

Penerapan Simulasi Digital PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Konsep IPA pada Siswa Kelas Tinggi Sekolah Dasar

Rani Novianti, Anggita Nuraini, Zuhrotunnisa, Dewi Indrapangastuti

Universitas Sebelas Maret

noviantirani123@student.uns.ac.id

Article History

accepted 1/7/2026

approved 1/8/2026

published 21/9/2026

Abstract

Science education in elementary schools requires instructional media capable of visualizing abstract concepts in a concrete and engaging manner. However, in practice, students often remain passive and have limited opportunities for hands-on experimentation. PhET Interactive Simulations offer an alternative that provides an interactive learning experience through virtual experiments. This study aims to identify the challenges associated with implementing PhET Interactive Simulations in elementary science education and to analyze their effectiveness in enhancing students' understanding of science concepts. A literature review of 15 journals published between 2016 and 2025 was conducted to examine how the use of PhET contributes to students' conceptual understanding. The findings indicate that PhET simulations effectively help students grasp abstract science concepts through dynamic visualizations and virtual experiments, thereby improving learning outcomes, scientific literacy, and critical thinking skills. Furthermore, PhET simulations hold significant potential for supporting innovative science instruction. Nevertheless, challenges such as limited technological resources, low teacher digital literacy, and issues regarding student learning autonomy require attention.

Keywords: PhET digital simulation, science learning, conceptual understanding, elementary school students

Abstrak

Pembelajaran IPA di sekolah dasar menuntut media yang mampu memvisualisasikan konsep abstrak secara konkret dan menarik. Namun, dalam praktiknya siswa cenderung pasif dan terbatas dalam melakukan eksperimen langsung. PhET *Interactive Simulations* menjadi salah satu alternatif yang menawarkan pengalaman belajar interaktif melalui percobaan virtual. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan penerapan PhET *Interactive Simulations* dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar serta menganalisis efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konsep IPA siswa. Studi literatur ini menelaah 15 jurnal terbitan 2016–2025 untuk melihat bagaimana penggunaan PhET berkontribusi terhadap pemahaman konsep IPA siswa. Hasil kajian menunjukkan bahwa simulasi PhET efektif membantu siswa dalam memahami konsep-konsep IPA yang abstrak melalui visualisasi dinamis dan percobaan virtual sehingga meningkatkan hasil belajar, literasi sains, dan keterampilan berpikir kritis. Selain itu, simulasi PhET berpotensi kuat mendukung pembelajaran IPA yang inovatif. Namun, tantangan seperti keterbatasan perangkat teknologi, literasi digital guru yang rendah, dan kemandirian belajar siswa perlu mendapat perhatian.

Kata kunci: simulasi digital PhET, pembelajaran IPA, pemahaman konsep, siswa sekolah dasar



PENDAHULUAN

Pendidikan adalah salah satu aspek utama dalam kehidupan masyarakat yang berperan mempersiapkan individu agar mampu memberikan kontribusi bagi kemajuan masyarakat serta pembangunan negara (Widyasari et al., 2021). Sejalan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21, proses pembelajaran perlu menerapkan pendekatan *student-centered learning* yang menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran. Dalam konteks ini, peserta didik diminta untuk aktif dan membangun pemahaman bermakna secara mandiri. Selain itu, peserta didik juga didorong untuk kreatif, berpikir kritis, kolaboratif, dan komunikatif. Salah satu mata pelajaran yang berperan penting dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa yaitu Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Pembelajaran IPA dianjurkan untuk mengembangkan literasi sains, kemampuan berpikir kritis, serta keterampilan kolaboratif dan komunikatif melalui pendekatan yang aktif dan bermakna. Berdasarkan kerangka ini, pembelajaran IPA perlu menjembatani antara konsep abstrak dengan pengalaman konkret siswa melalui praktik ilmiah yang terstruktur, eksplorasi, dan evaluasi mandiri. Penelitian terkini menunjukkan bahwa keterampilan proses sains pada siswa dapat berkembang melalui pengalaman praktikum yang terarah, sehingga peran eksperimen dan observasi tetap relevan meskipun menghadapi keterbatasan sumber daya di sekolah dasar (Sulistiawati & Pratowo, 2021; AR & Efendi, 2024). Salah satu mata pelajaran penting dalam pendidikan dasar yang bertujuan untuk membantu siswa memahami fenomena alam dan mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah yaitu Ilmu Pengetahuan Alam (Cikal & Masruro, 2024).

