



IMPLEMENTASI SIMULASI PHET DALAM PEMBELAJARAN FISIKA: TINJAUAN BIBLIOMETRIK SEPULUH TAHUN TERAKHIR

Yona Carolina^{1*}, Wersi Handayani², Yeliza³, Irwan Koto⁴

^{1,2,3,4} Prodi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu,
Kota Bengkulu, 38113, Indonesia.

*Email korespondensi : relincarolina11@gmail.com

Diterima April 2026; Disetujui Juli 2026; Dipublikasi 31 Juli 2026

Abstract: This study aims to analyze the trends in scientific publications and the direction of research on the implementation of Physics Education Technology (PhET) simulations in physics education during the 2014–2024 period. A bibliometric approach was employed by analyzing 22 articles that met the inclusion criteria. Publication data were collected through Google Scholar and Publish or Perish (PoP), exported in Research Information System (RIS) format, and analyzed using VOSviewer to map keyword co-occurrence, publication trends, and research clusters. The bibliometric analysis was complemented by content analysis to identify the research focus and main findings of each article. The results indicate a positive development in publications on PhET implementation over the last decade, with research predominantly focusing on the effectiveness of PhET in improving conceptual understanding, learning outcomes, learning motivation, and student engagement in physics learning. Furthermore, the analysis reveals that studies integrating PhET with innovative learning models and other digital technologies remain limited, indicating opportunities for future research. The findings are expected to serve as a reference for researchers and educators in developing more innovative technology-based physics learning that aligns with the demands of 21st-century education.

Keywords: Physics Education Technology (PhET), Physics Learning, Bibliometric Analysis.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren publikasi ilmiah dan arah perkembangan penelitian mengenai implementasi *Physics Education Technology* (PhET) dalam pembelajaran fisika selama periode 2014–2024. Penelitian menggunakan metode analisis bibliometrik terhadap 22 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dari jurnal nasional terindeks SINTA. Data publikasi dikumpulkan melalui *Google Scholar* dan *Publish or Perish* (PoP), diekspor dalam format *Research Information System* (RIS), kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* untuk memetakan keterhubungan kata kunci, tren publikasi, dan kluster penelitian, serta dilengkapi dengan *content analysis* terhadap fokus dan temuan utama setiap artikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa publikasi mengenai implementasi simulasi PhET mengalami perkembangan yang positif selama satu dekade terakhir dengan fokus penelitian yang didominasi oleh kajian efektivitas penggunaan PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep, hasil belajar, motivasi belajar, dan keterlibatan peserta didik. Analisis bibliometrik juga mengidentifikasi bahwa penelitian mengenai integrasi PhET dengan model pembelajaran inovatif maupun teknologi digital lainnya masih relatif terbatas, sehingga menjadi peluang bagi pengembangan penelitian selanjutnya. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti dan pendidik dalam mengembangkan pembelajaran fisika berbasis teknologi yang lebih inovatif dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Kata kunci: Simulasi PhET, Pembelajaran Fisika, Analisis Bibliometrik.

PENDAHULUAN

Transformasi Pendidikan pada Era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 telah mendorong digitalisasi pendidikan secara luas, menuntut adaptasi pembelajaran abad ke-21 dengan pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Pembelajaran fisika khususnya merupakan bidang yang sangat membutuhkan media digital karena banyak konsepnya yang bersifat abstrak dan mikroskopis serta memerlukan representasi visual untuk mengurangi miskonsepsi siswa. Perkembangan media digital tidak hanya memperluas akses materi, tetapi juga memungkinkan interaksi dan eksplorasi konsep melalui simulasi serta alat bantu visual yang mendukung konstruktivisme pembelajaran. Dengan demikian, teknologi pendidikan telah menjadi kebutuhan esensial dalam pembelajaran modern untuk meningkatkan literasi sains, kemampuan pemecahan masalah, dan keterlibatan siswa dalam aktivitas belajar yang relevan dengan tuntutan abad ke-21 (Akpan & Vieyra, 2025). Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan simulasi dan laboratorium virtual dapat menurunkan hambatan praktikum konvensional, seperti biaya peralatan, keamanan, dan batasan waktu, sekaligus mendorong pembelajaran berbasis investigasi dan kontekstualisasi konsep fisika dalam kehidupan nyata (Nandani & Raturi, 2024). Secara umum, transformasi ini menegaskan bahwa integrasi teknologi pendidikan merupakan fondasi bagi peningkatan kualitas pembelajaran fisika di era digital (Lagon, 2023; Taibu et al., 2021; Yusuf et al., 2024).

Digitalisasi peralatan laboratorium menggunakan media simulasi PhET dalam praktikum kimia terapan. Jurnal Internasional Tren Penelitian Pendidikan Matematika, (Banda & Nzabahimana, 2022). Almadrones dan Tadifa. Simulasi PhET dalam Fisika Umum 1. Jurnal Instruksi Internasional, (Hannel & Cuevas, 2018). Sebuah Studi tentang Prestasi dan Motivasi Sains Menggunakan Simulasi Berbasis Komputer Dibandingkan dengan Manipulasi Langsung Tradisional. Peneliti Pendidikan Georgia, (Akpan & Vieyra, 2025). Menyelidiki Pengaruh Laboratorium Virtual terhadap Motivasi dan Sikap Siswa terhadap Sains. Pendidikan Sains Internasional (Toma et al., 2024). Pengaruh Penggunaan PhET dalam Mengubah Sikap Siswa Malaysia terhadap Pembelajaran Fisika di Lingkungan Virtual Penuh. Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora Pertanika, (Uwambajimana et al., 2023). Uwambajimana dkk. Dampak penggunaan simulasi PhET terhadap pemahaman konseptual elektrostatika di beberapa sekolah menengah terpilih di Distrik Muhanga, Rwanda. Jurnal Guru Matematika dan Sains, 2023.

Fisika menonjolkan konsep bersifat abstrak, mikroskopis, dan matematis yang sering menimbulkan miskonsepsi serta rendahnya pemahaman konsep, literasi sains, serta kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik (Prihatiningtyas et al., 2024). Praktikum nyata di sekolah sering terkendala oleh biaya alat laboratorium, masalah keamanan, serta keterbatasan waktu, sehingga diperlukan media alternatif yang lebih hemat biaya namun tetap representatif secara fenomena fisika. Pendekatan teori konstruktivisme, pembelajaran inkuiri, serta multimedia pembelajaran menjadi landasan untuk meningkatkan pemahaman konsep melalui interaksi, eksplorasi, dan konstruksi pengetahuan bersama (kolektif) (Dantic & Fluraon, 2022; Juwairiah et al., 2022). Dalam konteks ini, PhET dan simulasi digital lainnya menawarkan visualisasi konsep yang kompleks, memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, dan berfungsi sebagai penguat pemodelan mental siswa

terhadap konsep fisika abstrak, sehingga memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas pembelajaran fisika secara keseluruhan (Trisviati & Lutfi, 2022). Tantangan tambahan meliputi kebutuhan infrastruktur teknologi di berbagai sekolah, kemampuan guru dalam mengintegrasikan media digital ke dalam pembelajaran, serta dukungan pelatihan profesional bagi pendidik untuk memanfaatkan potensi simulasi secara efektif (Toma et al., 2024; Yusuf et al., 2024). Secara ringkas, karakteristik fisika yang abstrak kemampuan pendekatan multimodal yang membuat visualisasi, simulasi interaktif, dan desain pembelajaran yang responsif terhadap kebutuhan siswa, didukung konstruktivis dan inovatif pembelajaran multimedia (Juwairiah et al., 2022; Prihatiningtyas et al., 2024)

