

Efektivitas Simulasi PhET Pada Pembelajaran IPA SMP Materi Konsep Listrik

Murwanto Setyo Nugroho^{1*}, Budi Murtiyasa², Masduki³

^{1,2,3} Magister Administrasi Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta

*Corresponding Author e-mail: q100240006@student.ums.ac.id

Abstract: *This study evaluates the effectiveness of using PhET (Physics Education Technology) simulations in enhancing critical thinking skills and learning outcomes of students on the topic of electricity at the junior high school level. Employing a quantitative approach and experimental design, the study involved 60 ninth-grade students from SMP Asy-Syifa Sukoharjo Boarding School, divided into control and experimental groups. Data were collected using validated and reliable questionnaires to measure critical thinking skills and students' learning outcomes. The data analysis revealed that the use of PhET simulations significantly improved critical thinking skills ($p=0.008$) and learning outcomes ($p<0.001$). Students in the experimental group demonstrated a higher average improvement in learning outcomes compared to the control group, with consistently enhanced conceptual understanding of electricity. These findings suggest that PhET simulations are an effective interactive learning tool for fostering conceptual comprehension and developing critical thinking skills. Integrating PhET as a digital learning medium can serve as an innovation to improve the quality of science education in the technological era.*

Keywords: virtual experiments, educational technology, digital learning media

Abstrak: Penelitian ini mengevaluasi efektivitas penggunaan simulasi PhET (Physics Education Technology) dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa pada materi listrik di jenjang SMP. Dengan pendekatan kuantitatif dan desain eksperimen, penelitian ini melibatkan 60 peserta didik kelas IX SMP Asy-Syifa Sukoharjo Boarding School yang dikelompokkan menjadi kelompok kontrol dan eksperimen. Data diperoleh melalui kuesioner yang telah diuji validitas dan reliabilitasnya untuk mengukur keterampilan berpikir kritis serta hasil belajar siswa. Hasil analisis data menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET secara signifikan mengasah kemampuan berpikir kritis ($p=0,008$) dan hasil belajar siswa ($p<0,001$). Siswa pada kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan rata-rata hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, dengan pemahaman konsep listrik yang meningkat secara konsisten. Temuan ini mengindikasikan bahwa simulasi PhET merupakan media pembelajaran interaktif yang efektif dalam mendukung pemahaman materi dan pengembangan kemampuan berpikir kritis. Pengintegrasian PhET sebagai alat pembelajaran digital dapat menjadi inovasi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sains di era teknologi.

Kata Kunci: eksperimen virtual, teknologi pendidikan, media pembelajaran digital

Pendahuluan

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di tingkat SMP mengharuskan peserta didik untuk memahami konsep-konsep abstrak dan menerapkan metode ilmiah. Namun, hambatan muncul ketika minat, motivasi, kebiasaan belajar, serta konsentrasi peserta didik berada pada tingkat rendah. Hal ini sesuai dengan studi di SMP Negeri 1 Rambang (Yunarti, 2021) yang mengungkapkan bahwa kurangnya motivasi dan minat belajar, ditambah kebiasaan belajar yang tidak teratur serta lemahnya konsentrasi, menjadi kendala utama dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan inovasi metode pembelajaran untuk mengatasi kendala-kendala tersebut.

Simulasi PhET (Physics Education Technology) merupakan salah satu inovasi pembelajaran berbasis simulasi interaktif yang dirancang untuk membantu pemahaman konsep-konsep abstrak seperti listrik, gerak, dan reaksi kimia (Meliniasari, 2024; Syaripudin et al., 2023). Simulasi ini dapat diterapkan pada berbagai jenjang pendidikan, khususnya dalam model pembelajaran berbasis penemuan atau kolaborasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa PhET efektif dalam mendukung pemahaman konsep ilmiah seperti elastisitas dan hukum Hooke (Syaripudin et al., 2023) serta listrik dinamis



(Anisa & Astriani, 2022). Selain itu, fitur interaktif PhET diketahui mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik (Lutfiani, 2023).

Fitur eksperimen virtual dalam simulasi PhET memungkinkan peserta didik belajar secara fleksibel dan mandiri, serta mengulang eksperimen sesuai kebutuhan. Hal ini sangat membantu, terutama untuk eksperimen yang sulit dilakukan di laboratorium tradisional (Prihatiningtyas, 2024). PhET menghubungkan prinsip-prinsip ilmiah dengan fenomena nyata, yang memperkuat pemahaman holistik dan menciptakan pengalaman belajar yang relevan di era digital (Verawati et al., 2022). Dengan pendekatan ini, PhET memberikan kontribusi signifikan pada pembelajaran fisika yang lebih efektif dan bermakna (Sinulingga et al., 2016).

