

PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS SIMULASI PHET DENGAN MODEL 7E UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS PADA MATERI SISTEM TATA SURYA DI SMP

Anzil Firbiyanti¹

¹Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang

*Email Korespondensi: Anzildirbiyanti@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan literasi sains menjadi tantangan utama dalam pembelajaran sains di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP), khususnya dalam materi sistem tata surya dan gerakan planet yang bersifat abstrak. Artikel ini bertujuan untuk menawarkan pendekatan konseptual baru melalui integrasi simulasi PhET (*Physics Education Technology*) dengan model pembelajaran *Learning Cycle 7E* sebagai upaya strategis untuk meningkatkan literasi sains siswa. Metode yang digunakan adalah kajian pustaka konseptual, yang menganalisis berbagai sumber ilmiah nasional dan internasional untuk merumuskan kerangka pembelajaran yang inovatif. Simulasi PhET tidak hanya digunakan sebagai alat bantu visual, melainkan sebagai elemen inti dalam proses belajar berbasis eksplorasi, inkuiri, dan refleksi. Setiap tahapan dalam model *Learning Cycle 7E* mulai dari *Engage*, *Eksplora*, *Explains*, *Elaborasi*, *Evaluasi*, *Extend*, hingga *Evaluate-Reflection* dihubungkan dengan aktivitas berbasis simulasi untuk membangun pemahaman konsep, keterampilan proses sains, serta kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi PhET dalam skenario pembelajaran aktif dapat menjembatani kesenjangan antara konsep abstrak dengan pengalaman belajar konkret, sehingga mampu memperkuat literasi sains secara menyeluruh. Selain itu, artikel ini juga mengidentifikasi potensi tantangan dalam implementasi, seperti kesiapan guru dan infrastruktur digital, serta menawarkan solusi berbasis pelatihan dan desain pembelajaran kontekstual. Temuan ini diharapkan menjadi acuan bagi guru dan pengambil kebijakan dalam merancang pembelajaran IPA berbasis teknologi yang lebih bermakna.

Kata kunci: Literasi Sains; Model *Learning Cycle 7E*; Pembelajaran Interaktif; *PhET Simulation*; Sistem tata surya

PENDAHULUAN

Di era pendidikan abad ke-21, kemampuan literasi sains menjadi kebutuhan utama dalam membentuk generasi yang mampu berpikir kritis, memecahkan masalah, dan memahami fenomena alam secara rasional. Literasi sains tidak lagi terbatas pada penguasaan konsep-konsep ilmiah, melainkan mencakup pemahaman proses ilmiah, interpretasi data, serta aplikasi sains dalam kehidupan sehari-hari. Menurut OECD (2022), literasi sains juga mencakup kemampuan untuk menilai informasi ilmiah secara objektif, mengambil keputusan berbasis bukti, serta terlibat aktif dalam isu-isu ilmiah yang relevan dengan konteks sosial dan global. Sayangnya, hasil Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 menunjukkan bahwa literasi sains siswa Indonesia masih tergolong rendah, dengan sekitar 60% siswa belum mencapai level kompetensi minimum yang diperlukan untuk menerapkan pengetahuan sains secara fungsional dalam kehidupan nyata (OECD, 2023). Hal ini mendorong perlunya pendekatan inovatif sebagai bentuk tindak lanjut dalam pembelajaran sains di jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP), yang mengedepankan interaktivitas dan pemahaman konseptual.

Salah satu inovasi pembelajaran yang potensial adalah pemanfaatan simulasi interaktif berbasis teknologi, salah satunya adalah PhET Simulation. *PhET (Physics Education Technology)* merupakan media pembelajaran berbasis simulasi yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa melalui eksplorasi virtual dan interaktivitas (McKagan et al., 2008). Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PhET dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep abstrak, memperkuat keterlibatan belajar, dan mendukung pendekatan inkuiri (Rutten et al., 2012). Selain itu, penelitian oleh Antonio & Castro (2023) mengungkapkan bahwa simulasi virtual seperti PhET mampu meningkatkan motivasi belajar dan hasil akademik siswa secara signifikan, khususnya pada materi fisika, biologi, dan kimia yang kompleks dan sulit dipahami secara langsung. Temuan ini mempertegas urgensi penggunaan media berbasis simulasi dalam pembelajaran sains SMP.

