

IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN BERBASIS LITERASI SAINS PISA 2025 BERBANTUAN VIRTUAL LAB PHET BAGI MAHASISWA CALON GURU SD

Siti Zahra Mulianti Natsir
PGSD FIP Universitas Negeri Makassar
siti.zahra.mulianti@unm.ac.id

ABSTRACT

This study aimed to describe the implementation of science literacy-based learning assisted by the PhET Virtual Lab on the topic of dynamic electricity, designed in accordance with the PISA 2025 framework. The study employed a descriptive quantitative method involving 96 PGSD students from three classes at a Teacher Education Institution (LPTK) in Makassar City. The learning activities included case analysis, virtual experiments, the development of educational posters, and community outreach activities. Data were collected using a learning implementation observation sheet and analyzed descriptively using percentages. The results indicated that all stages of the learning process were implemented very well and successfully facilitated the integration of scientific competencies, scientific knowledge, environmental science, and science identity within a unified learning experience. These findings suggest that science literacy-based learning assisted by the PhET Virtual Lab has the potential to serve as a relevant instructional strategy for supporting the implementation of the PISA 2025 framework in the education of prospective elementary school teachers.

Keywords: Scientific Literacy-Based Learning; PISA 2025; PhET Virtual Lab.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan pelaksanaan pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan Virtual Lab PhET pada materi listrik dinamis yang dirancang mengacu pada kerangka PISA 2025. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang melibatkan 96 mahasiswa PGSD dari tiga kelas pada salah satu Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK) di Kota Makassar. Rangkaian kegiatan pembelajaran meliputi analisis kasus, percobaan *virtual*, penyusunan poster edukasi, dan sosialisasi kepada masyarakat. Data dikumpulkan menggunakan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan dianalisis secara deskriptif menggunakan persentase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh tahapan pembelajaran terlaksana dengan sangat baik dan mampu memfasilitasi pengintegrasian komponen kompetensi sains, pengetahuan sains, *environmental science*, dan *science identity* dalam satu kesatuan aktivitas pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan Virtual Lab PhET berpotensi menjadi strategi pembelajaran yang relevan untuk mendukung implementasi kerangka PISA 2025 pada pendidikan calon guru sekolah dasar.

Kata Kunci: Pembelajaran Berbasis Literasi Sains; PISA 2025; *Virtual Lab PhET*

A. Pendahuluan

Perkembangan isu lingkungan, kemajuan teknologi, dan derasnya arus informasi menuntut individu memiliki kemampuan untuk memahami, menilai, dan menggunakan pengetahuan ilmiah secara tepat dalam berbagai konteks kehidupan. Sejalan dengan perkembangan tersebut, kerangka *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2025 memperluas cakupan literasi sains dengan menekankan pengembangan kompetensi sains, pengetahuan sains, *environmental science*, dan *science identity* sebagai capaian utama pendidikan sains (OECD, 2023). Kerangka ini menunjukkan bahwa pembelajaran sains tidak lagi berorientasi pada penguasaan konsep semata, tetapi juga pada kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah untuk menghadapi berbagai tantangan sosial dan lingkungan yang semakin kompleks (White et al., 2023).

Salah satu materi yang memiliki keterkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari adalah listrik dinamis. Konsep arus listrik, tegangan, hambatan, dan rangkaian listrik menjadi dasar dalam memahami

penggunaan berbagai perangkat elektronik yang digunakan masyarakat. Namun demikian, materi listrik dinamis sering dianggap sulit dipahami karena sebagian besar konsepnya bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung (Budiarti et al., 2025). Kesulitan dalam memvisualisasikan aliran arus listrik maupun hubungan antar komponen rangkaian menyebabkan mahasiswa berpotensi mengalami miskonsepsi dan kesalahan dalam memahami konsep kelistrikan (Sahwa, 2025). Kondisi tersebut menjadi tantangan tersendiri dalam pembelajaran IPA, khususnya bagi mahasiswa PGSD yang dipersiapkan sebagai calon guru sekolah dasar.