Hasil belajar peserta didik menjadi indikator utama keberhasilan pendidikan, yang mencerminkan pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang diperoleh melalui pengalaman belajar. Faktor-faktor seperti strategi pembelajaran, keterlibatan peserta didik, dan lingkungan belajar memiliki pengaruh besar terhadap hasil belajar. Penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa strategi berbasis inkuiri mampu meningkatkan hasil belajar secara signifikan dibandingkan dengan metode konvensional (Valentina et al., 2019). Strategi ini memfasilitasi partisipasi aktif dan berpikir kritis sehingga materi lebih mudah dipahami dan diingat (Sembiring et al., 2021).

Dalam perspektif teori konstruktivisme, pembelajaran merupakan proses dinamis di mana peserta didik memperoleh pengetahuan melalui pengalaman dan berinteraksi dengan lingkungan. Sebagai media interaktif, PhET mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis dan analitis dengan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi konsep abstrak secara visual dan praktis (Eleo, 2024; Ismalia et al., 2022). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengalaman belajar menarik melalui PhET efektif dalam meningkatkan hasil pembelajaran fisika (Khaeruddin & Bancong, 2022).

Keterampilan berpikir kritis adalah elemen penting dalam keberhasilan belajar, meliputi kemampuan interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan penjelasan (Suratmi & Sopandi, 2022). Analisis dan evaluasi menjadi komponen utama, dengan penelitian menunjukkan bahwa strategi berbasis inkuiri dapat meningkatkan kemampuan evaluasi kritis (Nurussaniah & Sari, 2019). Selain itu, kemampuan untuk menarik kesimpulan yang tepat sangat berpengaruh pada pengambilan keputusan yang efektif (Arifah, 2023). Strategi pembelajaran berbasis inkuiri dan masalah terbukti efektif dalam mendukung analisis dan refleksi kritis (Fuad et al., 2017; Gholami et al., 2016).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa PhET secara efektif meningkatkan pemahaman dan motivasi peserta didik. Model pembelajaran ARIAS yang terintegrasi dengan PhET, misalnya, telah terbukti mampu meningkatkan motivasi dan keterampilan proses sains peserta didik dalam simulasi rangkaian arus bolak-balik (Sutri et al., 2023). Selain itu, simulasi ini memberikan umpan balik langsung, yang memudahkan pemahaman konsep fisika dalam pembelajaran daring (Azzubairiyah et al., 2022). Salame dan Makki (2021) juga melaporkan bahwa PhET meningkatkan motivasi, pemahaman konsep, dan pengalaman belajar peserta didik. PhET bahkan ditemukan lebih efektif dibandingkan dengan alat pembelajaran tradisional dalam mendukung penguasaan konsep fisika (Ismalia et al., 2022).

Sebagian besar penelitian sebelumnya menyoroti efektivitas PhET dalam meningkatkan pemahaman dan motivasi peserta didik dengan fokus materi yang beragam. Beberapa penelitian menekankan peningkatan keterampilan proses sains (Sutri et al., 2023), motivasi belajar (Salame & Makki, 2021), pembelajaran daring (Azzubairiyah et al., 2022), dan pemahaman konsep fisika (Ismalia et al., 2022). Namun, belum banyak yang secara spesifik membahas pembelajaran konsep listrik secara mendalam maupun dampak jangka panjang penggunaan PhET terhadap hasil belajar peserta didik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah "Bagaimana efektivitas simulasi PhET dalam pembelajaran konsep listrik dalam aspek keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik?" Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak penggunaan PhET secara kuantitatif, memberikan bukti empiris tentang peningkatan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik, serta mengisi kesenjangan dalam literatur. Temuan penelitian ini diharapkan mampu menyajikan perspektif baru terkait optimalisasi PhET dalam pembelajaran fisika sekaligus menginspirasi pengembangan media pembelajaran interaktif yang lebih inovatif.

