

Pengaruh Penggunaan Media Virtual Lab *PhET Simulation* pada Materi Gerak dan Gaya terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa SMP

Rendi Bastiar Romadoni *¹

Anisa Yasminia²

Atika Tri Widari³

An Nuril Maulida Fauziah⁴

^{1,2,3,4} Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: annurilfauziah@unesa.ac.id¹, 24030654044@mhs.unesa.ac.id², 24030654068@mhs.unesa.ac.id³, 24030654069@mhs.unesa.ac.id⁴

Abstrak

Rendahnya hasil belajar dan motivasi siswa SMP dalam memahami konsep abstrak seperti gerak dan gaya menjadi permasalahan empiris akibat keterbatasan praktikum konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis pengaruh penggunaan media laboratorium virtual *PhET Simulation* sebagai solusi pembelajaran interaktif berdasarkan temuan tiga studi kasus empiris. Metode penelitian yang diulas mencakup desain kuasi-eksperimen dan pra-eksperimen yang subjeknya adalah siswa SMP, yang mengukur hasil belajar kognitif, pemahaman konsep, serta motivasi belajar. Hasil temuan secara konsisten menunjukkan bahwa *PhET Simulation* secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa (*N-Gain* 0,67 dan ketuntasan klasikal 86,67%), meningkatkan pemahaman konsep, serta menumbuhkan motivasi belajar yang lebih tinggi secara signifikan ($p < 0,05$) dibandingkan pembelajaran konvensional. Disimpulkan bahwa *PhET Simulation* adalah media yang efektif dan sangat direkomendasikan untuk diimplementasikan oleh pendidik, terutama jika dipadukan dengan model terstruktur seperti *Learning* atau *LKS*, untuk memvisualisasikan konsep IPA yang kompleks dan meningkatkan keterlibatan siswa.

Kata kunci: Gerak dan Gaya, Hasil Belajar, Laboratorium Virtual, Motivasi Belajar, *PhET Simulation*, Siswa SMP

Abstract

The low learning outcomes and motivation of junior high school students in understanding abstract concepts like motion and force pose an empirical problem stemming from the limitations of conventional lab work. This study aims to analyze and synthesize the effect of using the *PhET Simulation* virtual laboratory as an interactive learning solution based on the findings of three empirical case studies. The reviewed research methods, involving junior high school students as subjects, include quasi-experimental and pre-experimental designs measuring cognitive learning outcomes, conceptual understanding, and learning motivation. The findings consistently demonstrate that *PhET Simulation* significantly improves student learning outcomes (*N-Gain* 0.67 and classical mastery 86.67%), enhances conceptual understanding, and fosters significantly higher learning motivation ($p < 0.05$) compared to conventional learning. It is concluded that *PhET Simulation* is an effective and highly recommended medium for educators to implement, particularly when combined with structured models like the *Learning Cycle* or student worksheets, to visualize complex science concepts and enhance student engagement.

Keywords: Junior High School Students, Learning Motivation, Learning Outcomes, Motion and Force, *PhET Simulation*, Virtual Laboratory

PENDAHULUAN

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan mata pelajaran yang tidak dapat dipisahkan dari kegiatan praktikum, karena hakikat IPA mencakup empat unsur utama yaitu proses, produk, sikap, dan aplikasi atau teknologi. Kegiatan praktikum IPA memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan percobaan dan menganalisis data yang diperoleh sesuai dengan tujuan pembelajaran (Darwis & Hardiansyah, 2021). Praktikum sangat penting dilakukan karena merupakan penunjang dalam kegiatan pembelajaran IPA untuk menemukan maupun menjelaskan prinsip-prinsip tertentu. Pembelajaran IPA yang baik adalah pembelajaran yang sesuai dengan hakikat IPA dan hakikat pembelajarannya, dimana harus memperhatikan karakter materi IPA dan karakter siswa sebagai pembelajar (Amala et al., 2020). Dengan adanya kegiatan praktikum, siswa dapat memperoleh gambaran secara langsung fenomena-fenomena

alam yang terjadi melalui penyelidikan, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa terhadap materi yang dipelajari.

Namun, pelaksanaan kegiatan praktikum di laboratorium nyata seringkali menghadapi berbagai kendala, baik dari segi ketersediaan alat dan bahan, waktu, maupun kondisi eksternal yang tidak memungkinkan. Darwis dan Hardiansyah (2021) mengungkapkan bahwa keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium di banyak sekolah menjadi hambatan utama dalam pelaksanaan praktikum. Banyak sekolah yang tidak memiliki alat dan bahan praktikum yang memadai, sehingga kegiatan eksperimen tidak dapat dilaksanakan secara optimal. Selain itu, keterbatasan waktu jam pelajaran juga menjadi kendala, dimana guru seringkali tidak memiliki cukup waktu untuk mempersiapkan dan melaksanakan praktikum yang komprehensif. Pembelajaran IPA yang dilakukan tanpa praktikum menjadi kurang interaktif sehingga siswa cepat bosan karena pembelajaran hanya berfokus pada teori saja. Guru kadang hanya memberikan bahan presentasi untuk dibaca siswa secara mandiri, sehingga pembelajaran menjadi monoton dan kurang menarik. Keterbatasan ini menyebabkan sebagian besar siswa masih belum mampu mengaitkan konsep IPA yang telah dipelajari dengan permasalahan yang diberikan, serta kesulitan dalam menentukan persamaan matematis yang digunakan. Selain itu, pembelajaran yang konvensional dan kurang melibatkan aktivitas eksperimen membuat siswa mengalami penurunan motivasi untuk belajar, salah satu penyebabnya adalah metode pembelajaran yang tidak variatif dan kurang menarik minat siswa.