Pembelajaran yang masih didominasi penyampaian materi secara teoritis sering kali belum mampu memberikan pengalaman belajar yang memungkinkan mahasiswa melakukan investigasi ilmiah secara langsung. Padahal, pengembangan kompetensi sains sebagaimana ditekankan dalam PISA 2025 memerlukan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses penyelidikan, pengumpulan data, interpretasi bukti, serta pengambilan keputusan berbasis informasi ilmiah

(OECD, 2023). Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang dapat memfasilitasi mahasiswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep abstrak secara lebih konkret dan interaktif.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah pemanfaatan *Virtual Lab PhET* (Physics Education Technology). PhET menyediakan simulasi interaktif yang memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen virtual, memanipulasi variabel, mengamati perubahan yang terjadi, serta membangun pemahaman konsep melalui proses eksplorasi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PhET mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan proses sains, motivasi belajar, dan literasi sains peserta didik pada berbagai jenjang pendidikan (Mohamad et al., 2023; Natsir et al., 2025; Tirta et al., 2025). Pada materi listrik dinamis, simulasi *Circuit Construction Kit* memungkinkan mahasiswa membangun dan memodifikasi rangkaian listrik secara mandiri sehingga konsep-konsep yang abstrak dapat divisualisasikan dengan lebih jelas (Solihat et al., 2025).

Dalam penelitian ini, pembelajaran berbasis literasi sains tidak hanya difokuskan pada pengembangan kompetensi dan pengetahuan sains melalui investigasi menggunakan *Virtual Lab PhET*, tetapi juga mengintegrasikan dimensi *environmental science* dan *science identity* yang menjadi karakteristik baru dalam kerangka PISA 2025. Dimensi *environmental science* diwujudkan melalui kegiatan penyusunan poster edukasi hemat energi listrik yang menghubungkan konsep listrik dinamis dengan isu keberlanjutan lingkungan. Sementara itu, dimensi *science identity* dikembangkan melalui kegiatan sosialisasi poster kepada masyarakat sehingga mahasiswa berperan sebagai agen literasi sains yang mengomunikasikan pengetahuan ilmiah kepada lingkungan sekitarnya (White et al., 2023; Kurdiati et al., 2024).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penggunaan PhET dalam meningkatkan hasil belajar, pemahaman konsep, maupun literasi sains peserta didik (Dy et al., 2024; Rahmawati, 2024; Riastuti et al., 2024; Sahwa, 2025). Namun, penelitian yang

mengimplementasikan pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan *Virtual Lab PhET* dengan mengacu pada kerangka PISA 2025, khususnya yang mengintegrasikan kompetensi sains, pengetahuan sains, *environmental science*, dan *science identity* melalui kegiatan edukasi serta sosialisasi kepada masyarakat pada materi listrik dinamis masih terbatas (Deta et al., 2024).

Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai implementasi pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan *Virtual Lab PhET* berdasarkan kerangka PISA 2025 bagi mahasiswa PGSD. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan *Virtual Lab PhET* pada materi listrik dinamis berdasarkan kerangka PISA 2025 bagi mahasiswa PGSD.

B. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan *Virtual Lab PhET* pada

materi listrik dinamis berdasarkan kerangka PISA 2025. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun akademik 2025/2026 di Jurusan Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) salah satu Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK) di Kota Makassar. Subjek penelitian terdiri atas 96 mahasiswa yang berasal dari tiga kelas mata kuliah Konsep Dasar IPA.

Pembelajaran dirancang mengacu pada komponen literasi sains dalam kerangka PISA 2025 yang meliputi kompetensi sains, pengetahuan sains, *environmental science*, dan *science identity*. Implementasi pembelajaran dilakukan melalui kegiatan investigasi konsep listrik dinamis menggunakan *Virtual Lab PhET*, penyusunan poster edukasi hemat energi listrik, serta sosialisasi poster kepada masyarakat sebagai bentuk penerapan pengetahuan sains dalam konteks kehidupan nyata.