Metode Penelitian

Penelitian ini tergolong dalam jenis penelitian kuantitatif dengan menggunakan desain eksperimen. Desain ini bertujuan untuk membandingkan prestasi belajar antara kelas kontrol (Kelas A) dan kelas eksperimen yang menggunakan aplikasi PhET (Kelas B). Populasi penelitian terdiri dari peserta didik kelas IX SMP Asy-Syifa Sukoharjo Boarding School yang mempelajari konsep listrik, dengan total sampel sebanyak 60 peserta didik yang dipilih menggunakan teknik proporsional random sampling. Penelitian ini berfokus pada variabel keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik, sehingga hasilnya dapat digeneralisasikan ke populasi yang lebih luas (Nasution, 2024).

Pengumpulan data dilakukan menggunakan kuesioner untuk mengukur keterampilan berpikir kritis, yang mencakup tiga indikator utama: 1) Analisis, 2) Evaluasi, dan 3) Menyimpulkan. Kuesioner ini dirancang untuk mengevaluasi pemahaman peserta didik terhadap konsep listrik setelah menggunakan PhET. Dalam konteks penelitian pendidikan, kuesioner wajib memenuhi standar validitas dan reliabilitas instrumen guna memastikan bahwa instrumen secara tepat mengukur apa yang dituju (Hidayah, 2023).

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan metode analisis inferensial. Analisis ini, seperti uji t atau ANOVA, digunakan untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan (Roretta, 2023). Validitas kuesioner diuji melalui uji Pearson's product moment dengan taraf signifikansi di bawah 0,05, sedangkan reliabilitasnya diuji menggunakan rumus Alpha Cronbach dengan nilai signifikan di atas 0,6, yang sesuai untuk penelitian pendidikan (Paradina et al., 2019). Hipotesis diuji menggunakan uji t (Independent Sample t-Test), dengan hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak ada pengaruh simulasi PhET terhadap keterampilan berpikir kritis, dan hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan adanya pengaruh signifikan.

Untuk variabel hasil belajar peserta didik, analisis dimulai dengan uji normalitas dan homogenitas karena penelitian ini tidak menggunakan pretest dan posttest. Uji t digunakan untuk menguji hipotesis mengenai pengaruh signifikan penggunaan PhET terhadap prestasi belajar peserta didik. Hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak ada

pengaruh, sementara hipotesis alternatif (H1) menyatakan adanya pengaruh yang signifikan. Penelitian sebelumnya oleh Sari et al. menyoroti pentingnya pengujian hipotesis dalam penelitian kuantitatif untuk menghasilkan kesimpulan yang valid (Sari et al., 2022).

Dalam penelitian kuantitatif, taraf kepercayaan umumnya ditetapkan pada 95%, yang menunjukkan tingkat keyakinan terhadap keandalan hasil penelitian. Jika nilai p dari uji statistik lebih kecil dari 0,05, maka hipotesis nol dapat ditolak (Rafikasari, 2023). Prosedur analisis dalam penelitian kuantitatif mencakup uji asumsi normalitas, uji homogenitas varians, dan pemilihan metode statistik yang sesuai. Penelitian oleh Basyir dan Wardani menegaskan pentingnya mengikuti prosedur analisis yang sistematis untuk memastikan keakuratan hasil penelitian kuantitatif (Basyir & Wardani, 2022; Lahir et al., 2017).

Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Uji Statistik

- a. Uji Validitas
*** Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed)*
- b. Uji Reliabilitas Keterampilan Berpikir Kritis
- c. Uji Normalitas
** This is a lower bound of the true significance*
a. Lilliefors Significance Correction
- d. Uji Homogenitas
- e. Uji *Independent Sample t-Test*
- f. Analisis Uji Statistik

Uji validitas bertujuan memastikan kuesioner keterampilan berpikir kritis mengukur aspek yang diharapkan. Uji ini menggunakan korelasi Pearson Product Moment dengan taraf signifikansi 0,05. Jika nilai $p < 0,05$, item dianggap valid. Hasil menunjukkan nilai signifikan $< 0,001$ pada kelas kontrol dan eksperimen, sehingga instrumen dinyatakan valid.

Uji reliabilitas dilakukan dengan metode Cronbach's Alpha, di mana nilai $> 0,6$ menunjukkan konsistensi instrumen. Analisis menghasilkan reliabilitas 0,708 untuk kelas kontrol, sedangkan kelas eksperimen sebesar 0,787 menegaskan bahwa instrumen andal untuk pengumpulan data.