Perkembangan media digital penekanan pentingnya simulasi interaktif seperti PhET Interactive Simulasi, Laboratorium Virtual, dan media pembelajaran interaktif lainnya sebagai solusi yang relevan bagi pembelajaran fisika. PhET telah dikenal luas sebagai platform akses terbuka yang menyediakan simulasi fisika, kimia, biologi, dan matematika yang berbasis penelitian pendidikan STEM dengan antarmuka yang inframerah serta kemampuan untuk memvisualisasikan fenomena fisika secara dinamis. Kelebihan PhET meliputi visualisasi konsep, dinamika interaksi, dan kemampuan untuk meningkatkan aktivitas belajar melalui pengalaman eksplorasi mandiri maupun kolaboratif (Nandani & Raturi, 2024; Saudelli et al., 2021; Taibu et al., 2021). Seiring dengan munculnya pembelajaran berani sejak pandemi COVID-19, penggunaan PhET meningkat secara signifikan di banyak negara, menunjukkan kapasitasnya untuk menjaga kontinuitas pembelajaran meskipun akses ke laboratorium fisik terbatas (Akpan & Vieyra, 2025; Ng & Chua, 2023). Secara teoritis, PhET juga didasarkan pada prinsip-prinsip konstruktivisme, kognitif beban (CTML), dan pendekatan pembelajaran berbasis penyelidikan (inquiry), yang menjelaskan bagaimana simulasi dapat memfasilitasi pembelajaran dengan memberikan umpan balik, dukungan visual, serta kesempatan untuk menguji hipotesis dan mental model (Hannel & Cuevas, 2018). Berbagai penelitian juga melaporkan bahwa PhET meningkatkan pemahaman konsep, keterlibatan belajar, serta kemampuan memecahkan masalah pada topik-topik fisika seperti listrik, gelombang, optika, dan elektromagnetisme, baik pada tingkat sekolah menengah maupun perguruan tinggi (Almadrones & Tadifa, 2024). Namun demikian, beberapa kajian juga menyoroti tantangan implementasi, seperti kebutuhan infrastruktur, aksesibilitas perangkat, dan dukungan pelatihan guru untuk mengoptimalkan penggunaan PhET dalam konteks kelas nyata maupun kelas jarak (Toma et al., 2024; Trisviati & Lutfi, 2022).

Penelitian mengenai PhET menunjukkan tren yang berkelanjutan dan terus berkembang, dengan fokus yang semakin beragam seiring berjalannya waktu. Pada periode 2018–2019 terlihat peningkatan hasil belajar dan pemahaman konsep melalui penggunaan PhET, sementara 2020–2021 tekanan pembelajaran daring, lab virtual, dan blended learning sebagai respons terhadap wabah pandemik. Pada tahun 2022–2023 penelitian menyoroti HOTS (Higher-Order Thinking Skills), literasi sains, dan kemampuan berpikir ilmiah melalui pendekatan inkuiri, sementara 2024–2025 mulai menggarap topik-topik berbasis AI, pemikiran komputasional (computational thinking), serta analitik pembelajaran (learning analitik) dalam ekosistem PhET. Secara umum, jumlah publikasi PhET meningkat pasca pandemi dan dibarengi dengan keragaman topik penelitian, menggambarkan cakupan kajian dari sekedar efektivitas pembelajaran menjadi gambaran yang lebih luas Implementasi Simulasi Phet Dalam....

(Carolina, Handayani, Yeliza, & Koto, 2026)

mengenai implementasi media digital PhET dalam berbagai konteks pembelajaran fisika (Riantoni et al., 2019). Perkembangan tren ini menunjukkan bahwa PhET telah menjadi kerangka kerja yang dinamis untuk eksplorasi pembelajaran fisika modern, serta menjadi fokus analisis bibliometrik untuk memahami pola publikasi, kolaborasi, dan arah penelitian masa depan (Lagon, 2023; Ng & Chua, 2023).

Banyak penelitian sebelumnya dalam bidang PhET fokus pada eksperimen kuasi-eksperimen, meta-analisis, maupun pengamatan literatur. Namun, kemajuan suatu bidang tidak hanya dapat dipahami dari hasil eksperimen semata; Analisis bibliometrik menawarkan cara untuk melihat tren publikasi, perkembangan tema, negara, institusi, serta jaringan kolaborasi peneliti. Bibliometrik dapat mengidentifikasi hot spot, tematik cluster, evolusi kata kunci, serta arah penelitian masa depan yang mungkin tidak terlihat melalui analisis tradisional. Kesenjangan penelitian yang sering muncul meliputi (1) keterbatasan studi bibliometrik yang memetakan implementasi PhET secara menyeluruh dalam pembelajaran fisika, (2) dominasi fokus pada efektivitas pembelajaran tanpa kontekstual analisis bibliometrik, dan (3) kurangnya penelitian komprehensif yang menyatukan tren publikasi, penulis produktif, institusi, negara, kata kunci, serta jaringan kolaborasi dalam satu kerangka analitik yang terpadu (Lagon, 2023). Oleh karena itu, analisis bibliometrik menjadi penting untuk memahami bidang perkembangan PhET secara holistik, serta memetakan peluang penelitian di masa depan yang relevan dengan kebutuhan pendidikan 4.0 dan Society 5.0.

Banyak penelitian PhET yang fokus pada efektivitas pembelajaran, sedangkan penelitian bibliometrik yang memetakan perkembangan penelitian PhET secara komprehensif masih relatif terbatas. Kajian bibliometrik yang ada sering menggunakan rentang waktu terbatas dan fokus pada keterampilan tertentu saja, tidak secara khusus memetakan implementasi PhET secara menyeluruh dalam pembelajaran fisika. Gap 3: Belum banyak penelitian yang mengintegrasikan analisis tentang tren publikasi tahunan, penulis produktif, institusi, negara, kata kunci, evolusi tematik, cluster kolaborasi jaringan, serta peluang penelitian di masa depan dalam satu kerangka bibliometrik yang terpadu. Analisis bibliometrik yang komprehensif diperlukan untuk memahami ekosistem PhET secara keseluruhan dan mengarahkan arah penelitian ke depan (Harahap et al., 2025; Hermanto et al., 2024).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika melalui visualisasi, interaksi, serta kemampuan untuk membentuk model mental siswa, sehingga PhET memiliki potensi untuk mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan literasi sains. PhET juga dikaitkan dengan peningkatan motivasi, keterlibatan, serta kemampuan berpikir tingkat tinggi ketika digunakan dalam desain pembelajaran yang memperkuat inkuiri dan kerja sama siswa. Namun, penggunaan PhET yang efektif bergantung pada konteks implementasi, infrastruktur sekolah, serta dukungan guru pelatihan—sebuah faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan program pengembangan profesional dan kurikulum di masa depan (Taibu et al., 2021). Secara ringkas, mensintesis berbagai studi menegaskan bahwa PhET merupakan komponen yang kuat untuk mengubah pengalaman belajar fisika, selama didesain dan diintegrasikan dengan baik dalam lingkungan pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berdasarkan bukti (Amarna & Widodo, 2026; Saudelli et al., 2021).