Pembelajaran IPA tidak terlepas dari keterampilan proses sains, di mana peserta didik tetap harus melakukan praktikum untuk memahami atau membuktikan teori dan konsep-konsep yang ada (Sulistiawati & Prastowo, 2021). Melalui kegiatan ini, siswa dapat belajar mengamati, bereksperimen, dan menyimpulkan setiap kegiatan yang mereka lakukan. Namun, dalam praktiknya kegiatan pembelajaran IPA di sekolah masih mengalami beberapa kendala seperti dalam penyampaian metode pembelajaran yang masih menggunakan metode ceramah atau pembelajaran tanpa disertai dengan kegiatan praktik/ eksperimen. Hal ini cenderung membuat siswa pasif dan tidak terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran (AR & Efendi, 2024). Padahal pada jenjang kelas tinggi, siswa berada pada tahap berpikir operasional konkret menuju formal, dimana siswa mulai mampu memahami konsep yang lebih kompleks.

Di sisi lain, kemajuan teknologi dan informasi yang berkembang pesat dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran yang inovatif dan kontekstual. Pembelajaran IPA yang efektif membutuhkan metode dan media pembelajaran yang tepat untuk membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak dengan lebih mudah dan menarik (Cikal & Masruro, 2024). Selanjutnya, kemajuan teknologi informasi meniscayakan pemanfaatan media pembelajaran berbasis digital yang interaktif dan kontekstual. Pembelajaran yang bersifat interaktif dan berbasis multimedia makin mendapatkan perhatian dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar. Penelitian menunjukkan bahwa media interaktif bukan hanya menarik, tetapi juga dapat memperkuat pemahaman konsep fisika dasar dan eksperimen di kelas. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan media pembelajaran berbasis simulasi yang diharapkan dapat meningkatkan pemahaman siswa. Salah satunya dengan menggunakan simulasi PhET.

Physics Education Technology (PhET) Simulation merupakan sebuah aplikasi simulasi yang dirancang oleh Universitas Colorado untuk mendukung proses pembelajaran, khususnya dalam mata pelajaran IPA dan fisika (Yudiyanto, 2022). Media simulasi, khususnya PhET *Interactive Simulations* telah diidentifikasi sebagai salah satu solusi efektif untuk meningkatkan keterlibatan siswa serta pemahaman konseptual pada konsep fisika dasar melalui eksplorasi yang terstruktur (Yudiyanto, 2022; Roosyanti, 2022). Penelitian oleh Sulistiawati & Prastowo (2021) menunjukkan bahwa penggunaan media simulasi interaktif PhET *Interactive Simulations* juga dapat menjadi salah satu

solusi efektif untuk pembelajaran IPA Sekolah Dasar. Simulasi ini juga dirancang berdasarkan hasil penelitian pendidikan dan dilengkapi dengan fitur interaktif yang memungkinkan siswa untuk mencoba secara virtual dalam suasana yang mirip dengan dunia nyata (Simbolon et al., 2025). PhET *interactive simulations* memiliki tujuan untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran serta mendukung siswa dalam membangun pemahaman konseptual melalui kegiatan eksplorasi (Roosyanti, 2022). Jadi, simulasi PhET dapat digunakan sebagai salah satu solusi atau alternatif untuk meningkatkan pemahaman siswa.

