

TREN DAN PEMANFAATAN PHET DALAM PEMBELAJARAN FISIKA TERHADAP HASIL BELAJAR: TINJAUAN LITERATUR REVIEW

Achmad Nur Rochim^{1*}, Putri Bunga Aisyah Pohan¹, Adinda Rosi Felicia¹

¹Magister Pendidikan Sains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta

*Email korespondensi: achmadnur.2024@student.uny.ac.id

ABSTRAK

Pembelajaran fisika sering kali menjadi tantangan karena karakteristik materinya yang abstrak dan kompleks, sehingga mengakibatkan rendahnya motivasi dan hasil belajar peserta didik. Salah satu solusi inovatif yang kini semakin banyak digunakan adalah simulasi PhET (*Physics Education Technology*). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren dan dampak simulasi PhET dalam pembelajaran fisika, model atau pendekatan yang diterapkan, materi yang diajarkan, serta keterampilan yang diperoleh peserta didik. Metode penelitian ini adalah Tinjauan Literatur Sistematis dengan mengikuti tahapan PRISMA, yaitu (1) *identification*, (2) *screening*, (3) *eligibility*, dan (4) *included*. Pengumpulan data dilakukan dengan mengkaji artikel ilmiah terkait penggunaan media pembelajaran PhET yang terbit pada tahun 2021–2025 dari basis data Scopus, Google Scholar, dan Lens. Hasil menunjukkan bahwa PhET dapat diintegrasikan dengan model pembelajaran yang berfokus pada peserta didik, seperti inkuiri terbimbing, PBL dan PjBL. Selain itu, pemanfaatan PhET dapat memfasilitasi meningkatnya hasil belajar peserta didik, meliputi pemecahan masalah, literasi sains, dan pemahaman konsep. Materi yang paling banyak dikaji mencakup usaha dan energi, elastisitas, listrik dinamis, serta materi lain yang memiliki tingkat keabstrakan tinggi dan tidak memadai untuk dipraktikkan di laboratorium nyata sekolah. Keberadaan media pembelajaran interaktif, seperti PhET simulasi, dapat menawarkan pengalaman inovatif bagi siswa, memfasilitasi proses pembelajaran, serta meningkatkan hasil belajar siswa. Temuan ini memberikan dampak signifikan bagi peningkatan kualitas pembelajaran fisika, khususnya dalam mendorong penerapan media simulasi interaktif sebagai alternatif laboratorium virtual yang efektif, sekaligus memperkuat pengembangan keterampilan abad ke-21.

Kata kunci: Hasil Belajar; Pembelajaran Fisika; PhET.

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika merupakan salah satu mata pelajaran inti dalam pendidikan sains yang memiliki peran strategis dalam membentuk kemampuan peserta didik untuk memahami berbagai objek, peristiwa, serta fenomena yang berlangsung di alam (Fadholi et al., 2025). Fisika menjadi cabang sains yang berfokus pada kajian mengenai materi, energi, serta interaksi yang terjadi di antara keduanya. Proses pembelajaran fisika diarahkan pada penguasaan konsep-konsep ilmiah yang berpijak pada epistemologi sains, di mana konstruksi pengetahuan dilakukan secara sistematis melalui pendekatan penemuan terbimbing maupun mandiri (Aiyesi, 2022). Oleh karena itu, fisika berkaitan terhadap kehidupan sehari-hari, karena mampu menjelaskan prinsip-prinsip dasar dari banyak kejadian alam yang dialami (Mahardika et al., 2023). Fisika masih dipandang sebagai salah satu mata pelajaran yang memiliki tingkat kesulitan tinggi, dikarenakan karakteristik materinya yang bersifat abstrak dan menuntut kemampuan matematis yang tidak sederhana (Banda & Nzabahimana, 2021). Oleh karena itu, pengembangan dan inovasi media pembelajaran menjadi penting dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan efektif. Kondisi ini menandakan perlunya inovasi pembelajaran dengan menciptakan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna bagi peserta didik (Pranata, 2024).

Realita di lapangan memperlihatkan bahwa keterbatasan sarana laboratorium dan alat praktikum masih menjadi persoalan klasik dalam pembelajaran fisika sehingga banyak guru mengandalkan metode ceramah dan latihan soal konvensional (Liswar et al., 2023; Simbolon & Silalahi, 2023). Berbagai studi di sekolah menengah melaporkan bahwa fasilitas laboratorium yang tidak lengkap, ketiadaan laboran, serta keterbatasan alokasi dana untuk pengadaan dan pemeliharaan peralatan menyebabkan kegiatan praktikum jarang dilakukan atau hanya sebatas demonstrasi sederhana, sehingga potensi laboratorium sebagai wahana konstruksi pengetahuan tidak termanfaatkan secara optimal (Hastuti, 2021). Keterbatasan tersebut menyebabkan aktivitas eksperimen yang seharusnya menjadi kekuatan pembelajaran fisika tidak berjalan optimal, sehingga peserta didik kurang terfasilitasi untuk mengkonstruksi pengetahuan melalui pengamatan serta investigasi langsung terhadap fenomena fisika (Susilawati et al., 2022). Akibatnya, pemahaman konsep sering kali bersifat hafalan, serta belum cukup mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 yang dituntut dalam kurikulum sains masa kini.