Transformasi pendidikan di era digital menuntut pemanfaatan media digital seperti PhET untuk meningkatkan kualitas pembelajaran fisika yang abstrak. PhET memiliki kelebihan dalam visualisasi konsep, mampu meningkatkan aktivitas belajar, dan relevan dalam konteks pembelajaran berani maupun tatap muka. Implementasi penelitian PhET menunjukkan tren pertumbuhan publikasi dengan bidang topik yang semakin beragam, sehingga analisis bibliometrik menjadi sangat penting untuk memahami dinamika, tren, dan peluang penelitian di masa depan. Secara terpadu, paragraf ini mencakup transformasi digital, karakteristik pembelajaran fisika, peran PhET, tren penelitian 2018–2025, serta pentingnya bibliometrik untuk mengarahkan arah penelitian ke depan dalam konteks 4.0 dan Society 5.0 (Uwambajimana et al., 2023).

KAJIAN PUSTAKA

Teori Pembelajaran Relevan

Penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika berakar pada beberapa teori belajar utama. Teori konstruktivisme menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman langsung, bukan sekadar diterima secara pasif; simulasi interaktif seperti PhET memberi ruang bagi siswa untuk mengonstruksi pemahaman konsep fisika melalui eksperimen virtual. Pendekatan belajar aktif (*active learning*) juga relevan, karena PhET mendorong keterlibatan siswa secara langsung dalam memanipulasi variabel dan mengamati hasilnya. Selain itu, model pembelajaran inkuiri (*inquiry-based learning*) sejalan dengan karakteristik PhET yang memungkinkan siswa merumuskan pertanyaan, melakukan eksplorasi, dan menarik kesimpulan sendiri berdasarkan data simulasi. (Azizaturedha et al., 2019b; Kholifudin, 2021)

Simulasi dalam Pembelajaran Fisika

Simulasi PhET merupakan media pembelajaran berbasis teknologi yang dikembangkan oleh tim pakar teknologi pendidikan dari *University of Colorado* untuk membantu siswa dan mahasiswa memahami konsep-konsep Fisika secara visual dan interaktif. Verawati dan Sukaisih (2021) menyatakan bahwa penerapan simulasi (*PhET* dalam pembelajaran berbasis inkuiri secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, khususnya pada aspek analisis, evaluasi, dan kreativitas. Fitur animasi, video, dan simulasi yang dapat dimodifikasi memberi kesempatan kepada siswa/mahasiswa untuk mengatur variabel-variabel fisika secara langsung sehingga konsep-konsep abstrak dapat divisualisasikan dengan lebih konkret dan mudah dipahami. Dengan demikian, pembelajaran inkuiri yang memanfaatkan *PhET* memberikan peluang bagi peserta didik untuk secara aktif melakukan eksplorasi pengetahuan melalui kegiatan analisis dan eksperimen. Proses tersebut mendorong perkembangan keterampilan berpikir kritis, dan penciptaan gagasan berdasarkan hasil pengamatan.

Sebagai keunggulan *PhET*, implementasi media ini dalam pembelajaran fisika juga membuka ruang bagi peserta didik untuk mengeksplorasi fenomena fisika secara mandiri, yang berkontribusi pada peningkatan rasa ingin tahu dan motivasi belajar. Thohari et al. (2019) menegaskan bahwa simulasi *PhET* berperan dalam meningkatkan keaktifan dan antusiasme peserta didik selama proses pembelajaran. Selain itu, Pujiyono et al. (2016) menunjukkan bahwa *PhET* efektif digunakan sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konsep serta keterlibatan peserta didik di kelas. Lebih lanjut, Mahulae et al. (2017) melaporkan

bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri yang dibantu oleh simulasi *PhET* mampu melatih keterampilan proses sains sekaligus mengembangkan sikap ilmiah peserta didik.

Teknologi dalam Pembelajaran Fisika

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi pembelajaran fisika dari pendekatan konvensional berbasis ceramah menuju pembelajaran berbasis visualisasi dan simulasi. Berbagai bentuk teknologi, mulai dari multimedia interaktif, laboratorium virtual, hingga aplikasi berbasis augmented reality, telah diintegrasikan untuk membantu siswa memahami konsep fisika yang bersifat abstrak. Di antara berbagai teknologi tersebut, simulasi PhET menjadi salah satu yang paling banyak diadopsi karena sifatnya yang gratis, mudah diakses, dan dapat disesuaikan dengan berbagai jenjang pendidikan, (Faizah et al., 2023)

Penggunaan PhET dalam Pembelajaran

PhET telah diterapkan secara luas pada berbagai jenjang pendidikan dan konteks geografis, mulai dari sekolah menengah atas hingga perguruan tinggi, serta di berbagai negara dengan kondisi infrastruktur yang beragam. Studi-studi terdahulu (sebagaimana dirangkum pada Tabel 1) menunjukkan bahwa penerapan PhET banyak digunakan pada materi-materi yang bersifat abstrak seperti kelistrikan, gelombang, dan mekanika, dengan konteks penggunaan yang bervariasi mulai dari pembelajaran individual, kelompok, hingga model guided-inquiry dan problem-based learning. (Amarna & Widodo, 2026)

Pengukuran Efektivitas PhET

Efektivitas PhET umumnya diukur melalui indikator seperti peningkatan hasil belajar (nilai N-gain), pemahaman konsep, motivasi belajar, dan keterampilan berpikir kritis, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1. Studi meta-analisis (Antonio & Castro, 2023) menunjukkan bahwa simulasi virtual seperti PhET secara konsisten memiliki efek positif terhadap hasil belajar dan motivasi siswa dibandingkan metode pembelajaran konvensional. Perbandingan antarstudi juga menunjukkan variasi besaran efek yang dipengaruhi oleh jenjang pendidikan, materi fisika yang diajarkan, dan model pembelajaran yang menyertai penggunaan PhET. (Damayanti et al., 2025).

Meskipun penelitian mengenai PhET terus berkembang, sebagian besar studi masih bersifat parsial, berfokus pada satu variabel hasil belajar tanpa memetakan tren perkembangan penelitian secara menyeluruh. Pemetaan bibliometrik yang mengidentifikasi arah, kluster tema, dan jaringan kolaborasi peneliti dalam satu dekade terakhir masih jarang dilakukan, khususnya pada konteks pendidikan fisika jenjang SMA/ sederajat. Kesenjangan inilah yang menjadi landasan bagi penelitian bibliometrik ini. (Kusuma et al., 2024; Riadhi et al., 2025).

Teori Pendidikan Abad 21 dan Integrasi Teknologi

Kerangka pendidikan abad ke-21 menekankan empat kompetensi utama yang dikenal sebagai 4C: critical thinking, communication, collaboration, dan creativity. Integrasi simulasi PhET ke dalam pembelajaran fisika sejalan dengan kerangka ini, karena mendorong siswa untuk berpikir kritis dalam menganalisis fenomena, berkolaborasi dalam kerja kelompok, dan menciptakan pemahaman baru melalui eksplorasi mandiri. Dengan

demikian, PhET tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visualisasi, tetapi juga sebagai sarana pengembangan keterampilan abad ke-21 yang relevan dengan tuntutan pendidikan masa kini. (Riantoni et al., 2019; Sulistiawati & Prastowo, 2021)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik, yaitu metode analisis literatur sistematis yang digunakan untuk menelaah dan memetakan perkembangan suatu bidang ilmu berdasarkan data publikasi ilmiah. Pendekatan ini dipilih untuk mengidentifikasi tren penelitian, perkembangan topik, serta arah penelitian terkait implementasi simulasi *Physics Education Technology* (PhET) dalam pembelajaran fisika selama periode 2014–2024.