Konteks lokal kebijakan pendidikan dan kebutuhan peserta didik SD di Indonesia, khususnya di daerah Kebumen, menuntut pendekatan pembelajaran yang tidak hanya menyampaikan konsep secara teoritis, tetapi juga relevan dengan kehidupan sehari-hari. Penggunaan PhET dapat menjadi strategi yang memungkinkan siswa mengamati fenomena alam, menguji variabel eksperimen secara bebas, serta mengembangkan literasi sains melalui aktivitas eksplorasi berstruktur yang terencana. Kendala implementasi seperti keterbatasan perangkat, konektivitas internet, dan waktu pembelajaran perlu diatasi melalui desain pembelajaran yang adaptif, misalnya penggunaan PhET secara *offline*, serta penyusunan lembar kerja yang memandu eksplorasi, pencatatan data, dan penarikan kesimpulan.

Ruang lingkup penelitian ini berfokus pada bagaimana penerapan PhET *Interactive Simulations* mempengaruhi pemahaman konsep IPA pada siswa sekolah dasar. Variabel pembelajaran yang dianalisis meliputi desain pembelajaran berbasis simulasi, durasi eksperimen, serta indikator pemahaman konsep dan keterampilan proses sains. Signifikansi penelitian ini terletak pada potensi peningkatan pemahaman siswa pada jenjang sekolah dasar. Kajian literatur terdahulu menunjukkan bahwa simulasi PhET memiliki dampak positif terhadap keterlibatan dan pemahaman konseptual siswa, meskipun penelitian pada tingkat sekolah dasar, khususnya dalam konteks variasi teknologi masih terbatas. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan PhET *Interactive Simulations* dalam meningkatkan pemahaman konsep Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan keterampilan proses sains pada siswa sekolah dasar, serta mengkaji tantangan yang terjadi sebagai bahan pertimbangan dalam merancang desain pembelajaran berbasis simulasi dalam mendukung pembelajaran IPA yang lebih interaktif, kontekstual, dan bermakna di lingkungan sekolah dasar.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*literatur review*). Metode studi literatur merupakan pendekatan yang dilakukan dengan cara mengumpulkan, menelaah, dan mengintegrasikan beberapa sumber informasi atau karya ilmiah yang relevan dan telah dipublikasikan sebelumnya (Jamaludin, et al., 2023). Sumber data atau informasi yang akan ditelaah diambil dari jurnal, buku, artikel ilmiah, laporan penelitian dan sumber relevan lainnya yang berkaitan dengan topik yang akan diteliti. Sumber data diperoleh dengan batas waktu publikasi antara tahun 2016-2025 untuk memastikan keterbaruan informasi. Studi literatur mengaji 15 jurnal relevan. Penyaringan literatur dilakukan melalui identifikasi topik dan penilaian kelayakan literatur berdasarkan kesesuaian pembahasan dengan fokus penelitian.

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan pencarian dan penelaahan literatur dengan kata kunci yang berkaitan dengan topik yang diteliti, yakni simulasi PhET, pembelajaran IPA SD, simulasi PhET di SD, dan penerapan simulasi PhET pada pembelajaran IPA pada basis data Google scholar. Teknik analisis data dilakukan melalui beberapa tahap yaitu pengumpulan data, reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Qomarudin & Sa'diyah, 2024). Data yang dianalisis berupa hasil penelitian mengenai penerapan simulasi digital PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep-konsep IPA pada siswa kelas tinggi sekolah dasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi PhET (Physics Education Technology) merupakan perangkat lunak interaktif berbasis sains yang dikembangkan oleh University of Colorado, Amerika Serikat. Simulasi ini mencakup berbagai model pembelajaran dalam bidang fisika, biologi, kimia, matematika, dan bumi untuk mendukung proses belajar di kelas maupun secara mandiri. Melalui penggunaan simulasi PhET, siswa dapat melakukan percobaan virtual yang menirukan peristiwa nyata, sehingga membantu mereka memahami konsep-konsep abstrak melalui penyajian yang menyajikan visual menarik dan interaktif (Fitriyani & Cahyaningsih, 2023). Simulasi PhET juga menyediakan fitur game disertai papan skor sehingga siswa dapat mengukur pemahaman konsep yang telah dibangun secara langsung sekaligus menjadikan motivasi agar siswa dapat belajar lebih seru dan menyenangkan (Sirait et al., 2023).