Salah satu solusi yang banyak direkomendasikan untuk mengatasi keterbatasan laboratorium dan abstraknya konsep fisika adalah pemanfaatan laboratorium virtual berbasis simulasi interaktif, seperti PhET (Rianti et al., 2024; Villaruel, 2025). Berbagai penelitian eksperimental menggambarkan bahwa penggunaan PhET dalam pembelajaran fisika mampu meningkatkan motivasi belajar, aktivitas, dan pemecahan masalah peserta didik daripada pembelajaran konvensional (Dy et al., 2024; Harudu et al., 2024). Selain itu, PhET memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen virtual secara berulang pada berbagai skenario, sehingga mendukung terbentuknya pengalaman belajar yang bervariasi dan memberikan alternatif efektif bagi sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium nyata (Alsharif, 2024; Warneri et al., 2024).

Dalam berbagai studi terkini, simulasi PhET menunjukkan efektivitasnya pada berbagai topik fisika, seperti mekanika, elastisitas, hukum Newton, dan materi lainnya. Peningkatan hasil belajar yang signifikan dapat terjadi ketika PhET dipadukan dengan pendekatan pembelajaran yang berorientasi pada peserta didik. Meskipun memiliki banyak keunggulan, penggunaan media digital seperti PhET masih dihadapkan pada sejumlah kendala, seperti terbatasnya sarana teknologi di sebagian sekolah, minimnya pelatihan bagi guru dalam pemanfaatan media secara maksimal, serta perlunya penyesuaian dengan kurikulum yang berlaku. Kondisi ini

menandakan adanya kesenjangan berupa belum tersedianya peta komprehensif yang mengaitkan tren publikasi, keragaman model atau pendekatan pembelajaran, cakupan materi, serta ragam hasil belajar yang dikembangkan melalui PhET.

Meskipun berbagai penelitian eksperimental telah membuktikan efektivitas PhET dalam meningkatkan hasil belajar fisika, namun sebagian besar kajian yang ada masih bersifat parsial dan terfragmentasi pada satu materi, satu model pembelajaran, atau satu jenis keterampilan tertentu saja, sehingga belum tersedia peta komprehensif yang secara sistematis memetakan tren pemanfaatan PhET, keragaman model pembelajaran yang diintegrasikan, cakupan materi fisika yang dieksplorasi, serta capaian belajar yang dikembangkan dalam satu kerangka analisis yang utuh, khususnya pada periode pascapandemi 2021–2025. Di sisi lain, kajian literatur yang sudah ada umumnya tidak menggunakan metode PRISMA, sehingga rentan terhadap bias seleksi dan kurang dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis. Hal tersebut menunjukkan dibutuhkannya sebuah tinjauan literatur sistematis yang mampu memberikan gambaran secara representatif mengenai pola, potensi, sekaligus keterbatasan penerapan PhET dalam pembelajaran fisika. Secara implikatif, penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan empiris bagi pendidik dan pemangku kepentingan dalam merancang rencana integrasi media simulasi interaktif yang lebih terarah, sekaligus membuka ruang bagi penelitian selanjutnya untuk memperluas cakupan kajian ke dimensi nonkognitif dan jenjang pendidikan yang lebih beragam.

METODE PENELITIAN

Strategi Pencarian Data

Jenis penelitian ini merupakan kajian sistematis, yaitu suatu metode penelitian dan pengembangan untuk menghimpun dan mengevaluasi penelitian yang berkaitan dengan fokus pembahasan yang dituju. Penelitian ini dilakukan terhadap artikel jurnal ilmiah yang membahas tentang pemanfaatan laboratorium virtual PhET. Kata kunci yang digunakan dalam penelusuran pustaka adalah "Trend" OR "Trends" AND "Utilization" OR "Pemanfaatan" OR "Manfaat" AND "PhET" OR "Simulasi PhET". Database informasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Scopus, Scholar, dan Lens.

Kriteria Kelayakan

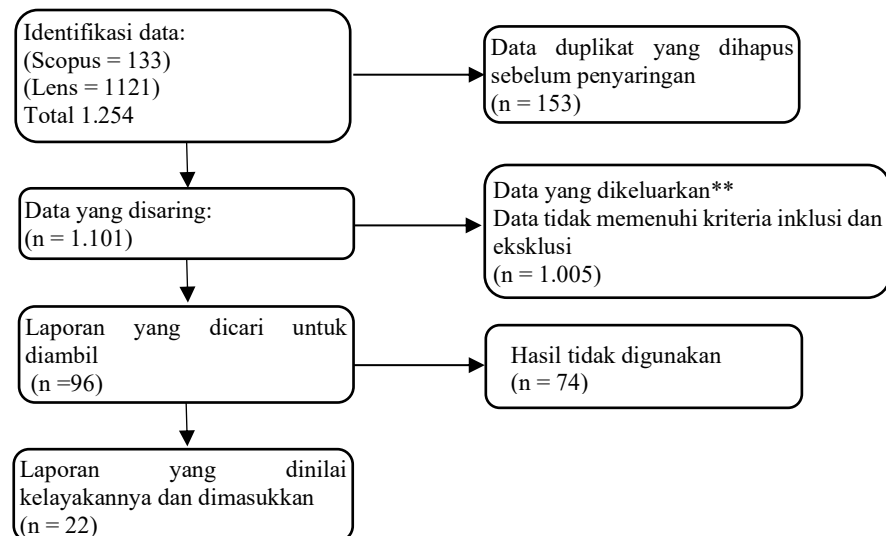
Kriteria kelayakan memuat kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yaitu (1) literatur berupa jurnal dan/atau prosiding ilmiah, (2) sumber jurnal berupa Scopus, Scholar, dan Lens, (3) memiliki akses terbuka, (4) artikel ilmiah menggunakan bahasa Indonesia atau Inggris, (5) artikel terbit pada jurnal antara tahun 2021 dan 2025, (6) pembahasan dalam jurnal dan prosiding ilmiah meliputi pendidikan dalam pembelajaran fisika, sedangkan kriteria eksklusi berupa bentuk denotatif dari kriteria inklusi. Selain itu, peneliti menggunakan metode *PICO* (*Population, Intervention, Comparison, Outcomes*), seperti pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Ringkasan PICO