Prosedur penelitian dilakukan secara bertahap. Tahap pertama adalah pengumpulan data, yaitu menelusuri artikel ilmiah yang terindeks Scopus, SINTA 1, dan SINTA 2 melalui Google Scholar dan Publish or Perish (PoP) dengan menggunakan kata kunci “*PhET Simulation*”, “*Physics Education*”, dan “*Interactive Physics Learning*”. Penelusuran dibatasi pada artikel yang diterbitkan selama periode 2014–2024, kemudian seluruh metadata artikel diekspor dalam format Research Information System (RIS) untuk memudahkan proses analisis bibliometrik.

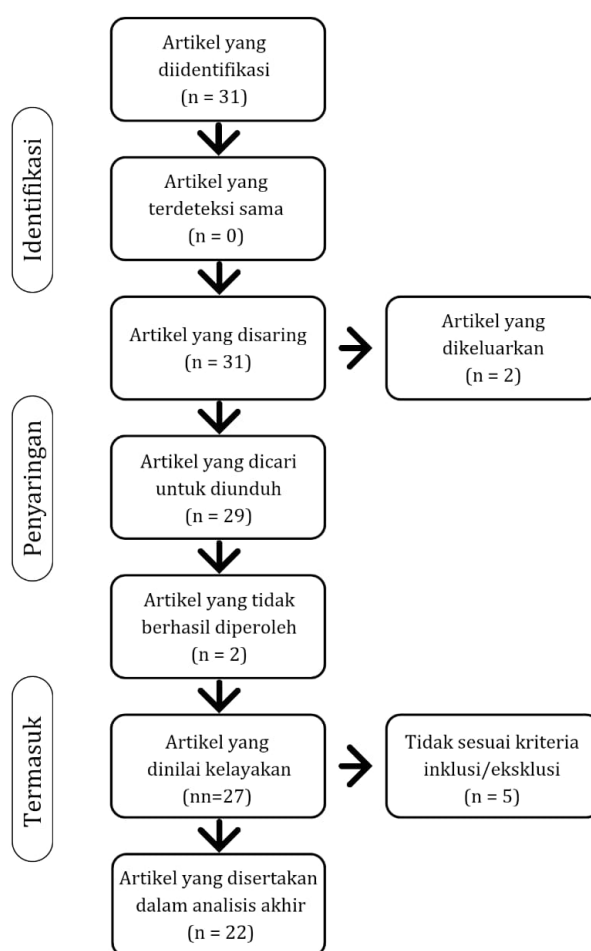
Tahap kedua adalah proses penyaringan (*screening*) dengan menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi untuk memperoleh artikel yang relevan dan sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria inklusi meliputi artikel ilmiah yang menggunakan penelitian kuantitatif mengenai efektivitas pembelajaran fisika berbantuan simulasi PhET, berfokus pada jenjang pendidikan SMA/ sederajat, tersedia dalam teks lengkap berbahasa Indonesia maupun bahasa Inggris, serta memenuhi persyaratan untuk dilakukan content analysis. Kriteria ini diterapkan sebelum proses analisis untuk memastikan bahwa artikel yang digunakan memiliki kesesuaian dengan tujuan penelitian (Charrois, 2015).

Sebaliknya, kriteria eksklusi digunakan untuk mengeluarkan artikel yang tidak memenuhi persyaratan penelitian. Artikel yang termasuk dalam kategori opini, editorial, buku teks, blog, maupun publikasi yang tidak termasuk studi empiris tidak diikutsertakan dalam analisis. Selain itu, artikel yang memiliki populasi penelitian di luar jenjang SMA/ sederajat juga dikeluarkan dari proses seleksi (Dhammi & Haq, 2018).

Proses identifikasi dan seleksi artikel mengikuti alur PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Tahap identifikasi menghasilkan 31 artikel berdasarkan hasil penelusuran menggunakan kata kunci yang telah ditetapkan. Selanjutnya dilakukan proses penyaringan judul dan abstrak sehingga 2 artikel dinyatakan tidak relevan dengan topik penelitian dan dikeluarkan dari analisis. Sebanyak 29 artikel kemudian memasuki tahap penelusuran full text, namun 2 artikel tidak dapat diakses sehingga dikategorikan sebagai *not retrieved*. Sebanyak 27 artikel full text selanjutnya dievaluasi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 5 artikel tidak memenuhi kriteria sehingga dikeluarkan pada tahap *full text excluded*. Dengan demikian, sebanyak 22 artikel dinyatakan memenuhi seluruh persyaratan dan digunakan sebagai sumber utama dalam analisis.

Untuk menjaga validitas data, seluruh artikel yang lolos seleksi telah melalui proses penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Selanjutnya, setiap artikel dikodekan berdasarkan nama penulis, tahun publikasi, fokus penelitian, temuan utama, dan indeks publikasi, sehingga memudahkan proses klasifikasi serta analisis isi sebagaimana disajikan pada **Tabel 1**.

Tahap akhir adalah analisis data menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk memetakan hubungan antarkata kunci (*co-occurrence*), mengidentifikasi klaster penelitian, serta menggambarkan tren perkembangan topik penelitian mengenai implementasi simulasi PhET dalam pembelajaran fisika. Selanjutnya dilakukan content analysis terhadap fokus penelitian dan temuan utama dari setiap artikel untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai perkembangan penelitian, efektivitas implementasi simulasi PhET, serta peluang penelitian lanjutan yang dapat dikembangkan.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA untuk Proses Seleksi Artikel

Sebanyak 22 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis lebih lanjut melalui analisis isi (*content analysis*) untuk mengidentifikasi karakteristik penelitian yang meliputi nama penulis, tahun publikasi, fokus penelitian, temuan utama, serta indeks publikasi. Analisis ini bertujuan memberikan gambaran umum mengenai

kecenderungan penelitian implementasi simulasi PhET dalam pembelajaran fisika sebelum dilakukan analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer. Ringkasan hasil analisis isi artikel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Analisis Isi Artikel