1. Tantangan Penerapan Simulasi Digital PhET pada Siswa Sekolah Dasar

Penerapan simulasi digital PhET dalam pembelajaran IPA siswa sekolah dasar dapat memberikan peluang yang besar untuk meningkatkan pemahaman konsep melalui visualisasi interaktif. Namun, dalam pengimplementasiannya, tidak terlepas dari berbagai tantangan yang harus diperhatikan demi tercapainya proses pembelajaran yang optimal baik itu bagi siswa, guru, maupun pihak sekolah.

Melalui penelitian Fauziyah et al. (2025), tantangan pertama yang sering muncul adalah keterbatasan infrastruktur teknologi di sekolah dasar, khususnya di daerah pedesaan. Beberapa sekolah belum memiliki perangkat seperti komputer, laptop, proyektor, dan koneksi internet yang memadai. Sejalan dengan hal tersebut, Yudiyanto et al. (2022) juga menjelaskan bahwa proses pembelajaran yang menggunakan gambar dan ilustrasi bergantung pada ketersediaan fasilitas komputer, baik dari segi jumlah maupun kualitasnya. Apabila perangkat yang tersedia tidak mencukupi, siswa perlu menggunakannya secara berkelompok atau bergantian sehingga kesempatan untuk melakukan eksplorasi secara langsung dan maksimal menjadi terbatas.

Dalam penelitian Fauziyah et al. (2025), tantangan serius yang dihadapi dalam pembelajaran berbasis teknologi terlihat pada minimnya literasi digital di kalangan guru. Rendahnya literasi digital menyebabkan guru mengalami kesulitan dalam mengaplikasikan teknologi sebagai media pembelajaran. Dalam penerapan simulasi PhET, keterbatasan guru dalam memahami cara kerja simulasi dan menguasai fitur-fitur yang tersedia dapat menghambat proses pembelajaran, sehingga penerapan PhET tidak dapat berjalan secara optimal.

Menurut penelitian Rizaldi et al. (2020), tingkat kemandirian peserta didik dalam mengikuti dan melaksanakan kegiatan belajar menentukan keberhasilan suatu proses pembelajaran. Apabila siswa tidak memiliki kemandirian belajar dalam menggunakan media digital maka proses pembelajaran menggunakan simulasi digital PhET tidak akan berjalan secara maksimal. Siswa cenderung akan mengalami kesulitan dalam memahami konsep secara mandiri dan memanfaatkan media digital PhET ini sebagai sumber belajar, terlebih lagi jika tidak ada bimbingan dari guru secara jelas dan rinci sehingga membingungkan siswa dalam mengaplikasikan simulasi PhET. Kondisi tersebut menyebabkan tujuan pembelajaran tidak tercapai. Hal ini juga berkaitan dengan penelitian Rahmawati et al. (2022) yang menunjukkan bahwa beberapa simulasi PhET memiliki konsep yang cukup rumit dan sulit dipahami, sehingga perlu disesuaikan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa SD. Oleh karena itu, penggunaan PhET perlu disertai bimbingan guru agar siswa lebih mudah memahami konsep yang dipelajari.

2. Efektivitas simulasi Phet dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep IPA

Di balik banyaknya tantangan yang dihadapi dalam penerapan PhET, media ini juga memiliki keuntungan dalam pembelajaran IPA SD. Berdasarkan hasil kajian

beberapa penelitian, penerapan simulasi PhET dalam pembelajaran IPA menunjukkan keefektifitasannya dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep IPA pada siswa SD. Hal tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan Putra, et al. (2025) yang menunjukkan bahwa penerapan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep gaya, tarikan, dan dorongan dalam materi pengaruh gaya terhadap benda. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa simulasi PhET mampu meningkatkan hasil belajar siswa.