Parameter	Keterangan
Populasi	Peserta didik dan guru
Intervensi	Inovasi dalam pembelajaran fisika menggunakan PhET
Perbandingan	Perbandingan antara pembelajaran konvensional dan pembelajaran berbantuan PhET
Hasil	Capaian pembelajaran (ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik)

Penilaian Kualitas

Pemilihan artikel dilakukan dengan metode PRISMA. Metode PRISMA memiliki empat tahap utama, yaitu: (1) *identification*, yaitu proses identifikasi seluruh sumber rujukan yang berhubungan dengan tema yang dikaji, (2) *screening*, yaitu tahap pemilihan awal berdasarkan kategori-kategori yang telah ditetapkan, (3) *eligibilitas*, yaitu tahap pemilihan lebih lanjut sesuai standar kelayakan rujukan yang digunakan, dan (4) *included*, yaitu tahap akhir yang memuat sumber-sumber rujukan yang akan dikaji. Berikut ini adalah tahapan-tahapan metode PRISMA yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alur PRISMA

Gambar 1 menunjukkan penerapan metode PRISMA dalam penelitian ini. Identifikasi 1.254 artikel yang diperoleh dari hasil pencarian menggunakan *Publish or Perish*. Kategori pencarian adalah artikel yang mengandung kata atau frasa “Trend” OR “Trends” AND “Utilization” OR “Pemanfaatan” OR “Manfaat” AND “PhET” OR “Simulasi PhET” OR “PhET Simulation” yang diterbitkan pada tahun 2021 sampai 2025. Selanjutnya, dilakukan penyaringan dan menghilangkan 153 dokumen duplikat, sehingga menyisakan 1.101 artikel. Setelah itu, dilakukan penyaringan dan menghilangkan 1.005 artikel yang tidak memenuhi inklusi dan eksklusi sehingga diperoleh 96 artikel. Proses seleksi akhir sebanyak 74 artikel yang tidak membahas simulasi phet dalam pembelajaran fisika sehingga pada akhirnya diperoleh 22 artikel yang kemudian dikaji dalam penelitian ini.

Penilaian Kualitas Studi

Tahap ini menyajikan pertanyaan-pertanyaan umum yang dapat dipertimbangkan dalam penelitian. Pertanyaan penelitian yang menjadi acuan penilaian kualitas studi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pertanyaan Penelitian

ID	Pertanyaan Penelitian
RQ1	Bagaimana penggunaan PhET memengaruhi hasil belajar dalam pembelajaran fisika?
RQ2	Apakah terdapat perbedaan hasil belajar fisika antara peserta didik yang menggunakan PhET dan peserta didik yang menggunakan metode pembelajaran konvensional?
RQ3	Apa model atau pendekatan yang digunakan pada PhET dalam Pembelajaran Fisika?
RQ4	Apa materi yang digunakan pada PhET dalam Pembelajaran Fisika?

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Artikel yang dikaji menyajikan beragam bentuk representasi guna memfasilitasi pemahaman peserta didik, meliputi visualisasi konsep, simulasi interaktif, dan penerapan model pembelajaran fisika. Hasil pengelompokan artikel tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan simulasi PhET secara signifikan meningkatkan efektivitas dan daya tarik proses pembelajaran fisika. Analisis mendalam terhadap data yang diperoleh menunjukkan bahwa penerapan simulasi PhET pada topik-topik fisika tertentu, seperti fisika umum, cenderung lebih dominan. Hal ini disebabkan oleh adanya kebutuhan untuk menjelaskan konsep abstrak yang

tidak dapat dipahami melalui satu jenis representasi saja serta keterbatasan fasilitas laboratorium yang tersedia di sekolah.

Hasil penelitian yang dipaparkan dalam artikel ini merupakan bentuk sintesis dan ringkasan dari sejumlah artikel ilmiah yang membahas pemanfaatan media pembelajaran *PhET Simulations* dalam konteks pembelajaran fisika. Informasi dari setiap artikel dikumpulkan melalui telaah sistematis terhadap bagian abstrak dan simpulan masing-masing artikel, kemudian disusun secara terstruktur dalam Tabel 3 berikut.