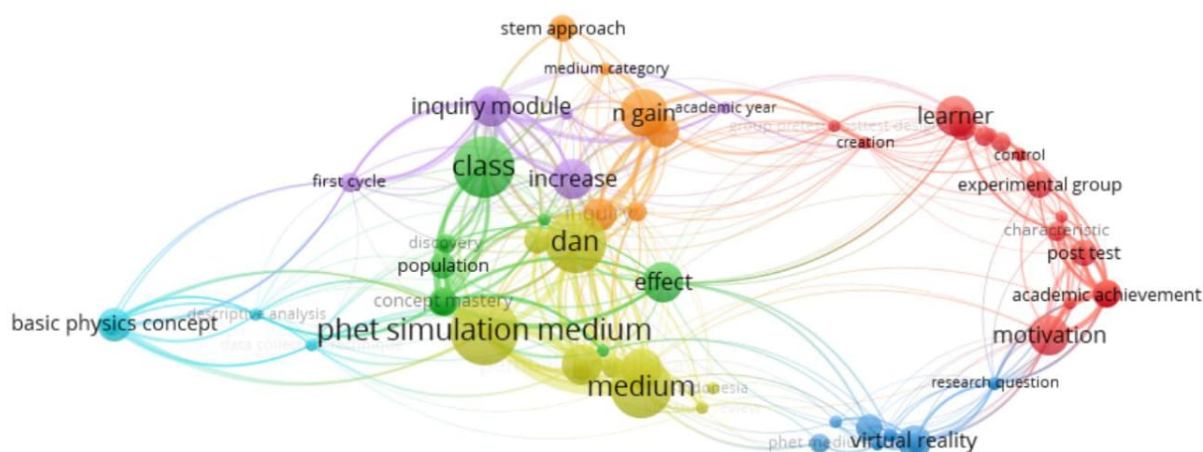
No	Nama Penulis (Tahun)	Fokus Penelitian	Temuan Utama	Indeks
1	Price et al (2018)	Penggunaan simulasi PhET oleh guru SMA	PhET membantu visualisasi konsep fisika abstrak dan meningkatkan pemahaman serta keterlibatan siswa dalam pembelajaran	Scopus
2	Liswar, et al. (2023)	Penggunaan simulasi PhET oleh guru SMA	PhET efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa	SINTA 2
3	Dy et al. (2024)	Pengaruh PhET terhadap capain pembelajaran sains	PhET meningkatkan kompetensi akademik dan mempermudah pemahaman konsep	Scopus
4	Antonio & Castro (2023)	Meta-analisis efektivitas simulasi virtual	Simulasi memiliki efek positif kuat pada hasil belajar dan motivasi siswa	Scopus
5	Hidayat et al. (2019)	Guided discovery learning berbantuan simulasi PhET pada pembelajaran fisika	PhET berpengaruh signifikan terhadap pemahaman konsep	SINTA 2
6	Aina & Hariyono (2023)	PhET untuk meningkatkan literasi sains siswa SMA	N-gain literasi sains tinggi	SINTA 2
7	Lampropoulos & Kinshuk (2024)	Simulasi digital, virtual reality dan gamifikasi	Simulasi PhET dapat meningkatkan motivasi belajar fisika dan pemahaman konsep fisika	Scopus
8	Fitria et al. (2022)	Penggunaan PhET pada pembelajaran fisika SMA (hasil belajar)	Aktivitas dan hasil belajar meningkat signifikan	SINTA 2
9	Saputra et al. (2024)	Guided Inquiry berbantuan PhET	Simulasi PhET efektif untuk mengembangkan keterampilan proses sains	SINTA 2
10	M. Azis et al. (2024)	E-modul berbasis inquiry terbimbing dengan PhET	Meningkatkan hasil belajar dan minat siswa	SINTA 2
11	Banda & Nzabhimana (2023)	Pengaruh PhET pada motivasi belajar	PhET meningkatkan motivasi intrinsik dan prestasi akademik.	Scopus
12	Yunzal & Casinillo (2020)	Pengaruh PhET pada siswa dengan pembelajaran STEM	Peningkatan signifikan pada pemahaman dan antusiasme belajar.	Scopus
13	Rizaldi et al. (2020)	Analisis bibliometrik penelitian PhET dalam pendidikan	Penggunaan PhET terus meningkat digunakan untuk pembelajaran fisika tingkat SMA/ sederajat	Scopus
14	F. S. Harahap et al. (2024)	Analisis bibliometrik artikel PhET dan STEM	Memetakan tren publikasi global tentang PhET;	Scopus
15	Batuyong & Antonio (2018)	Pengaruh PhET pada pemahaman konsep elektromagnetik	Peningkatan hasil belajar dan pengalaman belajar yang positif.	Scopus
16	Hazmi Nurul F. et al. (2024)	Efektivitas PhET pada topik panas & suhu di siswa SMA	PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar.	Scopus
17	Almadrones et.al (2024)	Penggunaan PhET dalam pengajaran konsep dasar fisika.	Pengajaran terintegrasi PhET dapat meningkatkan penguasaan kompetensi fisika.	Scopus
18	Bahtiar et al. (2024)	Efek pembelajaran berbasis PhET terhadap pemahaman konsep materi usaha dan energi bagi calon guru.	Siswa belajar dengan simulasi PhET mengalami peningkatan pemahaman konsep fisika dibanding metode latihan soal	Scopus
19	Manlapig, Ernesto (2024)	Efek PhET terhadap motivasi belajar siswa SMA (materi gerak/proyektil)	Simulasi PhET menarik dan interaktif sehingga memberikan pengalaman belajar bermakna	Scopus

Implementasi Simulasi Phet Dalam....

(Carolina, Handayani, Yeliza, & Koto, 2026)

20	Siregar et al. (2024)	Penerapan PhET terintegrasi model PBL dengan materi pelajaran hukum Newton	daripada metode tradisional. PhET dengan model PBL mendukung pemahaman konsep, dan pembelajaran kontekstual	Scopus
21	Warneri, W (2024)	Pemamfaatan PhET sebagai virtual laboratory untuk hasil belajar (SMA)	Penggunaan PhET meningkatkan pencapaian pembelajaran (learning outcomes) dan mendukung praktikum virtual bila di rancang instruksional baik.	Sinta 2
22	Fardela, Ramacos. et al. (2022)	Optimalisasi pemanfaatan PhET	Penggunaan PhET meningkatkan pemahaman konsep pada materi listrik dan gelombang.	Scopus

Data bibliometrik dari artikel terpilih diekspor dalam format RIS menggunakan Mendeley dan dianalisis dengan software *VOSviewer*. Analisis co-occurrence (Gambar 2) menunjukkan keterhubungan antar kata kunci *PhET Simulation*, *Physics Education*, dan *Interactive Physics Learning* yang membentuk beberapa kluster kata. Kata “class” tampak menjadi simpul paling sentral yang menghubungkan berbagai konsep mulai dari penggunaan phet simulation medium, pemahaman basic physics concept, hingga peningkatan hasil belajar melalui *inquiry module* dan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach*. Disamping itu, kluster merah memperlihatkan fokus pada aspek learner, motivation, academic achievement, serta proses penelitian seperti experimental group dan post-test. Pola keterhubungan ini menegaskan bahwa penelitian secara umum berpusat pada penerapan berbagai media pembelajaran interaktif—terutama simulasi *Physics Education Technology (PhET)* dan *virtual reality*—serta menilai efeknya terhadap peningkatan motivasi dan penguasaan konsep fisika. Visualisasi tersebut juga membantu mengidentifikasi arah penelitian yang dominan sekaligus membuka peluang eksplorasi lanjutan pada integrasi media inovatif dalam pembelajaran fisika.