Di tingkat nasional, berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa simulasi PhET memberikan dampak positif terhadap peningkatan literasi sains siswa. Misalnya, Penelitian Fitria et al. (2023) yang menunjukkan peningkatan keaktifan dan ketuntasan belajar siswa SMP Islam melalui penggunaan PhET. Bahkan, Rahmah et al. (2024) menegaskan bahwa penggunaan PhET secara konsisten dapat meningkatkan minat, motivasi, dan hasil belajar siswa dari jenjang SD hingga SMP. Dengan dukungan hasil-hasil tersebut, jelas bahwa pemanfaatan PhET perlu dikembangkan secara lebih sistematis dalam kerangka pembelajaran SMP.

Urgensi pemanfaatan PhET tidak hanya terletak pada efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar, tetapi juga pada kemampuannya untuk menghadirkan pengalaman belajar yang eksploratif dan kontekstual. Kristianto et al. (2023) menunjukkan bahwa PhET mampu menggantikan keterbatasan laboratorium fisik di SMP Negeri 3 Kupang, sementara Aini & Avkarinah (2024) menunjukkan keberhasilan PhET dalam memvisualisasikan konsep muatan listrik statis secara interaktif. Selain itu, pendekatan berbasis inkuiri yang diterapkan bersama PhET membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan saintifik seperti merumuskan hipotesis dan menganalisis data (Gani et al., 2020). Pendekatan ini memperkuat kemampuan siswa untuk berpikir kritis (*critical thinking*) dan menghubungkan sains dengan kehidupan nyata. Namun, dalam implementasinya di kelas, berbagai tantangan masih dihadapi. Penelitian oleh Verdian et al. (2021) menyebutkan bahwa kendala seperti keterbatasan perangkat teknologi, koneksi internet, dan kurangnya pelatihan guru masih menjadi hambatan utama. Bahkan, studi oleh Ng & Chua (2023) menekankan bahwa penggunaan PhET di lingkungan pembelajaran daring tidak otomatis efektif jika tidak didukung interaksi dan strategi belajar aktif. Oleh karena itu, penting untuk merancang pemanfaatan PhET tidak hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari perspektif pedagogis dan kesiapan sistem pendidikan.

Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih memiliki keterbatasan yang dapat dijadikan dasar pengembangan lebih lanjut. Penelitian oleh Muyasaroh et al. (2025) dan

Rahmah et al. (2024) menunjukkan bahwa efektivitas PhET masih sangat bergantung pada kesiapan guru dan infrastruktur teknologi di sekolah. Dalam beberapa kasus, seperti yang ditunjukkan oleh Abadi et al. (2025), penggunaan PhET belum sepenuhnya mengatasi tantangan miskonsepsi jika tidak disertai pendekatan pedagogis yang kuat dan terstruktur. Oleh karena itu, artikel ini hadir untuk mengusulkan pendekatan konseptual yang lebih komprehensif, yakni integrasi PhET secara sistematis dalam desain pembelajaran sains kepada peserta didik jenjang SMP, dengan memperhatikan kendala dan kelemahan dari studi sebelumnya.

Artikel ini menawarkan pendekatan konseptual baru dengan mengintegrasikan PhET secara sistematis pada materi sistem tata surya dan gerakan planet dengan menggabungkan model *Learning Cycle 7E* ke dalam desain pembelajaran sains di SMP. Ide kebaruan yang ditawarkan bukan hanya sebagai media alat bantu siswa, tetapi juga sebagai jantung pembelajaran. Siswa dapat mengeksplorasi langsung (inquiry) seperti di lab nyata. Dengan landasan teori dari studi internasional dan nasional, gagasan dalam artikel ini menyatukan pemikiran bahwa PhET dapat menjadi alternatif laboratorium virtual yang efektif untuk memperkuat literasi sains siswa. Pendekatan ini juga mempertimbangkan tantangan atau kemungkinan kendala dalam implementasi, seperti kesiapan guru dan infrastruktur digital, agar dapat diadaptasi secara realistis di berbagai kondisi sekolah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Literasi Sains dan Tantangan Pembelajaran di SMP