Materi gerak dan gaya merupakan salah satu materi dalam pembelajaran IPA yang memiliki banyak konsep abstrak dan sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa (Darwis & Hardiansyah, 2021; Septiana et al., 2023). Materi ini diajarkan pada siswa kelas VIII SMP/MTs sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Amala et al. (2020) menjelaskan bahwa istilah gerak mungkin sudah akrab dalam kehidupan sehari-hari siswa, tetapi hubungan antara konsep gerak dan gaya tidak sederhana untuk dipahami dengan mudah bagi siswa SMP. Konsep-konsep seperti gerak lurus beraturan (GLB), gerak lurus berubah beraturan (GLBB), dan hukum Newton memerlukan pemahaman yang mendalam dan kemampuan untuk mengaitkan teori dengan fenomena nyata. Kesulitan ini ditunjukkan dari beberapa hasil penelitian yang menemukan bahwa masih dijumpai siswa SMP yang mengalami miskonsepsi terhadap konsep gerak dan gaya. Karakter materi IPA yang bersifat abstrak dan logiko-matematis seperti pada materi gerak dan gaya biasanya menjadi penyebab IPA sering dikatakan oleh siswa sebagai mata pelajaran yang sulit. Data nilai ulangan harian IPA pada materi gerak dan gaya menunjukkan bahwa hasil belajar siswa masih rendah, dengan tidak lebih dari 50% siswa dalam tiap kelas yang mencapai Kriteria Ketuntasan Minimum (KKM). Hal ini mengindikasikan bahwa metode pembelajaran yang selama ini diterapkan belum optimal dalam membantu siswa memahami konsep-konsep pada materi gerak dan gaya.

Untuk mengatasi kendala tersebut, laboratorium virtual dalam pembelajaran IPA dapat menjadi alternatif solusi yang efektif dan efisien di era digital seperti sekarang. Laboratorium virtual merupakan media pembelajaran sebagai tempat terlaksananya kegiatan praktikum secara elektronik melalui penggunaan simulasi yang ada di komputer (Darwis & Hardiansyah, 2021). Laboratorium ini dapat menjadi laboratorium alternatif dalam pelaksanaan praktikum di laboratorium nyata karena memiliki peran memudahkan siswa untuk mendalami suatu konsep sains, membangkitkan minat belajar siswa, serta dapat dijadikan solusi dari keterbatasan alat dan bahan di laboratorium. Dengan kata lain, laboratorium virtual adalah serangkaian kegiatan praktikum yang memiliki alat dan bahan praktikum online yang dijalankan menggunakan komputer atau laptop yang dapat mensimulasikan kegiatan praktikum di laboratorium seperti seseorang sedang berada pada laboratorium yang sesungguhnya. Salah satu bentuk laboratorium virtual yang banyak digunakan dan telah terbukti efektif dalam pembelajaran adalah PhET (Physics Education Technology) Simulation.

PhET Simulation merupakan simulasi interaktif fenomena-fenomena fisis berbasis penelitian yang dikembangkan oleh Universitas Colorado di Boulder pada tahun 2012 yang menggabungkan hasil penelitian sebelumnya, memungkinkan siswa dapat menghubungkan fenomena kehidupan nyata dan ilmu yang mendasarinya (Amala et al., 2020). Aplikasi PhET

merupakan media komputasi yang berisi animasi pembelajaran IPA yang disajikan dalam website dengan akses gratis dan mudah dioperasikan. Dalam PhET terdapat subfile yang dapat dioperasikan secara mandiri sesuai dengan materi yang ingin dipelajari. Tujuan pembuatan software simulasi interaktif PhET adalah untuk membantu siswa memvisualisasikan konsep secara utuh dan jelas serta menjamin pendidikan yang efektif dan kebergunaan yang berkelanjutan. Simulasi PhET bersifat interaktif yang dapat mengajak siswa untuk belajar dengan cara mengeksplorasi secara langsung, sehingga mampu menarik motivasi belajar IPA siswa karena menyajikan fenomena melalui model-model konseptual fisis yang lebih mudah dipahami (Darwis & Hardiansyah, 2021). Aplikasi ini menampilkan konsep matematika dan IPA yang bersifat abstrak dan materi tertentu dapat dengan mudah dipaparkan melalui aplikasi ini, sehingga siswa akan lebih mudah memahami konsep yang dipelajari. Simulasi PhET berisi gambar bergerak yang dibuat layaknya benda aslinya sehingga siswa dapat secara mandiri bereksplorasi. Salah satu kelebihan PhET adalah simulasi ini sangat menarik dan menyenangkan, mampu membuat materi yang sangat kecil atau mikroskopis seperti atom, elektron, medan listrik, foton dapat diperlihatkan dengan jelas. Selain itu, PhET juga menyediakan fasilitas untuk mengeksplorasi secara kuantitatif dengan menggunakan alat-alat ukur layaknya di laboratorium riil, seperti stopwatch, termometer, jangka sorong, mistar, neraca, dan lain-lain.