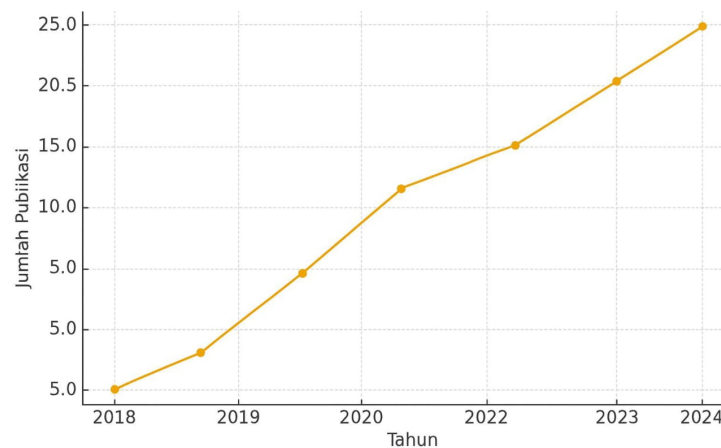


Gambar 2. Peta 31 Artikel Menggunakan VOSviewer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tren Publikasi Penelitian Simulasi PhET dalam Satu Dekade Terakhir

Analisis bibliometrik mengindikasikan adanya peningkatan yang signifikan dalam jumlah publikasi ilmiah yang membahas implementasi simulasi *Physics Education Technology (PhET)* dalam pembelajaran fisika selama satu dekade terakhir. Peningkatan jumlah publikasi tersebut sejalan dengan temuan analisis bibliometrik oleh (Harahap et al., 2025) yang mengindikasikan bahwa karya tulis tentang PhET mengalami kenaikan signifikan sejak tahun 2017 dan mencapai titik tertingginya pada tahun 2020–2021. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya permintaan untuk pembelajaran berbasis teknologi selama era pandemi COVID-19, sehingga simulasi virtual menjadi opsi yang banyak dipilih sebagai pengganti laboratorium fisik dalam proses pembelajaran sains. Di samping itu, Indonesia menjadi salah satu negara yang mencetak publikasi terbanyak terkait PhET, yang menunjukkan bahwa perhatian peneliti terhadap penggunaan simulasi digital dalam pendidikan semakin meningkat.

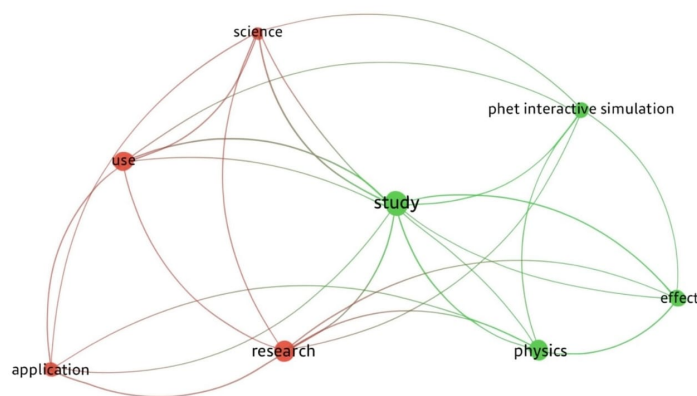


Gambar 3. Grafik Tren Kenaikan Publikasi 2018-2024

Secara khusus, pergeseran sistem pendidikan menuju pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19 turut mendorong intensifikasi penelitian di bidang ini. Kondisi tersebut memicu ketertarikan para peneliti untuk menelaah efektivitas simulasi *Physics Education Technology (PhET)* sebagai alternatif laboratorium virtual yang mudah diakses, fleksibel, dan efisien. Secara keseluruhan, peningkatan tren publikasi ini mencerminkan antusiasme akademik yang tinggi terhadap pemanfaatan teknologi interaktif pembelajaran fisika. Meningkatnya angka publikasi setelah tahun 2020 menunjukkan bahwa pandemi tidak hanya memicu perubahan dalam cara belajar, tetapi juga mempercepat pergeseran penelitian dalam pendidikan fisika menuju pemanfaatan laboratorium virtual. Hasil ini sejalan dengan temuan (Faizah et al., 2023) yang menyatakan bahwa PhET semakin banyak dimanfaatkan karena dapat mengatasi kelemahan praktikum tradisional, terutama di sekolah-sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium. Selain mudah diakses, simulasi PhET juga membantu memvisualisasikan konsep-konsep abstrak sehingga memperbaiki penerimaan pengguna terhadap teknologi ini. (Trisviati & Lutfi, 2022)

Pemetaan Bibliometrik Penggunaan *Physics Education Technology (PhET)* dalam Pembelajaran Fisika

Hasil analisis bibliometrik yang dilakukan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* mengungkapkan terbentuknya dua kluster utama yang merepresentasikan tema-tema penelitian terkait implementasi simulasi *Physics Education Technology (PhET)* dalam pembelajaran fisika. Kluster pertama (berwarna hijau) terdiri atas kata kunci *study*, *physics*, *effect*, dan *Physics Education Technology (PhET) interactive simulation*, yang menunjukkan orientasi penelitian pada kajian efektivitas penggunaan PhET dalam meningkatkan hasil belajar serta pemahaman konsep fisika. Sementara itu, kluster kedua (berwarna merah) mencakup kata kunci *use*, *science*, *application*, dan *research*, yang merefleksikan fokus penelitian pada penerapan praktis simulasi *Physics Education Technology (PhET)* dalam konteks pendidikan sains dan pengembangan inovasi pedagogis. Kata *study* tampak sebagai simpul dominan yang berperan sebagai penghubung antar kluster, mengindikasikan bahwa sebagian besar kajian mengenai pemanfaatan *Physics Education Technology (PhET)* dilakukan melalui pendekatan penelitian empiris dan eksploratif. Secara keseluruhan, pola keterkaitan antar kata kunci tersebut memperlihatkan bahwa arah penelitian dalam satu dekade terakhir berpusat pada dua dimensi utama, yaitu efektivitas pembelajaran dan integrasi simulasi *Physics Education Technology (PhET)* dalam konteks laboratorium virtual serta pembelajaran sains berbasis teknologi. (Uwambajimana et al., 2023)



Gambar 4. Visualisasi kata kunci dan kluster dalam *PhET Interactive Simulation*

Analisis Keterkaitan Kata Kunci (*Co-Occurrence Network*)

Analisis hubungan antar kata kunci dalam peta bibliometrik menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat antara beberapa istilah utama seperti *study*, *physics*, *PhET interactive simulation*, *science*, dan *application*. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian tentang simulasi *PhET* tidak terpisah, melainkan saling terhubung melalui fokus yang sama yaitu meningkatkan kualitas pembelajaran fisika dengan memadukan teknologi interaktif. Jarak antar kata *study* dan *PhET interactive simulation* yang relatif dekat menunjukkan bahwa kebanyakan penelitian dilakukan dalam konteks eksperimen pendidikan yang mengevaluasi dampak penggunaan simulasi *PhET* terhadap hasil belajar dan pemahaman konsep siswa. Selain itu, hubungan yang erat antara kata *science* dan

application menunjukkan bahwa penelitian cenderung menghubungkan *PhET* dengan penerapan praktis dalam konteks ilmu pengetahuan dan pembelajaran berbasis proyek. Secara keseluruhan, pola hubungan ini mencerminkan bahwa arah penelitian selama sepuluh tahun terakhir bergerak menuju integrasi antara pendekatan empiris dan inovasi pedagogis dalam penggunaan simulasi *PhET* sebagai media pembelajaran fisika yang adaptif dan kontekstual. Dominasi istilah seperti studi, fisika, dan simulasi interaktif *PhET* menunjukkan bahwa selama sepuluh tahun terakhir, fokus penelitian masih pada pengujian seberapa efektif penggunaan *PhET* terhadap hasil pembelajaran. Hasil ini memperkuat temuan bibliometrik (Sulistiawati & Prastowo, 2021) yang menunjukkan bahwa tema penelitian *PhET* masih berkaitan dengan peningkatan pemahaman konsep, penerapan model Pembelajaran Berbasis Masalah, dan pengembangan kemampuan berpikir kritis. Ini mengindikasikan bahwa penelitian lebih memprioritaskan evaluasi dampak pembelajaran daripada mengeksplorasi pengembangan teknologi yang baru.