Literasi sains merupakan salah satu kompetensi kunci dalam pendidikan sains modern. Menurut OECD (2019), literasi sains mencakup kemampuan untuk menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, serta menafsirkan data dan bukti ilmiah. Menjelaskan fenomena ilmiah, artinya siswa mampu memahami konsep dan proses ilmiah untuk menjelaskan peristiwa di alam atau kehidupan sehari-hari. Contohnya, di Indonesia siswa sering kesulitan menggabungkan materi dengan kehidupan nyata, artinya aspek ini masih lemah. Kemudian Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, Aspek ini mengacu pada kemampuan siswa untuk mengembangkan eksperimen atau kegiatan inkuiri ilmiah, serta menilai validitas metode dan hasilnya. Literasi sains mencakup kemampuan untuk mengolah, membaca, dan menarik kesimpulan dari data atau bukti ilmiah, baik dalam bentuk tabel, grafik, atau hasil pengamatan. Di Indonesia, tantangan utama dalam peningkatan literasi sains terletak pada pendekatan pembelajaran yang masih didominasi metode ceramah dan hafalan konsep. Penelitian nasional menunjukkan bahwa siswa SMP kesulitan memahami konsep abstrak dan seringkali tidak mampu mengaitkan materi sains dengan kehidupan sehari-hari (Aina & Hariyono, 2023). Oleh karena itu, dibutuhkan media pembelajaran yang mampu memfasilitasi pengalaman belajar eksploratif dan kontekstual.

Sebagai solusi, penulis berpandangan bahwa peningkatan literasi sains di SMP harus dimulai dari perubahan paradigma pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai pusat aktivitas belajar. Artinya, guru tidak hanya menyampaikan materi, tetapi juga menciptakan lingkungan belajar yang memungkinkan siswa bertanya, mencoba, dan menarik kesimpulan sendiri. Pemanfaatan media yang bersifat eksploratif seperti PhET harus disertai dengan pendekatan reflektif dan partisipatif yang membiasakan siswa mengkaji konsep melalui pengalaman nyata dan diskusi kelompok.

2. Potensi PhET sebagai Media Interaktif

Simulasi PhET dikembangkan oleh *University of Colorado Boulder* dengan tujuan untuk mendukung pembelajaran sains melalui visualisasi interaktif. Dalam beberapa studi internasional, PhET terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterlibatan belajar, serta berpikir kritis siswa. Di tingkat nasional, penelitian oleh Kristianto et al. (2023), Rahmah et al. (2024), dan Muna et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan

PhET di kelas VIII SMP meningkatkan hasil belajar dan aktivitas belajar siswa secara signifikan. Simulasi ini sangat cocok digunakan dalam pendekatan berbasis inkuiri, karena memungkinkan siswa melakukan eksplorasi, membuat prediksi, dan merefleksikan hasil secara mandiri.

Simulasi PhET dapat membantu menyajikan topik-topik terkini, memperkuat pemikiran, dan membangun konsep atau keterampilan (Prameswari & Islami, 2019). Pembelajaran dengan menggunakan simulasi juga sejalan dengan tuntutan pembelajaran berbasis teknologi yang berkembang dalam situasi pendidikan. Simulasi PhET ini hanya dalam fasilitas penelitian virtual. Belum ada informasi tentang cara menggunakannya, hal inilah yang mendasari peneliti untuk menggunakan simulasi PhET pada materi sistem tata surya dan gerakan planet, sekaligus mengembangkan media pembelajaran untuk mengetahui apakah pembelajaran berbasis PhET efektif membantu siswa dalam memahami konsep dasar yang abstrak dan meningkatkan literasi sains siswa.

Penulis percaya bahwa kekuatan utama PhET terletak pada kemampuannya memfasilitasi pola pikir ilmiah siswa sejak dini. Dalam praktiknya, guru dapat memanfaatkan PhET sebagai sarana untuk menumbuhkan rasa ingin tahu, membangun hipotesis, dan menguji konsep secara langsung melalui eksperimen digital. Agar lebih optimal, PhET sebaiknya tidak berdiri sendiri, melainkan diintegrasikan ke dalam model Learning cycle 7E yang memberi ruang bagi eksplorasi, tanya jawab terbuka, dan pengembangan ide secara kolaboratif.

3. Simulasi PhET dan Model *Learning Cycle 7E*

PhET (*Physics Education Technology*) merupakan media pembelajaran berbasis simulasi yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa melalui eksplorasi virtual dan interaktivitas (McKagan et al., 2008). PhET adalah platform yang memberikan simulasi interaktif yang memungkinkan siswa untuk menyelidiki konsep-konsep dalam materi fisika, kimia, biologi, dan materi lainnya. Dengan visualisasi yang menarik dan mudah dipahami, PhET memungkinkan siswa untuk menyaksikan fenomena ilmiah yang sulit difahami dalam kehidupan nyata. Salah satu simulasi yang relevan yaitu untuk materi Sistem Tenaga Surya dan Pergerakan Planet adalah Sistem Tenaga Surya, yang memungkinkan siswa untuk mengontrol posisi planet, kecepatan orbit, dan massa benda langit lainnya untuk menyaksikan perubahan dalam pergerakannya.