Data penelitian diperoleh melalui lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran yang disusun berdasarkan indikator pada masing-masing komponen literasi sains PISA 2025. Instrumen observasi digunakan untuk menilai keterlaksanaan aktivitas

pembelajaran pada aspek kompetensi sains, pengetahuan sains, *environmental science*, dan *science identity* selama proses pembelajaran berlangsung.

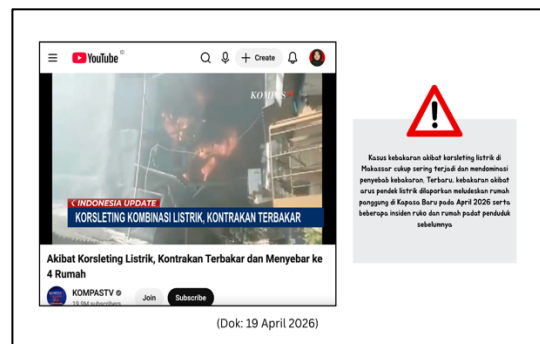
Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase keterlaksanaan setiap indikator. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk mendeskripsikan tingkat keterlaksanaan pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan Virtual Lab PhET pada materi listrik dinamis berdasarkan kerangka PISA 2025.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Hasil

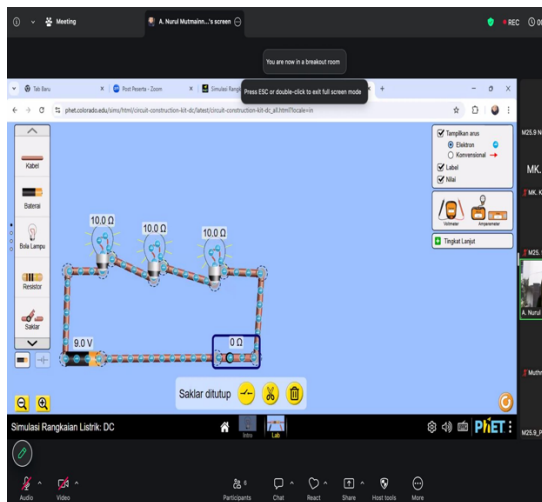
Implementasi pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan Virtual Lab PhET pada materi listrik dinamis dilaksanakan pada tiga kelas mahasiswa Program Studi PGSD dengan jumlah peserta sebanyak 96 mahasiswa. Pembelajaran dirancang berdasarkan komponen literasi sains dalam kerangka PISA 2025. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan secara daring menggunakan Zoom Meeting dan berlangsung dalam empat tahapan utama, yaitu orientasi

masalah, investigasi menggunakan Virtual Lab PhET, penyusunan poster edukasi hemat energi listrik, dan sosialisasi kepada masyarakat.



Gambar 1. Tampilan *slide* bahan tayang

Pada tahap awal, dosen menyajikan fenomena korsleting listrik yang sering terjadi di lingkungan rumah tangga akibat penggunaan peralatan listrik yang tidak tepat. Salah satu kasus yang diangkat adalah kebiasaan membiarkan *charger* telepon seluler tetap terhubung pada stop kontak meskipun tidak digunakan. Mahasiswa diminta mengidentifikasi kemungkinan penyebab terjadinya korsleting serta menghubungkannya dengan konsep arus listrik, tegangan, hambatan, dan penggunaan energi listrik. Kegiatan ini bertujuan membangun rasa ingin tahu mahasiswa sekaligus mengaitkan materi listrik dinamis dengan permasalahan nyata yang dekat dengan kehidupan sehari-hari.



Gambar 2. Implementasi investigasi listrik dinamis menggunakan Virtual Lab PhET melalui Zoom Meeting

Setelah orientasi masalah, mahasiswa dibagi ke dalam beberapa kelompok dan ditempatkan pada *breakout room* sesuai kelompok masing-masing melalui Zoom Meeting. Setiap kelompok melakukan investigasi menggunakan simulasi *Circuit Construction Kit* pada *Virtual Lab PhET*. Mahasiswa membangun berbagai konfigurasi rangkaian listrik, mengubah nilai hambatan, mengamati perubahan arus dan tegangan, serta mencatat hasil pengamatan pada lembar kerja yang telah disediakan.