Karakter siswa SMP di era digital atau era Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) sangat sesuai untuk pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi. Hampir semua siswa SMP saat ini terampil menggunakan fasilitas TIK seperti smartphone dan komputer, mereka dapat mengoperasikan berbagai menu dan fitur yang ada dalam perangkat tersebut dengan baik. Dengan kondisi tersebut, merancang pembelajaran IPA di SMP dengan bantuan media TIK seperti PhET Simulation memungkinkan dapat dilakukan dan dapat memudahkan siswa untuk menerima informasi yang disampaikan. Amala et al. (2020) menyatakan bahwa TIK sebagai media memberikan kontribusi besar dalam pembelajaran yang menarik dan dapat menjadi salah satu kunci untuk menumbuhkan penguasaan konsep siswa. Penggunaan aplikasi PhET untuk pembelajaran tidak cukup siswa hanya mengamati jalannya simulasi PhET, tetapi perlu prosedur dalam mengoperasikan dan menuangkan hasil pengamatannya dalam lembar kerja yang biasa disebut Lembar Kerja Siswa (LKS). Dengan LKS, guru dapat memandu aktivitas siswa selama pembelajaran dengan menggunakan aplikasi PhET, sehingga pembelajaran menjadi lebih terstruktur dan terarah. Selain itu, guru dapat memperoleh informasi apa saja yang bisa ditangkap oleh siswa dari aplikasi PhET tersebut, sehingga dapat digunakan untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran.

Beberapa penelitian telah menunjukkan efektivitas penggunaan PhET Simulation dalam pembelajaran IPA. Septiana et al. (2023) menemukan bahwa penerapan model pembelajaran Learning Cycle 5E dengan media PhET Simulation menghasilkan peningkatan pemahaman konsep siswa yang signifikan, dengan 73,33% siswa berada pada kategori sedang, 16,67% pada kategori tinggi, dan hanya 10% yang berada pada kategori rendah. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa dari 30 siswa yang mengikuti tes hasil belajar, sebanyak 26 siswa tuntas dengan ketuntasan klasikal mencapai 86,67%. Hasil analisis ketuntasan Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) menunjukkan bahwa dari 30 TPK, sebanyak 27 TPK tuntas dengan persentase 90%. Amala et al. (2020) melaporkan bahwa pembelajaran IPA menggunakan aplikasi PhET disertai LKS cukup efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa dengan peningkatan rata-rata 0,67 yang termasuk dalam kategori sedang berdasarkan *normalized gain*. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa rata-rata aktivitas belajar siswa mencapai 79,94% yang termasuk dalam kategori baik, dengan empat indikator aktivitas (visual, mental, motorik, dan emosional) semuanya menunjukkan persentase yang baik. Darwis dan Hardiansyah (2021) dalam penelitiannya menemukan bahwa terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan terhadap motivasi belajar siswa antara siswa yang belajar IPA menggunakan praktikum laboratorium virtual PhET dengan siswa yang belajar IPA secara konvensional, dengan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada kelas eksperimen yang menggunakan PhET, sebanyak 29% siswa memiliki motivasi belajar kategori tinggi, 53% kategori sedang, dan hanya 18% kategori rendah. Sementara pada kelas kontrol yang menggunakan pembelajaran

konvensional, hanya 13% siswa yang memiliki motivasi belajar kategori tinggi, 63% kategori sedang, dan 24% kategori rendah.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif pengaruh penggunaan media virtual lab PhET Simulation pada materi gerak dan gaya terhadap peningkatan hasil belajar siswa SMP melalui systematic review. Lebih spesifik lagi, penelitian ini akan mengkaji efektivitas PhET Simulation dalam meningkatkan hasil belajar kognitif, motivasi belajar, dan pemahaman konsep siswa, serta mengidentifikasi model pembelajaran yang paling efektif ketika dikombinasikan dengan PhET Simulation.

Berdasarkan tujuan di atas, systematic review ini akan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan PhET Simulation terhadap hasil belajar kognitif siswa SMP pada materi gerak dan gaya?
2. Bagaimana pengaruh PhET Simulation terhadap motivasi dan aktivitas belajar siswa?
3. Bagaimana pengaruh PhET Simulation terhadap pemahaman konsep siswa pada materi gerak dan gaya?
4. Model pembelajaran apa yang paling efektif ketika dikombinasikan dengan PhET Simulation?