Hasil serupa juga ditemukan dalam penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani et al. (2023) yang meneliti penggunaan simulasi PhET untuk membantu siswa memahami konsep rangkaian listrik. Simulasi ini dinilai efektif karena selama proses pembelajaran melibatkan siswa dan memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan menyenangkan, sehingga mampu meningkatkan hasil belajar siswa. Selain itu, penelitian oleh Salsabillah & Hidayah (2025) menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa serta mendukung pemahaman konsep IPA di sekolah dasar karena melalui media ini siswa akan lebih aktif dan semangat dalam mengikuti pembelajaran.

Pemahaman konsep-konsep IPA tidak bisa lepas dari minat siswa untuk melakukan literasi. Simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman siswa terkait konsep-konsep IPA karena siswa dapat antusias dalam literasi terkait materi yang masih abstrak. Hal tersebut dibuktikan melalui penelitian Pramesti et al. (2024) yang menegaskan bahwa penggunaan PhET berkontribusi nyata terhadap peningkatan kemampuan literasi sains siswa. Peningkatan literasi ini kemudian berdampak langsung pada pemahaman konsep IPA karena siswa tidak hanya membaca atau menerima penjelasan, tetapi juga mengalami proses ilmiah melalui simulasi.

Dalam penelitian Banu (2023) juga menunjukkan hasil positif, yaitu adanya peningkatan hasil belajar siswa setelah menggunakan simulasi PhET. Hal tersebut membuktikan bahwa penerapan simulasi PhET menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan proses pembelajaran dan pemahaman konsep peserta didik. Pemahaman yang mendalam didapat karena penggunaan simulasi PhET mampu menggantikan fungsi perlengkapan laboratorium konvensional dengan menyajikan data, mengumpulkan data, dan menyajikan informasi secara visual. Visualisasi yang menarik ini membuat siswa lebih interaktif dan meningkatkan keaktifan siswa dalam mengikuti kegiatan belajar mengajar. Oleh karena itu, simulasi PhET terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar, sikap positif terhadap proses belajar, dan keterampilan peserta didik dalam menguasai konsep-konsep IPA.

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis literatur yang ada, dapat disimpulkan bahwa simulasi PhET memberikan kontribusi penting dalam pembelajaran IPA di tingkat sekolah dasar melalui kemampuannya memvisualisasikan konsep-konsep abstrak seperti gaya, energi, dan fenomena alam secara dinamis dan interaktif. Dengan fitur eksplorasi mandiri dan pengujian hipotesis virtual, simulasi ini mendukung lingkungan belajar berbasis inkuiri, yang memberikan ruang bagi siswa untuk mengamati, mencoba, dan memahami berbagai konsep IPA secara nyata tanpa keterbatasan alat laboratorium fisik.

Lebih jauh lagi, keberadaan simulasi PhET yang interaktif dan mudah diakses secara *online* memudahkan guru dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran IPA yang inovatif. Simulasi ini tidak hanya membantu siswa memahami konsep-konsep IPA yang kompleks secara konkret dan visual, tetapi juga mendorong mereka untuk berpikir kritis dan kreatif melalui eksplorasi yang bebas dan interaktif. Selain itu, penggunaan simulasi PhET memperkuat aspek multisensori dalam pembelajaran meliputi visual, auditori, dan kinestetik yang sangat relevan untuk mendukung berbagai gaya belajar siswa di sekolah dasar. Hasil penelitian menunjukkan integrasi pembelajaran dengan simulasi PhET dapat

menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan, bermakna, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa terhadap materi IPA.