Selama kegiatan berlangsung, dosen berperan sebagai fasilitator dengan mengunjungi setiap *breakout room* untuk memberikan arahan dan membantu mahasiswa dalam menginterpretasikan hasil simulasi. Melalui kegiatan investigasi tersebut,

mahasiswa memperoleh pengalaman belajar yang memungkinkan mereka melakukan eksplorasi, pengumpulan data, dan penarikan kesimpulan berdasarkan bukti yang diperoleh dari simulasi.

Tahap berikutnya difokuskan pada implementasi dimensi *environmental science*. Setelah memahami konsep listrik dinamis dan penggunaan energi listrik, mahasiswa diminta mengidentifikasi berbagai perilaku yang berpotensi menyebabkan pemborosan energi listrik di lingkungan rumah tangga. Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, mahasiswa menyusun poster edukasi yang memuat pesan-pesan mengenai penggunaan energi listrik secara aman, efisien, dan ramah lingkungan.



Gambar 3. Salah satu karya poster mahasiswa

Poster yang dihasilkan memuat berbagai topik seperti pentingnya mematikan peralatan listrik yang tidak digunakan, penggunaan lampu hemat energi, pencabutan *charger* setelah digunakan, serta upaya mengurangi konsumsi listrik untuk mendukung keberlanjutan lingkungan. Kegiatan ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menghubungkan konsep-konsep listrik dinamis dengan isu lingkungan yang nyata.

Sebagai implementasi dimensi *science identity*, mahasiswa melakukan sosialisasi poster edukasi hemat energi listrik kepada masyarakat. Pada kegiatan ini mahasiswa menjelaskan isi poster, menyampaikan informasi mengenai penggunaan energi listrik yang aman dan efisien, serta mengajak masyarakat menerapkan perilaku hemat energi dalam kehidupan sehari-hari.

Kegiatan sosialisasi memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa untuk berkomunikasi dengan masyarakat menggunakan pengetahuan ilmiah yang telah dipelajari selama perkuliahan. Melalui kegiatan tersebut, mahasiswa tidak hanya berperan sebagai peserta didik tetapi juga sebagai agen literasi sains

yang berkontribusi dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap penggunaan energi listrik yang bijak.



Gambar 4. Sosialisasi poster edukasi hemat energi listrik kepada masyarakat

Lebih lanjut, hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa seluruh tahapan pembelajaran dapat terlaksana dengan baik. Kegiatan orientasi masalah, investigasi menggunakan Virtual Lab PhET, diskusi kelompok pada *breakout room*, penyusunan poster edukasi, hingga sosialisasi kepada masyarakat berlangsung sesuai dengan rancangan pembelajaran yang telah disusun. Persentase keterlaksanaan pembelajaran berdasarkan komponen literasi sains PISA 2025 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterlaksanaan Pembelajaran Berdasarkan Komponen Literasi Sains PISA 2025

Komponen PISA 2025	Persentase (%)	Kategori
Kompetensi Sains	95	Sangat Baik
Pengetahuan Sains	90	Sangat Baik
<i>Environmental Science</i>	91	Sangat Baik
<i>Science Identity</i>	96	Sangat Baik
Rata-rata	93	Sangat Baik

Secara umum, implementasi pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan Virtual Lab PhET pada materi listrik dinamis terlaksana dengan sangat baik dan mampu mengakomodasi seluruh komponen literasi sains dalam kerangka PISA 2025.

2. Pembahasan

Penggunaan kasus korsleting listrik yang sering terjadi akibat charger yang tetap terhubung ke stop kontak berhasil menarik perhatian mahasiswa sejak awal pembelajaran. Fenomena yang dekat dengan kehidupan sehari-hari tersebut mendorong mahasiswa untuk mengidentifikasi penyebab masalah, mengemukakan dugaan awal, dan merumuskan pertanyaan investigasi yang akan diuji melalui simulasi PhET.