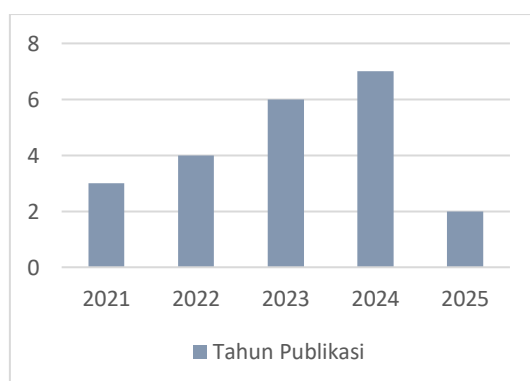
Tabel 3. Pengelompokan Artikel

Peneliti dan Tahun	Hasil Penelitian
Aina & Hariyono (2023)	Penerapan model PBL berbantuan simulasi PhET pada materi efek rumah kaca efektif untuk memfasilitasi literasi sains
Fadholi et al. (2025)	Implementasi model inkuiri terbimbing yang diintegrasikan dengan media PhET berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah
Taibu et al. (2021)	Hasil analisis kualitatif terhadap survei refleksi mengungkapkan bahwa penerapan proyek berbasis inkuiri dengan dukungan simulasi PhET secara signifikan meningkatkan keterampilan laboratorium. Sebanyak 88% peserta didik menyatakan pengalaman belajar yang positif.
Agustina et al. (2024)	Penggunaan model PjBL yang dikombinasikan dengan simulasi PhET memberikan dampak yang nyata terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik.
Saputri et al. (2024)	Hasil uji <i>N-Gain</i> menunjukkan PBL berbantuan PhET lebih efektif dalam memfasilitasi pemecahan masalah peserta didik pada kelas eksperimen.
Sari et al. (2022)	Perangkat pembelajaran berbasis <i>discovery learning</i> yang dipadukan dengan simulasi PhET secara efektif meningkatkan berpikir kreatif pada materi elastisitas dan hukum Hooke.
Syafi'i (2021)	Model PjBL berbantuan PhET dinilai praktis dan efektif meningkatkan hasil belajar ranah kognitif.
Amalia et al. (2022)	Model PBL yang berbantuan PhET dapat memfasilitasi sikap ilmiah dan berpikir kritis pada materi usaha dan energi.
Satipa et al. (2024)	Integrasi model PBL dengan simulasi PhET mendorong peningkatan pemecahan masalah pada materi elastisitas dan hukum Hooke.
Ghiffary (2022)	Ditemukan perbedaan yang signifikan dalam peningkatan hasil belajar antara menggunakan model kooperatif STAD berbantuan PhET dan konvensional.
Uwamahoro et al. (2021)	Pemanfaatan strategi <i>Peer Instruction</i> yang didukung simulasi PhET dan video YouTube secara efektif meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik pada materi hukum Newton dan konsep gaya.
Rumansara et al. (2024)	Penerapan model PBL berbantuan simulasi PhET secara konsisten meningkatkan prestasi belajar fisika peserta didik, meliputi aspek hasil belajar dan tingkat keaktifan selama proses pembelajaran.
Qahfi & Rahmatillah (2022)	Penerapan inkuiri terbimbing berbantuan PhET menghasilkan peningkatan signifikan pada kemampuan berpikir kritis dibandingkan dengan kondisi awal sebelum perlakuan.
Tuyizere & Yadav (2023)	Kelompok eksperimen yang menggunakan simulasi komputer interaktif menunjukkan kinerja akademik yang secara statistik lebih unggul dibandingkan dengan kelompok kontrol.
Ismawati et al. (2023)	Terdapat perbedaan berpikir kritis antara peserta didik yang menerapkan inkuiri terbimbing berbantuan PhET dengan yang menggunakan model <i>direct instruction</i> .

Peneliti dan Tahun	Hasil Penelitian
Fatmawati (2024)	Penerapan model <i>inquiry learning</i> berbantuan PhET menunjukkan peningkatan literasi sains peserta didik pada materi listrik dinamis.
Agniya et al. (2023)	Terdapat perbedaan peningkatan pemahaman konsep geometri optik yang signifikan antara kelas <i>discovery learning</i> berbantuan PhET dan kelas dengan pembelajaran konvensional.
Sari et al. (2025)	Model <i>guided inquiry</i> yang diintegrasikan dengan simulasi PhET terbukti berpengaruh terhadap keterampilan sains materi usaha energi
Ramanda et al. (2024)	Penerapan model inkuiri terbimbing berbantuan PhET menghasilkan peningkatan kemampuan berpikir kritis pada materi fluida dinamis dibandingkan dengan kelas yang menggunakan pembelajaran konvensional.
Yusuf et al. (2024)	Model kooperatif tipe STAD berbasis <i>blended learning</i> dengan pengembangan e-modul berbantuan PhET terbukti meningkatkan pemahaman konsep pada materi listrik dinamis.
Pratiwi & Wiguna (2022)	Integrasi model PjBL dengan LKPD berbasis simulasi PhET menunjukkan peningkatan pemahaman konsep pada materi energi.
Winda et al. (2023)	Implementasi model <i>Learning Cycle 7E</i> berbantuan PhET menghasilkan peningkatan literasi sains pada materi usaha dan energi.

Pembahasan

Analisis distribusi artikel mengenai pemanfaatan PhET dalam proses pembelajaran fisika terhadap capaian pembelajaran dari tahun 2021 hingga 2025 menunjukkan tren fluktuatif dalam jumlah publikasi. Distribusi artikel pemanfaatan PhET dalam pembelajaran fisika dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Tahun Publikasi

Gambar 2 menyajikan distribusi artikel yang membahas pemanfaatan PhET dalam pembelajaran fisika terhadap capaian pembelajaran selama periode 2021 hingga 2025. Data tersebut menunjukkan pola publikasi yang bersifat fluktuatif dari tahun ke tahun. Peningkatan yang signifikan tercatat pada tahun 2024, dengan jumlah artikel yang dipublikasikan mencapai 7 artikel. Lonjakan tersebut mengindikasikan meningkatnya atensi akademik terhadap pemanfaatan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika, yang diduga dipicu oleh urgensi inovasi media pembelajaran berbasis teknologi di satuan pendidikan. Sebaliknya, pada tahun 2025 terjadi penurunan jumlah publikasi menjadi 2 artikel, yang kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya momentum penelitian awal maupun pergeseran fokus kajian ke ranah lain. Secara keseluruhan, pola distribusi ini menunjukkan bahwa perhatian peneliti terhadap penggunaan PhET belum menunjukkan pertumbuhan yang stabil, melainkan cenderung responsif terhadap dinamika kebutuhan inovasi pendidikan pada periode tertentu.