Model siklus belajar 7E (*Learning Cycle*) merupakan model pembelajaran yang dapat menghubungkan pengetahuan awal peserta didik untuk membentuk pengetahuan baru melalui tujuh tahapan yang saling berkaitan, sehingga memudahkan peserta didik untuk memahami konsep yang dipelajarinya dan menerapkannya pada soal-soal latihan, serta menghubungkannya dengan contoh dalam kehidupan sehari-hari. Model ini memiliki tujuh tahapan, yaitu *Engage* (Menggugah Perhatian), *Explore* (Mengeksplorasi), *Explain* (Menjelaskan), *Elaborate* (Menerapkan Konsep), *Evaluate* (Menilai), *Extend* (Memperluas Pemahaman), dan *Evaluate-Reflection* (Refleksi). Setiap tahapan dalam model siklus belajar 7E memiliki fungsi khusus yang dimaksudkan untuk memberikan kontribusi pada proses pembelajaran dan dikaitkan dengan asumsi tentang aktivitas mental dan fisik peserta didik serta strategi yang digunakan oleh pendidik.

Salah satu kelebihan model siklus belajar menurut (Shoimin, 2021) adalah meningkatkan motivasi belajar karena peserta didik terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Selain itu, pembelajaran inkuiri eksplisit untuk meningkatkan keterampilan literasi sains dengan bantuan teknologi memegang peranan yang sangat penting dalam pendidikan.

4. Integrasi PhET dalam Model *Learning Cycle 7E*

Integrasi PhET dalam pembelajaran tidak sekadar menampilkan simulasi, tetapi harus didesain sebagai bagian dari alur belajar aktif. Model pembelajaran seperti *Problem*

Based Learning (PBL), *Project-Based Learning* (PJBL), dan *Learning Cycle 7E* terbukti efektif saat dikombinasikan dengan PhET (Winda et al., 2023). Dalam konteks ini, PhET berfungsi sebagai media eksplorasi konsep, bukan hanya alat bantu visual (Abadi et al., 2025). Dalam kerangka konseptual yang ditawarkan penulis, PhET bukan hanya pelengkap, tetapi harus menjadi elemen sentral dalam skenario pembelajaran interaktif. Untuk itu, guru perlu diberikan panduan dan contoh rencana pembelajaran terstruktur yang mengintegrasikan simulasi PhET dengan kegiatan eksploratif. Dengan kegiatan eksploratif sesuai dengan model *Learning Cycle 7E*. Misalnya, mengintegrasikan simulasi PhET pada materi Sistem tata surya dan pergerakan planet.

Fase *Engage* (membangkitkan rasa ingin tahu) Pada tahap ini, tujuan utamanya adalah menarik perhatian siswa dan membangkitkan rasa ingin tahu mereka. Guru dapat memulai dengan pertanyaan reflektif seperti, "Bagaimana kita menggambarkan pergerakan planet mengelilingi matahari?" Siswa kemudian diberi kesempatan untuk mengeksplorasi simulasi Tata Surya PhET, di mana mereka dapat mengamati pergerakan planet dan interaksinya dengan matahari secara langsung. Aktivitas ini mengarahkan siswa untuk menjelaskan fenomena ilmiah secara mandiri, sesuai dengan indikator pertama literasi sains.

Fase *Explore*, siswa diberi kesempatan untuk memanipulasi variabel dalam simulasi (seperti mengubah massa planet atau jarak orbit), lalu mengamati dampaknya terhadap gerak planet. Tahap ini menumbuhkan kemampuan mereka dalam merancang dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, sesuai indikator kedua. Di sinilah siswa belajar mengembangkan hipotesis dan menguji hubungan antar variabel.

Fase *Explain*, Setelah eksplorasi, siswa diminta menyampaikan temuan mereka dan mendiskusikannya dalam konteks konsep sains seperti gaya gravitasi dan hukum Newton. Pada tahap ini, siswa mengembangkan penjelasan ilmiah berbasis data, sekaligus menginterpretasi hasil pengamatan dari simulasi yang digunakan—merujuk pada indikator ketiga.

Fase *Elaborate*, siswa siswa diarahkan menerapkan konsep dalam konteks baru atau kompleks. Contohnya, membandingkan lintasan planet dalam kondisi variabel berbeda, lalu membuat kesimpulan dan menyusun presentasi ilmiah. Aktivitas ini memperkuat pemahaman lintas situasi, serta melatih kemampuan berpikir kritis dan komunikatif, yang merupakan bagian integral dari literasi ilmiah.