Kegiatan ini menunjukkan bahwa penyajian masalah kontekstual mampu menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna karena mahasiswa dapat menghubungkan konsep listrik dinamis dengan situasi nyata yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari (Sakul et al., 2025; Zhakypova & Sydykova, 2021).

Selanjutnya, melalui investigasi yang dilakukan secara kolaboratif dalam *breakout room* Zoom Meeting, mahasiswa memperoleh kesempatan untuk mengevaluasi berbagai kemungkinan penyebab korsleting berdasarkan hasil pengamatan dan bukti yang diperoleh dari simulasi. Temuan ini sejalan dengan kerangka PISA 2025 yang menempatkan kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi penyelidikan, dan menggunakan bukti ilmiah sebagai kompetensi utama dalam literasi sains (OECD, 2023).

Aktivitas investigasi menggunakan *Circuit Construction Kit* pada Virtual Lab PhET memberikan pengalaman belajar yang memungkinkan mahasiswa membangun pemahaman konsep melalui proses eksplorasi secara langsung. Mahasiswa dapat memodifikasi nilai hambatan,

mengubah konfigurasi rangkaian, mengamati perubahan arus dan tegangan, serta membandingkan hasil yang diperoleh pada berbagai kondisi rangkaian (Budiarti et al., 2025). Proses tersebut tidak hanya membantu mahasiswa memahami konsep-konsep dasar listrik dinamis, tetapi juga memperkenalkan cara kerja penyelidikan ilmiah yang memanfaatkan data sebagai dasar penyusunan kesimpulan. Kemudahan dalam memanipulasi variabel dan mengulang percobaan menjadikan simulasi PhET sebagai sarana yang efektif untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak yang sulit diamati secara langsung (Sari, 2025; Sopari et al., 2024). Hasil penelitian ini memperkuat temuan berbagai studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa laboratorium virtual berbasis PhET mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan proses sains, dan kualitas pembelajaran pada materi kelistrikan maupun konsep-konsep sains lainnya (Sari, 2025; Saudelli et al., 2021; Sopari et al., 2024; Sulastri et al., 2025).

Keterkaitan antara konsep listrik dinamis dan isu keberlanjutan lingkungan tampak melalui kegiatan

penyusunan poster edukasi hemat energi listrik. Setelah memahami prinsip-prinsip dasar penggunaan energi listrik, mahasiswa diminta mengidentifikasi berbagai perilaku yang berpotensi menyebabkan pemborosan energi di lingkungan rumah tangga, kemudian menyusun pesan edukatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat. Kegiatan ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menerapkan pengetahuan ilmiah dalam konteks yang lebih luas dan relevan dengan kehidupan sehari-hari. Selain itu, mahasiswa juga belajar bahwa konsep-konsep yang dipelajari di kelas memiliki hubungan erat dengan berbagai permasalahan lingkungan yang dihadapi masyarakat. Temuan tersebut sejalan dengan orientasi environmental science dalam PISA 2025 yang menekankan pentingnya pemahaman terhadap isu lingkungan dan kemampuan menggunakan pengetahuan sains untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan (OECD, 2023; White et al., 2023).

Pengalaman belajar mahasiswa menjadi semakin bermakna ketika poster yang telah disusun digunakan dalam kegiatan sosialisasi kepada

masyarakat. Pada tahap ini mahasiswa menjelaskan informasi mengenai penggunaan energi listrik yang aman dan efisien serta mengajak masyarakat menerapkan perilaku hemat energi dalam kehidupan sehari-hari. Kegiatan sosialisasi memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menerapkan pengetahuan yang telah dipelajari sekaligus berinteraksi langsung dengan masyarakat sebagai penerima informasi. Keterlibatan peserta didik dalam aktivitas komunikasi sains dapat memperkuat pemahaman terhadap konsep yang dipelajari dan meningkatkan rasa percaya diri dalam menggunakan pengetahuan ilmiah untuk kepentingan sosial (Settle & Seitz, 2025; Suttiwan et al., 2025).