Pertanyaan Penelitian 1

Pemanfaatan PhET dalam pembelajaran meningkatkan aspek hasil belajar siswa. Aspek-aspek tersebut mencakup peningkatan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, kemampuan

menyelesaikan masalah, literasi sains serta prestasi belajar yang lebih tinggi. Adapun hasil pengelompokan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Belajar yang Dikembangkan Melalui PhET

No	Hasil Belajar	Jumlah
1	Berpikir Kritis	5
2	Literasi Sains	3
3	Pemecahan Masalah	4
4	Pemahaman Konsep	4
5	Hasil Belajar Kognitif	4
6	Keterampilan Sains	1
7	Berpikir Kreatif	1
8	Sikap Ilmiah	1

Tabel 4 mengklasifikasikan berbagai aspek hasil belajar peserta didik yang diperoleh melalui pemanfaatan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika. Berdasarkan data yang tersaji, aspek yang paling banyak berkembang adalah keterampilan berpikir kritis (5 artikel), diikuti oleh kemampuan pemecahan masalah dan pemahaman konsep (masing-masing 4 artikel), hasil belajar kognitif (4 artikel), serta literasi sains (3 artikel). Selain itu, terdapat pula peningkatan pada aspek keterampilan sains, berpikir kreatif, dan sikap ilmiah yang masing-masing ditemukan dalam satu artikel. Keragaman aspek hasil belajar ini mengindikasikan bahwa simulasi PhET tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai instrumen pedagogis yang mampu mendorong pengembangan kompetensi kognitif secara multidimensional.

Temuan tersebut sejalan dengan pandangan Taibu et al. (2021) menyatakan bahwa simulasi PhET menghadirkan pengalaman belajar yang lebih imersif dan interaktif, sehingga memungkinkan peserta didik memahami materi fisika secara lebih komprehensif dan kontekstual. Karakteristik simulasi yang bersifat visual dan dinamis memungkinkan peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuan secara aktif melalui eksplorasi langsung, bukan sekadar menerima informasi secara pasif. Hal ini turut memperkuat temuan Ismawati et al. (2023) yang menegaskan bahwa pembelajaran fisika berbantuan PhET cenderung lebih bermakna karena menempatkan peserta didik sebagai subjek utama dalam proses belajar, sehingga memberikan pengalaman kognitif yang lebih autentik dan mendalam.

Lebih lanjut, pemanfaatan simulasi PhET juga terbukti memberikan dampak positif yang signifikan terhadap hasil belajar kognitif peserta didik, khususnya pada aspek penalaran logis dan kemampuan analisis konseptual. Pendekatan berbasis representasi visual yang ditawarkan oleh simulasi PhET memfasilitasi peserta didik dalam mengonstruksi hubungan antara konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari, sehingga transfer pengetahuan berlangsung lebih efektif (Uwamahoro et al., 2021). Dengan demikian, sebagaimana dikemukakan oleh Winda et al. (2023), penerapan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika tidak hanya berkontribusi pada peningkatan capaian akademik secara kuantitatif, tetapi juga berperan dalam menumbuhkan keterampilan berpikir ilmiah yang esensial sebagai bekal peserta didik dalam menghadapi tantangan pendidikan di era digital dan abad ke-21.

Pertanyaan Penelitian 2

Berdasarkan sintesis hasil penelitian yang telah dianalisis, ditemukan perbedaan yang signifikan secara statistik dalam capaian hasil belajar fisika antara kelompok peserta didik yang memperoleh pembelajaran berbantuan simulasi PhET dan kelompok yang menggunakan metode konvensional. Kelompok eksperimen secara konsisten menunjukkan keunggulan dalam

aspek pemahaman konseptual, motivasi belajar, keterlibatan aktif, dan kualitas interaksi pembelajaran dibandingkan dengan kelompok kontrol. Temuan ini mengindikasikan bahwa simulasi PhET mampu menghadirkan pengalaman belajar yang setara dengan praktik laboratorium nyata, khususnya dalam memvisualisasikan konsep-konsep yang bersifat abstrak seperti prinsip gaya apung Archimedes dan geometri optik. Lebih jauh, efektivitas simulasi PhET tidak hanya terbatas pada peningkatan pemahaman konseptual, tetapi juga berdampak positif pada efisiensi proses pembelajaran secara keseluruhan, sehingga rekomendasinya untuk diadopsi pada bidang ilmu sains lainnya seperti kimia dan biologi memiliki landasan empiris yang kuat.

Hasil kajian Saputri et al. (2024) memperkuat temuan tersebut, di mana analisis menggunakan N-Gain menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis masalah berbantuan simulasi PhET secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Temuan serupa dikemukakan oleh Tuyizere & Yadav (2023), yang membuktikan bahwa kelompok eksperimen dengan intervensi simulasi PhET memperoleh capaian akademik yang secara statistik lebih unggul dibandingkan kelompok kontrol, dengan selisih yang bermakna pada taraf signifikansi yang ditetapkan. Sejalan dengan hal tersebut, Ramanda et al. (2024) menunjukkan bahwa implementasi model inkuiri terbimbing yang diintegrasikan dengan simulasi PhET menghasilkan peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih substansial dibandingkan pembelajaran konvensional, yang mengindikasikan bahwa sinergi antara pendekatan pedagogis berbasis inkuiri dan teknologi simulasi interaktif merupakan kombinasi yang optimal dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika.