Fase *Evaluate* (Menilai) siswa dinilai tidak hanya dari jawaban akhir, tetapi dari proses berpikir ilmiah mereka misalnya menjelaskan dampak perubahan gaya gravitasi terhadap lintasan orbit. Evaluasi ini dapat mengukur kedalaman pemahaman dan ketepatan interpretasi data, mengacu pada indikator OECD.

Fase *Extend* (Memperluas Pemahaman) Siswa didorong untuk menghubungkan pengetahuan yang telah dipelajarinya dengan fenomena yang lebih kompleks. Misalnya, siswa dapat diajak untuk memahami pergerakan komet atau asteroid di tata surya. Siswa dapat menggunakan simulasi untuk memodelkan pergerakan benda langit lainnya dan memprediksi bagaimana benda tersebut berinteraksi dengan planet dan matahari. Dengan memperluas pemahamannya, siswa dapat melihat penerapan konsep gravitasi dan gerak planet dalam konteks yang lebih luas.

Fase *Value-Reflection* (Refleksi) Pada tahap akhir ini, siswa diberi kesempatan untuk melakukan refleksi terhadap apa yang telah dipelajarinya. Guru dapat mengajukan pertanyaan reflektif seperti, "Bagaimana gravitasi memengaruhi pergerakan planet?" atau "Apa yang dapat kita pelajari dari percobaan ini tentang hubungan antara jarak dan kecepatan orbit planet?" Refleksi ini memungkinkan siswa untuk mengonsolidasikan pengetahuan mereka dan mengaitkannya dengan pengalaman sehari-hari atau fenomena alam yang lebih luas.

5. Tantangan dan Solusi Implementasi PhET di Sekolah

Walaupun PhET memiliki banyak keunggulan, penerapannya di SMP Indonesia tidak lepas dari tantangan. Studi oleh Verdian et al. (2021) menyebutkan bahwa kendala utama adalah keterbatasan infrastruktur digital dan kesiapan guru. Selain itu, belum semua guru memiliki kompetensi dalam mendesain pembelajaran berbasis simulasi. Oleh karena itu, pelatihan profesional dan dukungan kebijakan sangat dibutuhkan untuk memastikan keberhasilan integrasi PhET. Studi oleh Sebatana & Dudu (2022) dan Banda & Nzabahimana (2021) mendukung pentingnya pelatihan guru dan strategi pengajaran berbasis inquiry agar penggunaan PhET benar-benar berdampak pada pembelajaran sains.

Dari sudut pandang penulis, langkah penting yang bisa dilakukan adalah membangun sistem pendampingan atau komunitas belajar bagi guru untuk berbagi praktik baik penggunaan PhET. Selain pelatihan teknis, dibutuhkan ruang refleksi dan kolaborasi antara guru untuk merancang pembelajaran kontekstual sesuai dengan kebutuhan lokal. Dalam jangka panjang, diperlukan sinergi dan kolaborasi antara sekolah, pemerintah, dan penyedia teknologi pendidikan agar simulasi seperti PhET dapat terintegrasi dalam kebijakan pendidikan nasional.