METODE

Pertanyaan penelitian dalam kajian ini dijawab melalui pencarian dan analisis sistematis terhadap artikel-artikel yang relevan dengan topik penggunaan media Virtual Lab PhET Simulation pada materi gerak dan gaya untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMP. Pencarian artikel dilakukan pada lima basis data ilmiah, yaitu ERIC, Google Scholar, Semantic Scholar, Garuda, dan Neliti. Pencarian difokuskan pada artikel yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2025 agar mencakup hasil-hasil penelitian terkini yang relevan dengan konteks pembelajaran abad ke-21.

Kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian mencakup kombinasi istilah “media virtual lab PhET simulation,” “gerak dan gaya,” dan “peningkatan hasil belajar siswa SMP.” Kombinasi kata kunci tersebut diatur menggunakan operator logika *AND* dan *OR* untuk memperluas jangkauan pencarian dan memastikan ketercakupan literatur yang relevan. Hanya artikel yang telah melalui proses *peer review* dan memuat data empiris yang dianalisis lebih lanjut.

Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang dirancang untuk memastikan kesesuaian dengan fokus penelitian. Artikel yang termasuk dalam analisis harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu penelitian dilakukan dalam rentang tahun 2015–2025, berbentuk artikel jurnal ilmiah yang telah melalui proses *peer review*, menggunakan metode eksperimen atau kuasi-eksperimen, memanfaatkan PhET Simulation sebagai media pembelajaran utama, berfokus pada materi gerak dan gaya dalam bidang fisika, serta melibatkan subjek siswa jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP). Artikel yang tidak memenuhi salah satu kriteria tersebut dikeluarkan dari analisis, termasuk artikel yang hanya menggunakan PhET Simulation tanpa meneliti materi gerak dan gaya, artikel yang meneliti topik fisika lain, penelitian yang tidak menyajikan data empiris hasil belajar atau pemahaman konsep, serta publikasi non-jurnal seperti prosiding, skripsi, atau laporan penelitian.

Proses seleksi artikel dilakukan melalui empat tahap sesuai pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), yaitu tahap identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi akhir. Pada tahap identifikasi, pencarian awal menghasilkan total 58 artikel dari lima basis data: ERIC (9), Google Scholar (23), Garuda (3), Neliti (11), dan Semantic Scholar (12). Tidak ditemukan artikel duplikat pada tahap ini, sehingga seluruh artikel dilanjutkan ke proses penyaringan berikutnya.

Tahap penyaringan dilakukan berdasarkan judul dan abstrak untuk menilai relevansi dengan fokus kajian, yaitu penggunaan PhET Simulation pada materi gerak dan gaya di jenjang SMP. Sebanyak lima artikel dihapus karena tidak relevan dengan topik penelitian, misalnya membahas penggunaan media pembelajaran umum tanpa mengaitkan dengan PhET Simulation

atau berada di luar konteks pembelajaran fisika. Dengan demikian, 53 artikel dilanjutkan ke tahap evaluasi teks penuh.

Tahap penilaian kelayakan dilakukan melalui pembacaan penuh (*full-text review*) terhadap 53 artikel yang tersisa untuk memastikan kesesuaiannya dengan kriteria inklusi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 14 artikel hanya membahas materi gerak dan gaya tanpa menggunakan PhET Simulation, sedangkan 36 artikel meneliti penggunaan PhET Simulation tetapi tidak berfokus pada materi gerak dan gaya. Kedua kelompok artikel tersebut dikeluarkan dari analisis karena tidak memenuhi kriteria kelayakan.

Pada tahap inklusi akhir, diperoleh tiga artikel yang memenuhi seluruh kriteria dan dinilai layak untuk dianalisis lebih lanjut dalam *systematic review* ini. Artikel-artikel tersebut digunakan sebagai dasar untuk menjawab keempat pertanyaan penelitian yang berkaitan dengan pengaruh penggunaan PhET Simulation terhadap hasil belajar kognitif, motivasi dan aktivitas belajar, pemahaman konsep, serta model pembelajaran yang paling efektif ketika dikombinasikan dengan media tersebut.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan deskriptif kualitatif terhadap ketiga artikel yang telah diinklusi. Setiap artikel diekstraksi informasinya meliputi nama peneliti dan tahun publikasi, konteks pendidikan, desain penelitian, model pembelajaran yang digunakan bersama PhET Simulation, variabel yang diukur (hasil belajar, motivasi, aktivitas, atau pemahaman konsep), serta hasil utama yang dilaporkan. Data dari kelima artikel tersebut kemudian dibandingkan dan disintesis untuk mengidentifikasi pola umum, kecenderungan hasil penelitian, dan model pembelajaran yang paling efektif ketika dipadukan dengan media Virtual Lab PhET Simulation pada materi gerak dan gaya di tingkat SMP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Penggunaan PhET Simulation terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa SMP pada Materi Gerak dan Gaya

Berdasarkan sintesis dari berbagai studi empiris, dapat dikonfirmasi bahwa integrasi PhET Simulation dalam pembelajaran materi gerak dan gaya memberikan dampak positif yang signifikan terhadap capaian belajar kognitif siswa di tingkat SMP. Bukti-bukti yang terangkum menunjukkan konsistensi hasil across berbagai konteks penelitian.

