. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3394>
- Hake, R. R. (2002). Relationship of individual student normalized learning gains in mechanics with gender, high-school physics, and pretest scores on mathematics and spatial visualization. *Physics Education Research Conference*, 8(1), 1–14.
- Harahap, F. S., Susetyarini, E., Purwanti, E., Fitri, S., Rukman, N. K., & Pohan, H. M. (2025). PhET simulation in education: A bibliometric analysis of the Scopus database. *Research and Development in Education (RaDEn)*, 5(1), 555–570. <https://doi.org/10.22219/raden.v5i1.40504>
- Khasanah, U., Alanur, S. N., Trisnawati, S. N. I., Sulistyowati, R., Isma, A., Agustina, E., Dewantara, H., Fajariah, N., Azis, F., & Fauziah, M. (2025). Deep Learning Dalam Pendidikan: Pendekatan Pembelajaran Bermakna, Sadar, dan Menyenangkan. *Penerbit Tahta Media*.
- Ledjab, F. A. W., Koli, K., Tahu, M. V. F., & Dewa, E. (2024). Inovasi Pembelajaran Fisika: Integrasi Problem Based Learning dan Simulasi PhET pada Materi Gelombang Bunyi. *Magneton: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 2(2), 112–119.
- Muna, A. K., Tandililing, E., & Oktavianity, E. (2023). Penerapan Media Pembelajaran Menggunakan Phet Simulation Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Pada Materi Hukum Newton Di Smp Negeri 23 Pontianak. *Jurnal Inovasi Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 4(1), 15. <https://doi.org/10.26418/jippf.v4i1.55564>
- Nurazizah, Z., Mubarak, A. S., Herawan, E., & Putri, D. P. (2025). Deep Learning with Project-Based Learning (PjBL) Model for Student Creativity: Pembelajaran Mendalam dengan Model Project-Based Learning (PjBL) untuk Kreativitas Siswa. *Pedagogia: Jurnal Pendidikan*, 14(2), 239–252.
- Nurhijrah, N., & Suryana, S. (2025). Pengembangan Profesionalisme Guru Melalui Pembelajaran Deep Learning Dalam Kelas. *Jurnal Pendidikan Dan Profesi Keguruan*, 4(2), 327–333.
- Octavia, S. R., & Susiyawati, E. (2025). Penerapan Phet Simulations Dalam Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa Pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Pendidikan Dan Keguruan*, 3(8), 826–832.
- Pradana, O. R. Y., Sujadi, I., & Pramudya, I. (2017). Think Pair Share with Formative Assessment for Junior High School Student. *Journal of Physics: Conference Series*, 895, 012032. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012032>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Evaluasi (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi)*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian*. Alfabeta.

- Utama, R. (2025). Review Software Simulasi untuk Pembelajaran Fisika Interaktif. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 13(2), 95–106.
- Verdian, F., Jadid, M. A., & Rahmani, M. N. (2021). Studi penggunaan media simulasi phet dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 39–44.
- Wahab, A., Junaedi, J., & Azhar, M. (2021). Efektivitas Pembelajaran Statistika Pendidikan Menggunakan Uji Peningkatan N-Gain di PGMI. *Jurnal Basicedu*, 5(2), 1039–1045. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i2.845>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching Physics Using PhET Simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>