Pertanyaan Penelitian 3

Integrasi antara simulasi PhET dan berbagai model pembelajaran inovatif terbukti memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman konseptual peserta didik dalam pembelajaran fisika. Hal ini tidak terlepas dari kapabilitas PhET dalam merepresentasikan konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak secara visual dan interaktif. Selain itu, model-model pembelajaran yang dipadukan dengan PhET juga mampu menstimulasi keterampilan berpikir kritis, mendorong peserta didik untuk melakukan eksplorasi melalui eksperimen virtual, serta membangun pemahaman terhadap prinsip-prinsip fisika secara mandiri dan konstruktif. Oleh karena itu, sinergi antara teknologi simulasi digital dan penerapan model pembelajaran yang berorientasi pada peserta didik dapat secara signifikan meningkatkan kualitas dan efektivitas pembelajaran fisika di kelas. Rekapitulasi model atau pendekatan yang diintegrasikan dengan pemanfaatan simulasi PhET disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Integrasi Model dalam Pemanfaatan PhET

No	Hasil Belajar	Jumlah
1	Inkuiri Terbimbing	7
2	PBL	5
3	PjBL	3
4	<i>Discovery Learning</i>	2
5	STAD	1
6	<i>Learning Cycle 7E</i>	1
7	<i>Peer Intruction</i>	1

Tabel 5 memperlihatkan bahwa terdapat tujuh model atau pendekatan pembelajaran yang diidentifikasi dalam kajian ini sebagai mitra integrasi simulasi PhET. Model inkuiri terbimbing mendominasi dengan frekuensi tertinggi, yakni 7 artikel, diikuti oleh PBL sebanyak 5 artikel, dan PjBL sebanyak 3 artikel. Sementara itu, *Discovery Learning* ditemukan pada 2 artikel, sedangkan model STAD, *Learning Cycle 7E*, dan *Peer Instruction* masing-masing ditemukan pada 1 artikel. Dominasi model inkuiri terbimbing dalam integrasi dengan PhET dapat dipahami mengingat model ini secara inheren menuntut peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuan melalui serangkaian proses ilmiah yang seluruhnya dapat difasilitasi secara optimal oleh fitur simulasi interaktif PhET (Fatmawati, 2024).

Keberagaman model pembelajaran yang diintegrasikan dengan PhET mencerminkan fleksibilitas dan adaptabilitas media ini dalam mendukung berbagai pendekatan pedagogis. Tujuan utama dari penerapan model-model tersebut adalah mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran, sehingga mereka tidak sekadar berperan sebagai penerima informasi secara pasif, melainkan sebagai agen pembelajaran aktif yang secara langsung mengeksplorasi konsep-konsep fisika melalui simulasi virtual (Agustina et al., 2024). Hal ini sejalan dengan prinsip konstruktivisme yang menekankan bahwa pemahaman yang mendalam hanya dapat dicapai apabila peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembentukan pengetahuannya sendiri (Ramanda et al., 2024). Dengan demikian, integrasi PhET dengan model-model pembelajaran aktif merupakan strategi pedagogis yang tidak hanya relevan, tetapi juga terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika secara holistic (Qahfi & Rahmatillah, 2022).

Pertanyaan Penelitian 4

PhET telah menjadi salah satu media digital yang secara luas dimanfaatkan dalam pembelajaran fisika, mengingat kapabilitasnya dalam merepresentasikan konsep-konsep yang bersifat abstrak secara lebih konkret, visual, dan mudah dipahami oleh peserta didik. Dalam konteks pembelajaran fisika, pemilihan materi yang diintegrasikan dengan PhET umumnya didasarkan pada sejumlah pertimbangan utama, yaitu tingkat keabstrakan konsep, keterbatasan visualisasi eksperimen di laboratorium sekolah, serta relevansi topik dengan kurikulum yang berlaku. Rekapitulasi berbagai materi fisika yang teridentifikasi dalam kajian ini sebagai topik yang diintegrasikan dengan PhET disajikan secara sistematis pada Tabel 6.

Tabel 6. Materi yang Diintegrasikan dengan PhET

No	Materi	Jumlah
1	Usaha dan Energi	3
2	Elastisitas dan Hukum Hook	2
3	Listrik Dinamis	2
4	Efek Rumah Kaca	1
5	Gaya dan Newton	1
6	Geometri Optik	1
7	Bentuk dan Perubahan Energi	2
8	Gerak dan Gaya	1
9	Gerak Parabola	1
10	Gelombang Bunyi	1
11	Tumbukan	1

Berdasarkan data yang tersaji pada Tabel 6, teridentifikasi 13 topik materi fisika yang telah diintegrasikan dengan PhET dalam rentang periode kajian 2021–2025. Materi usaha dan energi mendominasi dengan frekuensi tertinggi sebanyak 3 artikel, diikuti oleh elastisitas dan hukum Hooke, listrik dinamis, serta bentuk dan perubahan energi yang masing-masing ditemukan pada 2 artikel. Sementara itu, materi efek rumah kaca, gaya dan hukum Newton, geometri optik, gerak dan gaya, gerak parabola, gelombang bunyi, tumbukan, momentum dan impuls, serta fluida dinamis masing-masing ditemukan pada 1 artikel. Dominasi materi usaha dan energi dalam integrasi dengan PhET dapat dipahami mengingat konsep ini mencakup fenomena-fenomena fisika yang sulit diobservasi secara langsung, seperti transformasi energi dan kerja mekanik, sehingga visualisasi melalui media digital ini menjadi solusi yang sangat relevan dan efektif (Amalia et al., 2022).