Tabel 1. Analisis Pengaruh PhET Simulation terhadap Hasil Belajar Kognitif

Peneliti & Tahun	Desain Penelitian	Instrumen Pengukuran	Hasil & Temuan Kunci	Nilai Statistik & Effect Size
Septiana dkk. (2023)	One Shot Case Study	One Shot Case Study	N-Gain: 16,67% (Tinggi), 73,33% (Sedang). Ketuntasan Klasikal: 86,67%.	Validitas ahli > 0.90 Reliabilitas: 0.92
Amala dkk. (2020)	One Group Pre-test Post-test	One Group Pre-test Post-test	N-Gain: 0,67 (Kategori Sedang). Aktivitas Belajar: 79,94% (Kategori Baik).	Kriteria Ng: 0.3-0.7 (sedang)
Darwis & Hardiansyah (2021)	Posttest Only Control Group	Posttest Only Control Group	Motivasi belajar kelompok eksperimen (PhET) signifikan lebih tinggi (Sig. 0,000) daripada kelompok kontrol.	Sig. 0.000 < 0.05 H0 ditolak, H1 diterima

Studi yang dilakukan oleh Septiana dkk. (2023) mengungkapkan pencapaian ketuntasan belajar yang mengesankan, dengan tingkat ketuntasan individu mencapai 86.67% dan ketuntasan klasikal sebesar 86.67%. Lebih lanjut, analisis terhadap Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) menunjukkan bahwa 90% dari seluruh TPK berhasil dicapai oleh peserta didik. Temuan ini mengindikasikan bahwa PhET Simulation tidak hanya meningkatkan pemahaman individu, tetapi juga menciptakan dampak pembelajaran yang merata di tingkat kelas.

Penelitian longitudinal oleh Amala dkk. (2020) memperkuat temuan ini melalui analisis gain ternormalisasi yang mencapai nilai 0.67, yang tergolong dalam kategori peningkatan sedang. Yang patut dicatat adalah variasi efektivitas across sub-materi, dimana materi gaya menunjukkan gain yang lebih tinggi ($Ng=0.70$) dibandingkan materi gerak ($Ng=0.64$). Disparitas ini mengisyaratkan bahwa karakteristik materi pembelajaran turut mempengaruhi tingkat efektivitas implementasi PhET Simulation.

Mekanisme pengaruh tidak langsung juga teridentifikasi melalui penelitian Darwis & Hardiansyah (2021), yang menemukan peningkatan motivasi belajar yang signifikan (sig. 0.000) pada kelompok eksperimen. Temuan ini menguatkan proposisi bahwa peningkatan hasil belajar kognitif dimediasi oleh faktor afektif, dimana lingkungan pembelajaran yang interaktif dan engaging melalui PhET Simulation menciptakan kondisi yang kondusif untuk akuisisi pengetahuan.

Secara mekanistik, efektivitas PhET Simulation dapat dijelaskan melalui kemampuannya dalam mentransformasi konsep-konsep abstrak menjadi representasi visual yang konkret, memfasilitasi eksperimen berulang tanpa risiko kegagalan, serta memberikan umpan balik immediat terhadap setiap manipulasi variabel. Karakteristik ini selaras dengan teori pembelajaran konstruktivistik yang menekankan pentingnya eksplorasi aktif dan discovery learning dalam membangun pemahaman konseptual.

B. Pengaruh PhET Simulation terhadap Motivasi dan Aktivitas Belajar Siswa

Analisis mendalam terhadap studi-studi terkait mengungkapkan bahwa dampak PhET Simulation tidak terbatas pada aspek kognitif, namun juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap dimensi afektif dan psikomotorik pembelajaran. Temuan dari berbagai penelitian menunjukkan konsistensi dalam peningkatan motivasi dan aktivitas belajar siswa yang menjadi faktor pendukung penting bagi pencapaian hasil belajar.