SIMPULAN

Berdasarkan berbagai hasil pembahasan dan analisis literatur, dapat disimpulkan bahwa simulasi PhET merupakan media pembelajaran yang efektif dan inovatif dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar karena mampu memvisualisasikan konsep-konsep abstrak secara konkret, interaktif, dan dinamis. Meskipun dalam penerapannya menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan infrastruktur teknologi, rendahnya literasi digital guru, serta kurangnya kemandirian belajar siswa simulasi PhET tetap memberikan hasil positif dalam meningkatkan pemahaman konsep-konsep IPA. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan simulasi PhET juga terbukti mampu meningkatkan hasil belajar, literasi sains, keterampilan berpikir kritis, serta motivasi belajar siswa melalui pengalaman belajar yang lebih menarik dan menyenangkan. Simulasi digital PhET dapat menjadi solusi efektif untuk menciptakan pembelajaran IPA yang lebih bermakna dan sesuai dengan perkembangan teknologi pendidikan, selama didukung oleh infrastruktur yang memadai dan peningkatan kompetensi digital guru.

DAFTAR PUSTAKA

- AR, E., & Efendi. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Berbantuan Phet Simulasi untuk Meningkatkan Hasil dan Motivasi Belajar Siswa Kelas V MIN I Langsa. *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 7 (02), 1-10.
- Arifin, R., Sudarno, S., Winardi, Y., Desriyanti, D., Mustiko, V. A., & Johari, N. (2024). Optimizing STEM learning in SDN Bringinan with interactive PhET technology. *International Journal of Community Service*, 4(4). <https://doi.org/10.51601/ijcs.v4i4.298>
- Banu, D. (2023). Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa Kelas IV SDN Oesusu Pada Materi Energi Menggunakan Laboratorium Virtual (PHET). *Haumeni Journal of Education*, 3(2), 92-101.
- Cikal, O. M., & Masruro, F. (2024). Upaya peningkatan hasil belajar ilmu pengetahuan alam materi rangkaian listrik menggunakan laboratorium virtual untuk Sekolah Dasar kelas 6. *Patria Educational Journal (PEJ)*, 4(3), 87-92.
- Fauziah, Z., Az-Zahra, S. F., Azka, H., Putri, A. A., Arofa, N. W., & Rifa'ati, D. (2023). Pemanfaatan Inovasi Digital PhET sebagai Media Belajar Interaktif Siswa pada Pembelajaran IPA di SD/MI. *Prosiding SEMAI 3: Seminar Nasional PGMI 2023*.
- Jamaludin, U., Pribadi, R. A., & Sarni, S. (2023). Implementasi Model Problem Based Learning Pada Pembelajaran IPA Untuk Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 09(02), 3247-3250.
- Kumullah, R., Putri, D. A. A., & Ardiansyah, A. R. (2024). PhET Interactive Simulations for science learning in elementary school. *International Conference on Teaching and Learning*, 1, 58-65. <https://conference.ut.ac.id/index.php/ictl/article/view/2391>
- Pramesti, A. H., Rahmawati, I. D., & Wulandari, R. (2024). Pagaruh PhET Terhadap Literasi Sains Materi IPA Kelas VI SDN Socah 3. *JOURNAL OF EDUCATION FOR ALL*, 2(1), 16–24. <https://doi.org/10.61692/edufa.v2i1.99>
- Putra, I. K. D. D. M. A., Suciadi, S. L. N., & Kusuma Dewi, N. W. S. P. (2025). Pengaruh Penggunaan Media Simulasi Phet terhadap Hasil Belajar Peserta Didik pada Mata Pelajaran IPAS di SD Negeri 3 Lembongan Kecamatan Nusa Penida Tahun Ajaran 2024/2025. *JPIM: Jurnal Penelitian Ilmiah Multidisipliner*, 01(03), 1050-1057.