Pemilihan topik-topik tersebut pada dasarnya mencerminkan karakteristik materi fisika yang memiliki tingkat abstraksi tinggi dan tidak dapat direplikasi secara optimal dalam laboratorium konvensional yang tersedia di sekolah. PhET berperan krusial dalam memvisualisasikan fenomena-fenomena fisika yang secara empiris sulit diamati, seperti dinamika fluida, interaksi gelombang bunyi, serta perilaku momentum pada sistem tumbukan (Satipa et al., 2024). Melalui eksperimen virtual yang disediakan oleh PhET, peserta didik dapat mengeksplorasi berbagai konsep secara mandiri, mengubah variabel-variabel percobaan, serta mengamati respons sistem secara langsung (Fadholi et al., 2025; Ghiffary, 2022; Syafi'i, 2021).

Keluasan cakupan materi yang mampu difasilitasi oleh PhET mencerminkan fleksibilitas dan daya adaptabilitas media ini sebagai alat bantu pembelajaran lintas topik dalam fisika. Hal ini sekaligus mengindikasikan bahwa PhET tidak dirancang untuk topik tertentu saja, melainkan memiliki potensi penerapan yang luas di berbagai cabang fisika, mulai dari mekanika, termodinamika, elektromagnetika, hingga optika (Sari et al., 2025). Dengan demikian, pemanfaatan PhET tidak semata-mata berfungsi sebagai substitusi atas keterbatasan sarana laboratorium, tetapi secara lebih fundamental berperan sebagai media pembelajaran yang mampu meningkatkan kedalaman pemahaman konseptual, mendorong penalaran ilmiah, serta membangun pengalaman belajar yang lebih autentik dan bermakna bagi peserta didik di berbagai jenjang pendidikan (Qahfi & Rahmatillah, 2022).

KESIMPULAN

Berdasarkan sintesis terhadap 22 artikel yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan PhET dalam pembelajaran fisika secara konsisten berkontribusi positif terhadap berbagai aspek hasil belajar, meliputi pemahaman konsep, berpikir kritis, pemecahan masalah, literasi sains, dan menunjukkan keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan pembelajaran konvensional ketika diintegrasikan dengan model-model berpusat pada peserta didik, seperti inkuiri terbimbing, PBL, dan PjBL. Meskipun demikian, kajian ini memiliki keterbatasan, antara lain cakupan artikel yang dibatasi pada publikasi *open access* periode 2021–2025 di beberapa basis data tertentu, heterogenitas desain dan instrumen penelitian yang belum memungkinkan dilakukannya meta-analisis kuantitatif, serta konteks penelitian yang relatif terpusat pada jenjang dan lingkungan pendidikan tertentu. Di sisi lain, hasil kajian ini memiliki implikasi, yaitu menguatkan urgensi integrasi PhET sebagai laboratorium virtual dalam kebijakan dan praktik pembelajaran fisika, sekaligus menegaskan perlunya dukungan infrastruktur dan penguatan kompetensi guru agar penerapannya dapat berlangsung secara sistematis dan berkelanjutan. Sejalan dengan itu, penelitian masa depan direkomendasikan untuk (1) menguji lebih lanjut efektivitas kombinasi model pembelajaran tertentu dengan PhET pada materi fisika yang belum banyak dieksplorasi, (2) menyusun metaanalisis berbasis ukuran efek guna memperkuat bukti empiris, (3) memperluas fokus pada dimensi non-kognitif seperti

regulasi diri, serta (4) mengeksplorasi integrasi PhET dalam konteks pembelajaran sains terpadu dan *blended learning* pada berbagai jenjang pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agniya, N. N., Ismail, A., & Sari, L. (2023). The Effectiveness of discovery learning model integrating PhET simulation media to enhance understanding of optical concepts. *Research in Physics Education*, 2(1), 9–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.31980/ripe.v2i1.25>
- Agustina, S., Wahyudi, W., & Sri Putu Vrawati, N. N. (2024). Pengaruh Model Project Based Learning Berbantuan Simulasi Phet Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Peserta Didik SMAN 8 Mataram. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 5(1), 75–80. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v5i1.293>
- Aina, Q., & Hariyono, E. (2023). Penerapan PhET Simulations Pada Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik SMA Kelas X. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1, 56–65. <https://doi.org/10.58706/jipp>
- Aiyesi, S. (2022). *Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Berdasarkan Teori Heller Pada Materi Hukum Pascal Di Kelas XI MAN 2 Bener Meriah*. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Alsharif, A. (2024). Virtual Simulation Lab Experiments versus Conventional Experiments in Teaching Physics- Comparative Study. *International Journal of Education*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.5296/ije.v16i1.20957>
- Amalia, R., Kosim, K., & Gunada, I. W. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Sikap Ilmiah dan Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2b), 747–756. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2b.702>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Dy, A. U., Lagura, J. C., & Baluyos, G. R. (2024). Using PhET Interactive Simulations to Improve the Learners' Performance in Science. *EduLine: Journal of Education and Learning Innovation*, 4(4), 520–530. <https://doi.org/10.35877/454ri.eduline2981>
- Fadholi, A., Kosim, Zuhdi, K., & Ayub, S. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan Media PhET Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah. *Kappa Journal*, 9(1), 121. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29651>
- Fatmawati, T. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Inquiry Learning Berbantuan Phet Simulation terhadap Literasi Sains Peserta Didik. *Omega: Jurnal Pendidikan Dan Sains Fisika*, 3(1), 95–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.47650/omega.v3i1.1206>
- Ghiffary, Z. A. (2022). Implementing STAD cooperative learning model integrated interactive PhET simulation to enhance high school students' learning outcomes: a case of momentum-impulse concepts. *Research in Physics Education*, 1(1), 25–32. <https://doi.org/10.31980/ripe.v1i1.2157>
- Harudu, L., Nursalam, L. O., Kasmianti, S., Hasan, S., Sugiarto, A., Karim, A. T. A., Syarifuddin, S., & Sejati, A. E. (2024). The Impact of PhET-Assisted Problem-Solving Model on Enhancing Students' Physics Problem-Solving Skills in Indonesian High Schools. *Multi Discere Journal*, 3(2), 59–71. <https://doi.org/10.36312/mj.v3i2.2312>