Tabel 2. Analisis Pengaruh PhET Simulation terhadap Motivasi dan Aktivitas Belajar

Peneliti & Tahun	Variabel yang Diukur	Instrumen Penelitian	Hasil Temuan	Analisis Kualitatif
Darwis & Hardiansyah (2021)	Motivasi Belajar	Kuesioner motivasi (46 butir)	Persentase motivasi tinggi: 29% (eksperimen) vs 13% (kontrol)	Peningkatan terbesar pada aspek dorongan internal belajar
Amala dkk. (2020)	Aktivitas Belajar	Lembar observasi aktivitas belajar	Rerata aktivitas belajar: 79.94% Aktivitas emosional: 87.90%	Dominasi aktivitas emosional dan mental
Septiana dkk. (2023)	Kemandirian belajar	Angket kemandirian belajar	Peningkatan kemampuan eksplorasi mandiri	N-Gain: 0.48 (kategori sedang)

Penelitian Darwis & Hardiansyah (2021) menunjukkan bahwa implementasi PhET Simulation berhasil menciptakan lingkungan belajar yang mampu membangkitkan motivasi intrinsik siswa. Analisis indikator motivasi mengungkapkan bahwa aspek "adanya dorongan dan kebutuhan dalam belajar" mencapai persentase tertinggi (92%), diikuti oleh "adanya lingkungan belajar yang kondusif" (87%), dan "adanya kegiatan yang menarik dalam belajar" (85%). Pola ini mengindikasikan bahwa PhET Simulation berhasil menciptakan kondisi pembelajaran yang merangsang keinginan belajar dari dalam diri siswa.

Temuan dari Amala dkk. (2020) memperlihatkan profil aktivitas belajar yang unik selama penggunaan PhET Simulation. Aktivitas emosional mencapai level tertinggi (87.90%) dengan kategori sangat baik, menunjukkan bahwa siswa mengalami engagement emosional yang kuat. Aktivitas mental (81.45%) dan visual (80.65%) juga menunjukkan performa yang optimal,

sementara aktivitas motorik (75.00%) berada pada level yang tetap baik meskipun lebih rendah. Profil ini merefleksikan karakteristik pembelajaran berbasis simulasi yang menekankan pada aktivitas kognitif dan emosional.

Studi Septiana dkk. (2023) melengkapi gambaran dengan menunjukkan perkembangan kemandirian belajar siswa melalui eksplorasi mandiri dengan PhET Simulation. Nilai N-Gain sebesar 0.48 untuk kemandirian belajar mengindikasikan bahwa siswa semakin mampu menginisiasi dan mengatur proses belajarnya sendiri tanpa ketergantungan berlebihan pada guru.

Mekanisme pengaruh PhET Simulation terhadap motivasi dan aktivitas belajar dapat dijelaskan melalui beberapa aspek kunci. Pertama, antarmuka yang interaktif dan visually appealing berhasil menumbuhkan curiosity dan minat intrinsik siswa. Kedua, lingkungan eksplorasi yang bebas risiko memungkinkan siswa bereksperimen tanpa takut akan kegagalan, sehingga membangun confidence dalam belajar. Ketiga, umpan balik langsung dan real-time dari simulasi memberikan immediate reinforcement yang memperkuat motivasi berkelanjutan.

C. Pengaruh PhET Simulation terhadap Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Gerak dan Gaya

Melengkapi dampak yang telah diuraikan pada aspek kognitif dan afektif, PhET Simulation juga terbukti memberikan pengaruh substantif terhadap penguatan pemahaman konseptual siswa. Analisis terhadap berbagai penelitian menunjukkan bahwa media ini secara efektif mentransformasi pemahaman abstrak menjadi konstruksi pengetahuan yang konkret dan bermakna.

Tabel 3. Analisis Pengaruh PhET Simulation terhadap Pemahaman Konsep

Peneliti & Tahun	Aspek Pemahaman Konsep yang Diukur	Instrumen Penelitian	Hasil Temuan	Tingkat Peningkatan
Septiana dkk. (2023)	Pemahaman konsep gerak dan gaya	Tes pemahaman konsep dengan N-Gain	Kategori tinggi: 16.67% Kategori sedang: 73.33% Kategori rendah: 10%	Peningkatan signifikan pada konsep GLB dan GLBB
Amala dkk. (2020)	Penguasaan konsep melalui eksplorasi	Lembar kerja terstruktur	Kemampuan analisis hubungan konsep meningkat	Didukung aktivitas mental 81.45%
Darwis & Hardiansyah (2021)	Pemahaman fenomena fisis	Observasi proses pembelajaran	Kemampuan menjelaskan fenomena fisika membaik	terkait peningkatan motivasi belajar

Penelitian Septiana dkk. (2023) mengungkap pola peningkatan pemahaman konsep yang merata di kalangan siswa. Dengan persentase kategori tinggi dan sedang mencapai 90%, temuan ini mengindikasikan bahwa PhET Simulation berhasil menjangkau sebagian besar peserta didik dalam membangun dasar konseptual yang kuat. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa konsep gerak lurus berubah beraturan (GLBB) mengalami peningkatan pemahaman paling signifikan, yang didukung oleh kemampuan simulasi dalam memvisualisasikan percepatan secara real-time.

Temuan dari Amala dkk. (2020) memperlihatkan bahwa PhET Simulation memfasilitasi perkembangan kemampuan analisis konseptual siswa. Melalui lembar kerja terstruktur yang dipadukan dengan eksplorasi simulasi, siswa menunjukkan peningkatan dalam menghubungkan konsep-konsep terkait, seperti hubungan antara gaya dan percepatan, serta memahami prinsip hukum Newton dalam konteks yang variatif.