Analisis Jaringan Kolaborasi Penulis (Co-Authorship Network)

Analisis jaringan penulis (*co-authorship network*) dalam penelitian terkait simulasi *Physics Education Technology (PhET)* menunjukkan bahwa publikasi pada dekade terakhir didominasi oleh kolaborasi antara peneliti dari berbagai institusi pendidikan dan pusat riset. Meskipun sebagian besar publikasi masih bersifat individual, terdapat kecenderungan meningkatnya kerja sama lintas lembaga, terutama antara dosen, mahasiswa, dan praktisi pendidikan yang memiliki ketertarikan pada inovasi pembelajaran berbasis teknologi. Pola kolaborasi ini mencerminkan adanya kesadaran kolektif akan pentingnya sinergi multidisipliner dalam mengembangkan dan mengevaluasi efektivitas simulasi *PhET* sebagai media pembelajaran fisika. Selain itu, keterlibatan peneliti dari bidang pendidikan, teknologi, dan sains juga memperluas perspektif penelitian, sehingga menghasilkan kajian yang lebih komprehensif dan kontekstual. Secara keseluruhan, jaringan kolaborasi tersebut memperlihatkan bahwa penelitian mengenai implementasi *PhET* telah berkembang menjadi bidang kajian yang bersifat kolaboratif dan terbuka, dengan kontribusi signifikan terhadap penguatan inovasi pedagogis dalam pendidikan fisika modern.

Celah Penelitian dan Peluang Pengembangan Studi *Physics Education Technology (PhET)*

Meskipun ada penelitian yang menunjukkan perkembangan baik dalam penggunaan simulasi *PhET* untuk pembelajaran fisika, hasil analisis bibliometrik menunjukkan bahwa masih ada beberapa hal yang bisa diteliti lebih lanjut. Penelitian sebelumnya lebih banyak fokus pada efektivitas *PhET* dalam meningkatkan pemahaman dan hasil belajar siswa. Namun, penelitian yang meninjau penggunaan *PhET* dalam pembelajaran berbasis proyek, kolaboratif, atau kombinasi masih sedikit. Selain itu, belum banyak penelitian yang membahas penggabungan *PhET* dengan teknologi lainnya, misalnya *learning management system (LMS)*, realitas augmentasi, atau model pembelajaran adaptif. Hal ini memberikan kesempatan bagi peneliti untuk mengembangkan penelitian lebih dalam mengenai peran *PhET* dalam membentuk keterampilan pemecahan masalah, berpikir kritis, dan kerja sama digital sebagai keterampilan abad 21. Oleh karena itu, arah penelitian kedepan dapat difokuskan pada integrasi berbagai teknologi dan pendekatan pembelajaran yang lebih sesuai dengan konteks dan kebutuhan siswa.

Implikasi Penggunaan *Simulasi PhET* dengan Pembelajaran Fisika Kontemporer

Temuan dari analisis bibliometrik ini memiliki dampak penting bagi pengembangan cara mengajar fisika di masa kini yang semakin digital. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa simulasi *PhET* berperan besar dalam membantu proses belajar yang lebih interaktif, eksploratif, dan fokus pada pemahaman konsep. Penggunaan *PhET* tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir siswa melalui gambaran visual dari fenomena abstrak, tetapi juga meningkatkan semangat belajar dan keterlibatan siswa secara aktif. Di dalam konteks Kurikulum Merdeka, penggunaan simulasi *PhET* sesuai dengan prinsip pembelajaran yang menekankan kemandirian, kemampuan menyelesaikan masalah, serta penguatan keterampilan abad ke-21. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya penggunaan teknologi simulasi secara terus-menerus bersama dengan pendekatan pengajaran yang inovatif, agar pembelajaran fisika lebih efektif, relevan, dan menarik bagi berbagai tingkat pendidikan. Dominasi penelitian mengenai efektivitas *PhET* menunjukkan bahwa simulasi ini telah diterima sebagai salah satu media pembelajaran digital yang mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, dan keterampilan proses sains (Dantic & Fluraon, 2022) menunjukkan bahwa penggunaan *PhET* meningkatkan pemahaman konsep listrik dan magnet serta memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik melalui visualisasi interaktif. Demikian pula penelitian (Prihatiningtyas et al., 2024) menunjukkan bahwa laboratorium virtual berbasis *PhET* mampu meningkatkan keterampilan proses sains, kemampuan menginterpretasikan data, serta menarik kesimpulan ilmiah peserta didik. Berdasarkan analisis bibliometrik dan tinjauan pustaka, ada beberapa faktor yang menyebabkan peningkatan penelitian tentang *PhET*. Pertama, digitalisasi dalam pendidikan dan pembelajaran daring yang melonjak selama pandemi COVID-19 menjadikan simulasi virtual sebagai pilihan praktik. Kedua, sifat *PhET* yang gratis, mudah dijangkau, dan mampu memperlihatkan konsep yang kompleks membuat media ini banyak dimanfaatkan di berbagai tingkat pendidikan. Ketiga, adanya perkembangan model pembelajaran abad ke-21 seperti Problem Based Learning, STEM, dan inquiry learning mendorong penerapan *PhET* sebagai alat bantu pembelajaran yang lebih interaktif (Amarna & Widodo, 2026). Walaupun penelitian mengenai efektivitas *PhET* terus meningkat, hasil analisis bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian masih didominasi oleh evaluasi hasil belajar. Kajian mengenai dampak jangka panjang penggunaan *PhET*, integrasi dengan Artificial Intelligence, Learning Analytics, Adaptive Learning, maupun Augmented Reality masih relatif terbatas. (Ng & Chua, 2023) juga mengidentifikasi bahwa penelitian mengenai variasi konteks budaya, peran guru, dan strategi pedagogi adaptif masih menjadi peluang besar untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya (Azizaturredha et al., 2019a).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis dan analisis bibliometrik terhadap 22 artikel mengenai implementasi simulasi Physics Education Technology (*PhET*) dalam pembelajaran fisika selama periode 2014–2024, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai, yaitu mengidentifikasi tren publikasi dan arah perkembangan penelitian implementasi simulasi *PhET* dalam pembelajaran fisika. Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian

masih didominasi oleh kajian mengenai efektivitas penggunaan simulasi PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep, hasil belajar, motivasi belajar, dan keterlibatan peserta didik, sedangkan penelitian mengenai integrasi PhET dengan model pembelajaran inovatif maupun teknologi digital lainnya masih relatif terbatas. Temuan ini memberikan implikasi bahwa hasil pemetaan bibliometrik dapat menjadi referensi bagi peneliti dan pendidik dalam menentukan arah pengembangan penelitian serta inovasi pembelajaran fisika berbasis teknologi. Penelitian ini masih terbatas pada analisis terhadap 22 artikel yang memenuhi kriteria inklusi sehingga hasil yang diperoleh belum sepenuhnya merepresentasikan seluruh perkembangan penelitian implementasi PhET.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan kajian mengenai integrasi simulasi Physics Education Technology (PhET) dengan model pembelajaran inovatif, seperti project-based learning, pembelajaran kolaboratif, maupun teknologi digital lainnya, seperti Learning Management System (LMS) dan Augmented Reality (AR), sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai implementasi PhET dalam pembelajaran fisika. Bagi pendidik, hasil penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam merancang aktivitas pembelajaran berbasis simulasi PhET yang lebih interaktif, kontekstual, dan sesuai dengan karakteristik materi serta kebutuhan peserta didik. Sementara itu, bagi pembuat kebijakan dan institusi pendidikan, diperlukan dukungan berupa penyediaan infrastruktur teknologi, akses terhadap media pembelajaran digital, serta program peningkatan kompetensi guru agar implementasi simulasi PhET dapat diterapkan secara optimal dalam pembelajaran fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpan, E. T., & Vieyra, R. E. (2025). Translation of PhET Simulations in Ibibio Language: Enhancing Seamless and Culturally Responsive Learning of Mathematics in Akwa Ibom State, Nigeria. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6072385/v1>
- Almadrones, R. D., & Tadifa, F. G. (2024). Physics Educational Technology (PHET) Simulations in Teaching General Physics 1. *International Journal of Instruction*, 17(3), 635–650. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.17335a>
- Amarna, A. D., & Widodo, W. (2026). Penerapan Inkuiri Terstruktur Terhadap Peningkatan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Pada Materi Gerak. *Science Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(2), 1002–1012. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.10027>
- Azizaturedha, M., Fatmawati, S., & Yuliani, H. (2019a). Email : hammiyatif@gmail.com *Edufisika : Jurnal Pendidikan Fisika* Volume 4 Nomor 1 , Juni 2019. *Edufisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4, 1–5.