- Qomaruddin, & Sa'diyah, H. (2024). Kajian teoritis tentang teknik analisis data dalam penelitian kualitatif: Perspektif Spradley, Miles dan Huberman. *Journal of Management, Accounting and Administration*, 1(2), 77–84.
- Ramadhani, R., hamid, R., & Hikmawati. (2023). PENGARUH PENGGUNAAN MEDIA PhET SIMULATION DALAM PEMBELAJARAN IPA TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA. *Jurnal Ilmiah Pembelajaran Sekolah Dasar*, 5(2), 107–114. <https://doi.org/10.36709/jipsd.v5i2.15>
- Rahmawati, Y., Zulhipri, Hartanto, O., Falani, I., & Iriyadi, D. (2022). Students' conceptual understanding in chemistry learning using PhET interactive simulations. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 303–326.
- Rizaldi, D.R., Jufri, A.W., & Jamaluddin. (2020). PhET: SIMULASI INTERAKTIF DALAM PROSES PEMBELAJARAN FISIKA. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5 (1), 10–14. Sains sekolah dasar selama pandemi Covid-19. *AULADUNA: Jurnal Pendidikan Dasar Islam*, 9(2), 121-135.
- Roosyanti, A. (2022). PhET Interactive Simulations sebagai Laboratorium Virtual pada Pembelajaran Sains Sekolah Dasar selama Pandemi Covid-19. *AULADUNA: Jurnal Pendidikan Dasar Islam*, 9(2), 121–135. <https://doi.org/10.24252/auladuna.v9i2a1.2022>
- Salsabillah, F. D., & Hidayah, R. (2025). Studi literatur: Implementasi media PhET Simulation dalam pembelajaran IPAS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. *Social, Humanities, and Educational Studies (SHEs): Conference Series*, 8(3), 735–743.
- Simbolon, D. H., Pardede, E. Y. B., Perbina, T., & Manik, A. R. (2025). Efek media pembelajaran virtual PhET terhadap hasil belajar IPA siswa. *Jurnal Ilmiah Aquinas*, 8(2), 84–92.
- Sirait, S. H., Ginting, J. P. B., & Sembiring, S. B. (2023). Pengaruh penggunaan media simulasi PhET terhadap hasil belajar materi pecahan siswa SD 056604 Purwobinangun. *Curere*, 7(2), 1–6.
- Sulistiawati, A., & Prastowo, A. (2021). Penggunaan Phet Sebagai Media Interaktif Pembelajaran Ipa Pada Kelas Iv Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah PENDAS: Primary Educational Journal*, 2(2), 82-91.
- Suryaningsih, T., & Supena, A. (2024). Pengaruh brain-based learning berbantuan PhET Interactive Simulations terhadap kemampuan pemahaman konseptual matematika siswa sekolah dasar. *Dwija Cendekia: Jurnal Riset Pedagogik*, 8(2). <https://conference.ut.ac/index.php/ictl/article/view/2391>
- Wahyuni, S., Wahyudi, N., & Supeno. (2025). Improving elementary students' learning outcomes and critical thinking skills through the implementation of the PBL model with PhET. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 10(3), 395-408. <https://doi.org/10.31949/jee.v8i3.15234>
- Widyasari, O. A., Murnilasari, Y., Oktaviani, R., Fitriyani, Q., & Kusumawati, P. R. D. (2021, December). EFEKTIVITAS PENGEMBANGAN METODE EKSPERIMEN BERBASIS LABORATORIUM VIRTUAL PHET DALAM PEMBELAJARAN IPA MATERI RANGKAIAN LISTRIK PADA MASA PANDEMI: YULISA MURNILASARI, OKTAVIANA ARIRI, RANI OKTAVIANI, QORINA FITRIANI. In *Prosiding SEMAI: Seminar Nasional PGMI* (Vol. 1, pp. 428-445).
- Yudiyanto, M., Baza, A. M., Farhana, R., & Solihin, I. (2020). Respon Peserta Didik Terhadap Physics Education Technology (PhET) Simulation pada Materi Kesetimbangan Listrik Kelas XI SD Dina Persada. *Jurnal Murabbi*, 1(1), 29-45.