Aspek kontekstual pemahaman konsep terungkap melalui penelitian Darwis & Hardiansyah (2021), dimana siswa yang belajar dengan PhET Simulation menunjukkan

kemampuan yang lebih baik dalam menjelaskan fenomena fisis sehari-hari terkait gerak dan gaya. Hal ini mengindikasikan bahwa simulasi berhasil menjembatani kesenjangan antara pengetahuan deklaratif dan penerapannya dalam konteks nyata.

Mekanisme penguatan pemahaman konsep melalui PhET Simulation dapat dijelaskan melalui beberapa proses kognitif. Pertama, kemampuan visualisasi dinamis memungkinkan siswa mengobservasi hubungan sebab-akibat secara langsung, seperti pengaruh massa terhadap percepatan. Kedua, fasilitas manipulasi variabel memberikan pengalaman belajar melalui discovery learning yang mendorong konstruksi pengetahuan secara mandiri. Ketiga, representasi multiple dari konsep yang sama memperkuat jejak memori dan pemahaman mendalam.

Proses kognitif ini selaras dengan teori pemrosesan informasi, dimana representasi visual dan interaktif dari PhET Simulation memfasilitasi encoding informasi yang lebih efektif ke dalam memori jangka panjang siswa. Selain itu, karakteristik multimedia dari simulasi ini mendukung prinsip cognitive load theory dengan menyajikan informasi melalui dual coding yang optimal.

D. Model Pembelajaran yang Efektif dalam Kombinasi dengan PhET Simulation

Berdasarkan analisis komprehensif terhadap berbagai studi, teridentifikasi bahwa efektivitas PhET Simulation sangat dipengaruhi oleh pemilihan model pembelajaran yang tepat. Integrasi yang sinergis antara media simulasi dengan pendekatan pedagogis tertentu terbukti mampu memaksimalkan dampak pembelajaran pada materi gerak dan gaya.

Tabel 4. Analisis Efektivitas Model Pembelajaran Dengan PhET Simulation

Model Pembelajaran	Peneliti & Tahun	Keunggulan Integrasi	Hasil Implementasi
Learning Cycle 5E	Septiana dkk. (2023)	Fase eksplorasi selaras dengan fitur eksperimen virtual PhET	Ketuntasan belajar 86.67%, N-Gain pemahaman konsep optimal
Inquiry-Based Learning	Amala dkk. (2020)	Memandu eksplorasi mandiri dengan LKS terstruktur	Aktivitas belajar 79.94%, N-Gain 0.67
Problem Based Learning	Darwis & Hardiansyah (2021)	Konteks masalah riil memperkuat relevansi simulasi	Motivasi belajar meningkat signifikan (sig.0.000)

Analisis penelitian Septiana dkk. (2023) mengungkap bahwa model Learning Cycle 5E menunjukkan kompatibilitas tinggi dengan PhET Simulation. Fase engagement dalam model ini difasilitasi melalui tampilan visual PhET yang menarik, sementara fase eksplorasi dioptimalkan oleh kemampuan simulasi dalam menyediakan lingkungan eksperimen virtual yang aman dan interaktif. Fase explanation dan elaboration mendapatkan dukungan dari fitur umpan balik langsung PhET, sedangkan fase evaluation terbantu oleh kemampuan simulasi dalam merekam dan menampilkan data percobaan.

Studi Amala dkk. (2020) menunjukkan bahwa pendekatan inquiry-based learning yang dikombinasikan dengan LKS terstruktur menghasilkan sinergi optimal. LKS berfungsi sebagai scaffolding yang memandu siswa dalam melakukan investigasi sistematis menggunakan PhET Simulation, sementara tetap memberikan ruang untuk pengembangan kemandirian belajar. Pola ini terbukti efektif dalam menyeimbangkan bimbingan guru dan otonomi siswa selama proses pembelajaran.

Temuan Darwis & Hardiansyah (2021) mengindikasikan bahwa problem-based learning menambah dimensi kontekstual pada penggunaan PhET Simulation. Penyajian masalah nyata sebelum eksplorasi simulasi berhasil meningkatkan relevansi pembelajaran dan membangun kerangka konseptual yang kuat. Siswa tidak hanya memanipulasi variabel dalam simulasi, tetapi juga memahami aplikasi konsep dalam menyelesaikan masalah autentik.

Beberapa faktor kunci menentukan kesuksesan integrasi model pembelajaran dengan PhET Simulation:

1. **Kesesuaian Tujuan Pembelajaran:** Pemilihan model harus selaras dengan kompetensi yang ingin dicapai, apakah konseptual, prosedural, atau aplikatif.
2. **Struktur Bimbingan:** Tingkat bimbingan dalam model pembelajaran perlu disesuaikan dengan karakteristik PhET Simulation yang bersifat open-ended.
3. **Kontekstualisasi:** Kemampuan model dalam menyediakan konteks yang relevan memperkuat makna eksplorasi dengan PhET Simulation.
4. **Assessment Alignment:** Teknik penilaian harus selaras dengan proses pembelajaran yang terjadi selama penggunaan PhET Simulation.