- Hastuti, D. (2021). 21st Century In Primary School Learning. *Social, Humanities, and Education Studies (SHES): Conference Series*, 932–936. <https://doi.org/https://jurnal.uns.ac.id/SHES/article/view/66138/37228>
- Ismawati, R., Widiyatmoko, A., & Cahyono, A. N. (2023). Literature Review of Online Learning Technology in Chemistry Lab Activities. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 751–759. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.3635>
- Liswar, F., Hidayati, A., Rayendra, R., & Yeni, F. (2023). Use of Phet Interactive Simulation Software in Physics Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(SpecialIssue), 135–142. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.5982>
- Mahardika, I., Handono, S., Rofida, H., & Zahro, F. (2023). Hakikat Fisika Sebagai Pilar Kehidupan. *Jurnal Pendidikan Ilmiah Transformatif*, 7(12), 30.
- Pranata, O. D. (2024). Physics education technology (PhET) as a game-based learning tool: A quasi-experimental study. *Pedagogical Research*, 9(4). <https://doi.org/10.29333/pr/15154>
- Pratiwi, A. S., & Wiguna, F. A. (2022). Analisis Efektivitas LKPD Berbasis Phet Simulation Terhadap Pemahaman Siswa SMP Materi Bentuk dan Perubahan Energi. *GRAVITASI Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 5(02), 26–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.33059/gravitasi.jpfs.v5i02.6650>
- Qahfi, B., & Rahmatillah. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa di SMAN 1 Donggo. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5. <https://doi.org/10.29303/jpmpipi.v3i2.1591>
- Ramanda, N., Rahmad, M., & Islami, N. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Fluida Dinamis. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 6(2). <https://doi.org/10.31540/sjpif.v6i2.2900>
- Rianti, R., Gunawan, G., Verawati, N. N. S. P., & Taufik, M. (2024). The Effect of Problem Based Learning Model Assisted by PhET Simulation on Understanding Physics Concepts. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(1), 28. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.8783>
- Rumansara, T., Widyaningsih, S., & Yenusi, K. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Aktivitas Fisika di SMAS Advent Manokwari. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.37478/optika.v8i1.3383>
- Saputri, B. A., Kosim, K., Zuhdi, M., Ayub, S., Studi, P., & Fisika, P. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Peserta Didik. *GeoScienceEd*, 3(5). <https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v5i3.386>
- Sari, Fatmi, N., Widya, Syafrizal, & Andriani, R. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Guided Inquiry Berbantuan PhET Simulations Terhadap Kemampuan Literasi Sains Siswa. *Kappa Journal*, 9(1), 137–142. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29728>
- Sari, Sahidu, H., & Harjono, A. (2022). Efektivitas Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Discovery berbantuan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2c), 995–1000. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2c.437>
- Satipa, D. A., Susilawati, S., Hikmawati, H., & Gunada, I. W. (2024). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(4), 2712–2720. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i4.2668>

- Simbolon, D., & Silalahi, E. K. (2023). Virtual Laboratory-Based Physics Learning “PhET Simulation” to Improve Student Learning Activities. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 7(3), 461–468. <https://doi.org/10.23887/jisd.v7i3.61001>
- Susilawati, A., Yusrizal, Y., Halim, A., Syukri, M., Khaldun, I., & Susanna, S. (2022). Effect of Using Physics Education Technology (PhET) Simulation Media to Enhance Students’ Motivation and Problem-Solving Skills in Learning Physics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1157–1167. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i3.1571>
- Syafi’i, M. (2021). Transformasi Pembelajaran Fisika Dasar di Masa Pandemi. *Jurnal Kepemimpinan Dan Pengurusan Sekolah*, 6(1), 113–120. <https://doi.org/10.34125/kp.v6i1.585>
- Taibu, R., Mataka, L., & Shekoyan, V. (2021). Using PhET simulations to improve scientific skills and attitudes of community college students. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 9(3), 353–370. <https://doi.org/10.46328/IJEMST.1214>
- Tuyizere, G., & Yadav, L. L. (2023). Effect of interactive computer simulations on academic performance and learning motivation of Rwandan students in Atomic Physics. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(1), 252–259. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.23617>
- Uwamahoro, J., Ndiokubwayo, K., Ralph, M., & Ndayambaje, I. (2021). Physics Students’ Conceptual Understanding of Geometric Optics: Revisited Analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 30(5), 706–718. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09913-4>
- Villaruel, S. A. L. (2025). Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulations in Learning Selected Topics in Physics among College Students. *American Journal of Education and Technology*, 4(3), 12–21. <https://doi.org/10.54536/ajet.v4i3.4512>
- Warneri, Salam, U., Amalia Putri, W., Zatil Imandari, R., Diah Pratiwi, R., & Chairunnisa, T. (2024). Utilization, Simulation and Learning: The Virtual Laboratory Learning Media PhET for Outcomes Learning. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(3), 960–970. <https://doi.org/10.21009/JTP2001.6>
- Winda, Takda, A., & Tahang, L. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 7E Berbantuan Physics Education Technology (PhET) Simulation untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik di SMAN 2 Pasarwajo. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 8(2), 81–89. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v8i2.6>
- Yusuf, M., Yunginger, R., & Nainggolan, R. (2024). Quality of Physics Teaching Module Based on Problem-Based Learning Model Integrated with PhET Simulation on Energy and Its Transformation. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(6), 3007–3016. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i6.7037>