KESIMPULAN

Integrasi simulasi PhET ke dalam pembelajaran sistem tata surya dan gerakan planet melalui model Learning Cycle 7E menawarkan pendekatan konseptual yang inovatif untuk meningkatkan literasi sains siswa SMP. PhET tidak hanya berperan sebagai media bantu visual, tetapi sebagai komponen inti dalam pembelajaran berbasis eksplorasi dan inkuiri ilmiah. Setiap tahapan dalam model Learning Cycle 7E memberikan kerangka pedagogis yang sistematis untuk memfasilitasi keterlibatan aktif siswa dalam membangun pemahaman konseptual, berpikir kritis, serta mengembangkan keterampilan proses sains melalui pengalaman belajar yang bermakna. Hasil kajian konseptual menunjukkan bahwa penggunaan PhET dapat menjadi solusi atas keterbatasan laboratorium fisik dan pembelajaran konvensional yang minim interaktivitas, serta mampu menjembatani kesenjangan pemahaman terhadap konsep-konsep abstrak dalam sains. Untuk itu, diperlukan dukungan kebijakan pendidikan, pelatihan guru, dan penguatan infrastruktur digital agar pemanfaatan PhET dapat diimplementasikan secara efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- ‘Aini, K., & Avkarinah, Z. I. (2024). Implementasi Simulasi Interaktif PhET Dalam Pembelajaran Muatan Pada Benda di SMP: Tinjauan Terhadap Efektivitas Siswa. *Jurnal Pendidikan*, 9(2), 3185–3200. <https://doi.org/10.23969/jp.v9i2.13860>
- Abadi, A., Novalia, I., Nazwa, M., & Angelica, S. R. (2025). Analisis Penggunaan PhET Simulation Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Suhu Dan Kalor: A Review Literatur. *Sindoro: Cendikia Pendidikan*, 13(5), 71–80. <https://doi.org/10.9644/sindoro.v13i5.11953>
- 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(2), 56–65. <https://doi.org/10.58706/jipp.v1n2.p56-65>
- Antonio, R. P., & Castro, R. R. (2023). Effectiveness Of Virtual Simulations In Improving Secondary Students’ Achievement In Physics: A Meta-Analysis. *International Journal of Instruction*, 16(2), 533-556. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16229a>
- 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), 023108(18). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Fitria, N., Aziizi, M. K. R., Hardoyo, T., Supriadi, B., Harjianto, A., & Junaidi, M. R. (2023). Penggunaan PhET Simulation Untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Siswa SMP Islam Panggul. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 428-438. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3394>
- Gani, A., Syukri, M., Khairunnisak, K., Nazar, M., & Sari, R. P. (2020). Improving Concept Understanding And Motivation Of Learners Through PhET Simulation Word. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567, 042013. 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042013>
- Kristianto, K., Ki`iO. A., & Dewa, E. (2023). Penerapan Simulasi PhET Sebagai Virtual Laboratorium Pada Materi Getaran, Gelombang Dan Bunyi Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Aktivitas Belajar Peserta Didik Kelas VIII SMP Negeri 3 Kupang. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 1(1), 37-44. <https://doi.org/10.30822/magneton.v1i1.2046>
- McKagan, S. B., Perkins, K. K., Dubson, M., Malley, C., Reid, S., LeMaster, R., & Wieman, C. E. (2008). Developing And Researching PhET Simulations For Teaching Quantum Mechanics. *American Journal of Physics*, 76(4), 406–417. <https://doi.org/10.1119/1.2885190>
- Muna, A. K., Tandililing, E., & Oktavianty, E. (2023). Penerapan Media Pembelajaran Menggunakan PhET Simulation Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Inovasi Penelitian dan Pembelajaran Fisika (JIPPF)*, 4(1), 15–23. <https://doi.org/10.26418/jippf.v4i1.55564>
- Muyasaroh, H., Anggraeni, C. D., Sanaya, N. N. A., Yuswanti, I. D., Mucharromah, R., & Yusmar, F. (2025). Peningkatan Keterampilan STEM Siswa Melalui Pembelajaran IPA Interaktif Dengan Aplikasi PhET. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 7(1). 475-489. <https://doi.org/10.29100/v7i1.5916>
- 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>
- OCED. (2019). PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know And Can Do. OCED Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. (2022). PISA 2018 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education . OECD _ Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html
- OCED. (2023) Technology-Driven Education Reform In Indonesia – OCED. <https://repositori.kemdikbud.go.id/30538/1/Indonesias-K-12-Education-Quality-Improvement-English-05122023.pdf>
- Prameswari, S. D., & Islami, F. H. (2019). Penerapan eksperimen virtual PhET terhadap model pembelajaran Poe2We pada tumbukan untuk melatih keterampilan proses sains. https://osf.io/preprints/inarxiv/29jsk/29jsk_v1
- Rahmah, A., Karlimah, K., & Apriyani, I. (2024). Efektivitas Media Phet Simulation Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(2), 56-62. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10470801>
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The Learning Effects Of Computer Simulations In Science Education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Sebatana, M. J., & Dudu, W. T. (2022). Enhancing Grade 10 Physical Sciences Teachers' Self-Directedness In Implementing Blended Problem-Based Learning. *Science Education*

- International*, 33(4), 427–437. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i4.11>
- Shoimin, A. (2021). 68 model pembelajaran inovatif dalam kurikulum 2013. <https://jipfi.uho.ac.id/index.php/journal>
- Verdian, F., Jadid, M. A., & Rahmani, M. N. (2021). Studi Penggunaan Media Simulasi PhET Dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika (JPIF)*, 1(2), 39–44. <https://doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1448>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations That Enhance Learning. *Science*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- 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>