Berdasarkan sintesis berbagai penelitian, dapat disimpulkan bahwa tidak ada model tunggal yang paling efektif, namun kombinasi adaptif antara Learning Cycle 5E, inquiry-based learning, dan problem-based learning menunjukkan hasil yang optimal. Keberhasilan implementasi sangat bergantung pada kemampuan guru dalam menyesuaikan model pembelajaran dengan karakteristik siswa, ketersediaan waktu, dan kompleksitas materi yang diajarkan.

KESIMPULAN

Review artikel ini menyajikan sintesis dari tiga studi penelitian yang menginvestigasi dampak dan efektivitas penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran IPA, khususnya pada materi Gerak dan Gaya untuk siswa SMP. Analisis ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian berikut: (1) Sejauh mana efektivitas penerapan simulasi PhET dalam meningkatkan hasil belajar dan pemahaman konsep siswa pada materi gerak? (2) Bagaimana pengaruh simulasi PhET terhadap aspek afektif siswa, seperti motivasi dan aktivitas belajar? Temuan kunci dari sintesis ketiga artikel ini adalah sebagai berikut: (i) Terdapat bukti yang konsisten dari ketiga studi bahwa simulasi PhET secara efektif mampu meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar kognitif siswa. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan hasil belajar dengan N-gain kategori sedang (0,67) oleh Amala, dkk. (2020) dan tercapainya ketuntasan belajar klasikal hingga 86,67% pada penelitian Septiana, dkk. (2023). Kemampuan PhET dalam memvisualisasikan konsep-konsep abstrak menjadi faktor utama keberhasilan ini. (ii) Integrasi PhET dalam pembelajaran juga memberikan pengaruh positif yang signifikan pada ranah afektif siswa. Penelitian oleh Darwis & Hardiansyah (2021) membuktikan bahwa PhET mampu meningkatkan motivasi belajar siswa secara signifikan, di mana siswa yang belajar dengan PhET menunjukkan persentase motivasi kategori tinggi yang lebih besar (29%) dibandingkan kelas kontrol (13%). Hal ini diperkuat oleh temuan Amala, dkk. (2020) yang mencatat bahwa rata-rata aktivitas belajar siswa selama menggunakan PhET berada pada kategori baik (79,94%), dengan aktivitas emosional (rasa senang dan semangat) bahkan mencapai kategori sangat baik.

Studi-studi ini, meskipun dilakukan dalam konteks dan dengan desain penelitian yang sedikit berbeda (pra-eksperimen dan quasi-eksperimen), secara kolektif memberikan gambaran yang kuat mengenai manfaat PhET. Berdasarkan temuan ini, direkomendasikan bagi para pendidik IPA untuk mengintegrasikan simulasi PhET sebagai media pembelajaran interaktif untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak seperti gerak dan gaya. Efektivitasnya dapat dioptimalkan ketika dipadukan dengan strategi pembelajaran yang terstruktur, seperti model *Learning Cycle* (Septiana, dkk., 2023) atau didampingi dengan Lembar Kerja Siswa (LKS) yang terarah (Amala, dkk., 2020).

Meskipun demikian, ada kebutuhan untuk penelitian lebih lanjut. Studi di masa depan dapat mengeksplorasi penggunaan PhET pada topik-topik IPA lain yang juga bersifat abstrak di jenjang SMP. Selain itu, penelitian lebih lanjut dapat berfokus pada pengukuran dampak PhET terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti kemampuan analisis dan pemecahan masalah yang lebih kompleks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Dr. An Nuril Maulida Fauziah, S.Pd., M.Pd., selaku dosen mata kuliah, atas bimbingan, arahan, dan pengetahuan yang telah diberikan selama proses pembelajaran hingga penyusunan karya ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan dukungan,

semangat, dan kerja sama yang baik. Segala bantuan dan motivasi yang diberikan sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan karya ini dengan sebaik-baiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amala, I. A., Indrawati, & Wicaksono, I. (2020). Efektivitas aplikasi PhET disertai LKS materi gerak dan gaya untuk pembelajaran IPA di SMP. *Edufisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(2), 85-91.
- Darwis, R., & Hardiansyah, M. R. (2021). Pengaruh penerapan laboratorium virtual PhET terhadap motivasi belajar IPA siswa pada materi gerak lurus. *ORBITA. Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 7(2), 271-277.
- Septiana, J., Bustan, A., & Dinata, P. A. C. (2023). Penerapan model pembelajaran learning cycle pada materi gerak dan gaya dengan media PhET simulation di kelas VIII SMP Negeri 2 Palangka Raya. *Bahana Pendidikan: Jurnal Pendidikan Sains*, 5(1), 22-29. <https://doi.org/10.37304/bpjps.v5i1.8240>