Pada kerangka PISA 2025, pengalaman berpartisipasi dalam aktivitas yang berkaitan dengan sains dan memberikan kontribusi terhadap masyarakat merupakan bagian dari pengembangan science identity (Deta et al., 2024; OECD, 2023). *Science identity* berkembang ketika individu tidak hanya memahami sains sebagai kumpulan konsep, tetapi juga memandang dirinya sebagai seseorang yang mampu

menggunakan pengetahuan sains untuk berkontribusi dalam penyelesaian permasalahan di lingkungan sekitar (Alkış Küçükaydın et al., 2025; Kim & Lim, 2025). Oleh karena itu, kegiatan sosialisasi yang dilakukan dalam penelitian ini tidak hanya memperkuat literasi sains mahasiswa, tetapi juga mendukung pembentukan identitas ilmiah sebagai calon guru sekolah dasar yang memiliki kepedulian terhadap isu energi dan lingkungan.

D. Kesimpulan

Pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan Virtual Lab PhET pada materi listrik dinamis berdasarkan kerangka PISA 2025 dapat diimplementasikan dengan sangat baik pada mahasiswa PGSD. Pembelajaran yang diawali dengan penyajian kasus korsleting listrik rumah tangga, dilanjutkan dengan investigasi kolaboratif menggunakan Virtual Lab PhET melalui Zoom Meeting dan *breakout room*, penyusunan poster edukasi hemat energi listrik, serta sosialisasi kepada masyarakat mampu mengakomodasi seluruh komponen literasi sains PISA 2025.

Kegiatan investigasi memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan penyelidikan ilmiah dan memahami konsep listrik dinamis secara lebih bermakna, sedangkan penyusunan poster dan kegiatan sosialisasi mendorong mahasiswa mengaitkan pengetahuan sains dengan isu lingkungan sekaligus berperan sebagai agen literasi sains di masyarakat. Dengan demikian, pembelajaran berbasis literasi sains berbantuan Virtual Lab PhET dapat menjadi alternatif pembelajaran yang mendukung implementasi kerangka PISA 2025 dalam pendidikan calon guru sekolah dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkış Küçükaydın, M., Akkanat Avşar, Ç., Ayaz, E., & Sayıcı, E. (2025). Predictors of science identity in primary school: epistemological beliefs, competency beliefs, and science learning experiences. *International Journal of Science Education*, 47(9), 1169–1191. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2361172>
- Budiarti, I. S., Logo, N., Gobay, M., Wombi, N., & Pamangin, W. W. (2025). The Analysis of Electric Circuit Studio-based Virtual Laboratory for Dynamic Electrical Material. *Impulse: Journal of Research and Innovation in Physics Education*, 5(2), 100–113. <https://doi.org/10.14421/impulse.2025.52-02>
- Deta, U. A., Ayun, S. K., Laila, L., Prahani, B. K., & Suprpto, N. (2024). PISA science framework 2018 vs 2025 and its impact in physics education: Literature review. *Momentum: Physics Education Journal*, 8(1), 95–107. <https://doi.org/10.21067/mpej.v8i1.9215>
- 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>
- Kim, J., & Lim, S. (2025). TYPES AND CHARACTERISTICS OF UNIVERSITY STUDENTS' SCIENCE IDENTITY. *Journal of Baltic Science Education*, 24(6), 1169. <https://doi.org/10.33225/jbse/25.24.1169>
- Mohamad, W. M., Mursalin, Odja, A. H., & Samatowa, L. (2023). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Gadget Menggunakan Google Classroom dan PhET untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa Pada Perkuliahan Fisika Dasar I. *Jurnal Normalita*, 11(2).
- Natsir, S. Z. M., Sahabuddin, E. S., & Syamsuddin, A. F. (2025). University Students' Responses'