- Azizaturredha, M., Fatmawati, S., & Yuliani, H. (2019b). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Dengan Media Laboratorium Virtual (Phet) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar, Keterampilan Proses Sains Dan Minat Belajar Siswa Pada Pokok Bahasan Elastisitas. *EduFisika Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 1–5. <https://doi.org/10.22437/edufisika.v4i01.6051>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2022). The Impact of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation-Based Learning on Motivation and Academic Achievement Among Malawian Physics Students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 127–141. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>
- Damayanti, T., Tarigan, Y., & Simanjuntak, M. P. (2025). Studi Literatur: Efektivitas Penggunaan LKPD Berbasis Simulasi Phet pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Akuntansi Hukum Dan Edukasi.*, 2(1), 133–140. <https://doi.org/10.57235/jahe.v2i1.5824>
- Dantic, M. J. P., & Fluraon, A. (2022). PhET interactive simulation approach in teaching electricity and magnetism among science teacher education students. *Journal of Science and Education (JSE)*, 2(2), 88–98. <https://doi.org/10.56003/jse.v2i2.101>
- Faizah, S. N., Dina, L. N. A. B., Kartiko, A., Ma'arif, M. A., & Hasan, M. S. roni. (2023). Student Acceptance Study of Phet Simulation With an Expanded Technology Acceptance Model Approach. *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, 5(1), 279–290. <https://doi.org/10.37385/jaets.v5i1.3041>
- Hannel, S. L., & Cuevas, J. (2018). A Study on Science Achievement and Motivation Using Computer-based Simulations Compared to Traditional Hands-on Manipulation. *Georgia Educational Researcher*, 15(1). <https://doi.org/10.20429/ger.2018.15103>
- 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>
- Hermanto, I. M., Maharani, N. L. S., Nurhayati, N., & Kurniasari, S. (2024). Mapping Research on Problem-Solving Skills in Physics Education: Bibliometric Analysis. *Islamic Journal of Integrated Science Education (IJISE)*, 3(1), 47–58. <https://doi.org/10.30762/ijise.v3i1.2690>
- Juwairiah, J., Riana, M., & Windiani, W. (2022). Digitization of Laboratory Equipment Using PhET Simulation Media in Applied Chemistry Practicum. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 5(2), 169–173. <https://doi.org/10.33122/ijtmer.v5i2.131>

- Kholifudin, M. Y. (2021). Analisis Rangkaian Jembatan Wheatstone Berbasis Simulasi PhET Pada Pembelajaran Fisika di SMA. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 131–137. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.8062>
- Kusuma, A. A. K., Wibowo, F. C., Nasbey, H., & Deta, U. A. (2024). Scientific research on publication of students' difficulties in learning physics: Bibliometric analysis. *AIP Conference Proceedings*, 3116, 70027. <https://doi.org/10.1063/5.0210087>
- Lagon, H. M. (2023). PHET Interactive Simulations in Learning Optics towards Pre-Service Science Teachers: A Phenomenological Study. *American Journal of Education and Technology*, 2(3), 129–135. <https://doi.org/10.54536/ajet.v2i3.679>
- Nandani, S., & Raturi, S. (2024). Digital Simulations as a Pedagogical Tool: How Ready Are Fiji Year-11 Science Teachers? *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(6), 3249–3263. <https://doi.org/10.1111/jcal.13071>
- Ng, M. E., & Chua, K. H. (2023). The Effect of Using PhET in Changing Malaysian Students' Attitude to Learning Physics in a Full Virtual Environment. *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, 31(2), 545–560. <https://doi.org/10.47836/pjssh.31.2.05>
- Prihatiningtyas, S., Haryono, H. E., & Putra, I. A. (2024). Digitization of Learning Through Virtual Laboratory in Assessing Students' Science Process Skills on Mechanical Wave Material. *Lensa Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(1), 44. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.11534>
- Riadhi, M. K., Hidayati, H., Mufit, F., & Riyasni, S. (2025). Bibliometric Analysis of Electronic Student Worksheets Research Trends in Physics Learning in Indonesia. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(2), 235–247. <https://doi.org/10.24036/jppf.v11i2.28>
- Riantoni, C., Astalini, A., & Darmaji, D. (2019). Studi penggunaan PhET Interactive Simulations dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 6(2), 71. <https://doi.org/10.12928/jrpkf.v6i2.14202>
- Saudelli, M. G., Kleiv, R. T., Davies, J., Jungmark, M., & Mueller, R. (2021). PhET Simulations in Undergraduate Physics. *Brock Education Journal*, 31(1). <https://doi.org/10.26522/brocked.v31i1.899>
- Sulistiawati, A., & Prastowo, A. (2021). Penggunaan Phet Sebagai Media Interaktif Pembelajaran Ipa Pada Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendas Primary Education Journal*, 2(2), 82–91. <https://doi.org/10.29303/pendas.v2i2.476>

- Taibu, R., Mataka, L. M., & 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>
- Toma, M. J., Tembrevilla, G., & Milner-Bolotin, M. (2024). Investigating Pedagogical Opportunities of Educational Technologies in Developing Countries: Physics Education Technology Workshops for Bangladeshi Science, Technology, Engineering and Mathematics Teachers. *Future in Educational Research*, 3(1), 92–110. <https://doi.org/10.1002/fer3.51>
- Trisviati, E. D., & Lutfi, A. (2022). Development of Guided Inquiry Learning Tools Assisted by PhET Simulation to Improve Student's Learning Motivation in the Sub Material of Molecular Shapes. *Prisma Sains Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan Ipa Ikip Mataram*, 10(3), 522. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v10i3.5298>
- Uwambajimana, S., Minani, E., Mollel, A. D., & Nyirahabimana, P. (2023). The Impact of Using PhET Simulation on Conceptual Understanding of Electrostatics Within Selected Secondary Schools of Muhanga District, Rwanda. *Journal of Mathematics and Science Teacher*, 3(2), em045. <https://doi.org/10.29333/mathsciteacher/13595>
- Yusuf, M., Yunginger, R., & Nainggolan, R. J. (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>

▪ *How to cite this paper :*

- Carolina, Y., Handayani, W., Yeliza., & Koto. I. (2026). Implementasi Simulasi PhET Dalam Pembelajaran Fisika: Tinjauan Bibliometrik Sepuluh Tahun Terakhir. *Jurnal Dedikasi Pendidikan*, 10(2), 909–926.