- Towards The use Of PhET-Based Virtual Laboratory on The Basic of Science Concepts Course. *JSEP (Journal of Science Education and Practice)*, 9(1), 1. <https://journal.unpak.ac.id/index.php/jsep>
- OECD. (2023). *PISA 2025 Science Framework*.
- Rahmawati, I. D. (2024). PENGARUH MEDIA VIRTUAL PHET BERDIFERENSIASI GAYA BELAJAR TERHADAP LITERASI SAINS. *Jurnal Muara Pendidikan*, 9(2), 482–486. <https://doi.org/10.52060/mp.v9i2.2626>
- Riastuti, R. D., Wardianti, Y., & Rahmi. (2024). Efektivitas Penggunaan PhET Simulations dalam Meningkatkan Pemahaman Biologi Dasar Di Perguruan Tinggi. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.56670/jsrd.v6i2.778>
- Sahwa, S. (2025). Utilization of PhET Simulation to Improve Understanding of Electrical Concepts. *Scientica Education Journal*, 2(5), 39–46. <https://doi.org/10.62872/61kwz420>
- Sakul, R. A., Fobia, P., & Pane, E. E. (2025). Discovering the essence of scientific literacy: A historical–grammatical hermeneutic analysis of contextual learning in science education. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 745–760. <https://doi.org/10.24042/08h02874>
- Sari, D. R. (2025). Utilization of PhET Simulation to Understand Atomic Structure and Stability in Chemistry Learning. *Journal of Learning Spectrum*, 1(1), 9–16. <https://doi.org/10.63985/jols.v1i1.25>
- Saudelli, M. G., Kleiv, R., Davies, J., Jungmark, M., & Mueller, R. (2021). PhET Simulations in Undergraduate Physics: Constructivist Learning Theory in Practice. *52 Brock Education Journal*, 31(1), 52–69. <https://journals.library.brocku.ca/brocked>
- Settle, Q., & Seitz, H. (2025). Using Experiential Learning to Help Undergraduates Understand the Science of Science Communication. *NACTA Journal*, 69(1). <https://doi.org/10.56103/nactaj.v69i1.242>
- Solihat, D., Darmawan, D., Omonovich, K. D., Eshbekovich, U. J., & Rakhimovich, E. R. (2025). INTEGRATING PEER LEARNING AND INQUIRY CYCLE WITH PHET TO IMPROVE UNDERSTANDING OF DYNAMIC ELECTRICITY. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(2), 284–295. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v10i2.46140>
- Sopari, Kurnia Jayadinata, A., & Ismail, A. (2024). The role of PHET-based virtual laboratories on primary student motivation and conceptual understanding in the

- Energy Transformation concepts. *Research in Physics Education*, 3(1), 8–14. <https://doi.org/10.31980/ripe.v3i1.38>
- Sulastri, E., Farizi, Z. Al, & Rusdin, M. E. (2025). Effectiveness of PhET Simulation in Improving Students' Science Process Skills on Static Electricity Concept Material. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 13(3), 353. <https://doi.org/10.20527/bipf.v13i3.22685>
- Suttiwan, W., Choicharoen, T., Eliyawati, E., & Ardyansyah, A. (2025). Scientific Communication: An Opportunity for Enhancing Pre-service Science Teachers' Implementing Scientific Communication in School Contexts. *Journal of Science Learning*, 8(2), 156–163. <https://doi.org/10.17509/jsl.v8i2.81134>
- Tirta, I. G. Y. D., Astawan, I. G., & Trisiantari, N. K. D. (2025). Project-Based Learning Assisted by Virtual Practicals with the PhET Application as an Effort to Improve Scientific Attitudes and Literacy. *Indonesian Journal of Instruction*, 6(2), 449–461. <https://doi.org/10.23887/iji.v6i2.92518>
- White, P. J., Ardoin, N. M., Eames, C., & Monroe, M. C. (2023). *Agency in the Anthropocene* (OECD Education Working Papers, Vol. 297). <https://doi.org/10.1787/8d3b6cfa-en>
- Zhakypova, Z., & Sydykova, C. (2021). THE IMPORTANCE OF USING CONTEXTUAL LEARNING AS AN EFFECTIVE TEACHING METHOD. *Alatoo Academic Studies*, 21(3), 144–153. <https://doi.org/10.17015/aas.2021.213.16>