Uji normalitas mengevaluasi distribusi data dengan metode Kolmogorov-Smirnov atau Shapiro-Wilk. Data dianggap normal jika $p > 0,05$. Hasil menunjukkan nilai p kelas kontrol dan kelas eksperimen secara berurutan sebesar 0,200 dan 0,077 untuk keterampilan berpikir kritis, serta 0,200 untuk hasil belajar di kedua kelompok, sehingga memenuhi asumsi normalitas.

Uji homogenitas memverifikasi keseragaman variansi antar kelompok dengan Levene's Test, di mana $p > 0,05$ menunjukkan homogenitas. Hasil menunjukkan nilai p keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik secara berurutan adalah 0,118 dan 0,706, sehingga data memenuhi syarat analisis parametrik.

Uji *Independent Sample t-Test* digunakan untuk membandingkan rata-rata keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar antar kelompok. Dengan $p < 0,05$, hasil menunjukkan nilai 0,008 untuk keterampilan berpikir kritis dan $< 0,001$ untuk hasil belajar, mengindikasikan perbedaan signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa

simulasi PhET efektif mengembangkan kemampuan berpikir kritis serta meningkatkan pencapaian belajar peserta didik.

g. Kesimpulan Hasil Uji Statistik

Hasil uji statistik mendukung hipotesis alternatif (H1), yang menyatakan bahwa penerapan simulasi PhET berhasil dalam mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis dan meningkatkan hasil pembelajaran peserta didik kelas IX di SMP Asy-Syifa Sukoharjo Boarding School pada materi konsep listrik. Seluruh instrumen penelitian terbukti valid dan reliabel, data berdistribusi normal, serta memenuhi asumsi homogenitas variansi. Dengan demikian, hasil analisis statistik dapat dipercaya dan dianggap valid.

Pembahasan

Penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran sains tingkat SMP, khususnya pada konsep listrik, terbukti memberikan dampak yang berarti dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil pembelajaran peserta didik. Simulasi interaktif ini mempermudah pemahaman konsep abstrak seperti listrik melalui fitur eksperimen virtual yang memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri, fleksibel, dan berulang sesuai kebutuhan.

Analisis statistik menunjukkan efektivitas simulasi PhET. Instrumen penelitian yang digunakan terbukti valid, dengan nilai signifikansi korelasi Pearson Product Moment $< 0,001$, menunjukkan kemampuan kuesioner untuk secara tepat mengukur keterampilan berpikir kritis. Keandalan instrumen, yang diukur menggunakan Cronbach's Alpha, memperlihatkan nilai yang baik (0,708 untuk kelas kontrol dan 0,787 untuk kelas eksperimen), memastikan konsistensi data. Selain itu, data penelitian memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, yang memungkinkan penggunaan analisis statistik parametrik secara valid. Hasil uji Independent Sample t-Test mengungkapkan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol, dengan nilai $p < 0,05$, yakni 0,008 untuk keterampilan berpikir kritis dan $< 0,001$ untuk hasil belajar peserta didik, menunjukkan bahwa kelompok eksperimen yang menggunakan simulasi PhET mengalami peningkatan lebih signifikan.

Efektivitas simulasi PhET dapat dijelaskan melalui pendekatan konstruktivisme, yang mengutamakan eksplorasi dan interaksi langsung dengan konsep abstrak. Peserta didik dapat memanipulasi variabel dalam rangkaian listrik virtual dan mengamati dampaknya secara langsung, yang meningkatkan keterampilan berpikir kritis, seperti analisis, evaluasi, dan penarikan kesimpulan. Dibandingkan dengan metode tradisional, simulasi PhET juga mampu meningkatkan motivasi belajar melalui tampilan visual yang menarik dan antarmuka yang ramah pengguna. Hal ini mendorong antusiasme peserta didik dalam mengeksplorasi materi, yang berkontribusi pada peningkatan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar mereka, sebagaimana didukung oleh penelitian sebelumnya (Sutri et al., 2023; Ismalia et al., 2022).

Simulasi PhET mendukung pembelajaran berbasis inkuiri, di mana peserta didik dapat mempelajari konsep listrik melalui pendekatan penemuan. Strategi ini memperkuat pemahaman peserta didik dan keterampilan berpikir kritis, termasuk kemampuan analisis dan evaluasi (Nurussaniah & Sari, 2019). Selain itu, simulasi ini memberikan fleksibilitas belajar, memungkinkan peserta didik mengulang eksperimen tanpa batas waktu atau sumber daya, yang sangat membantu saat eksperimen laboratorium tradisional terbatas

oleh alat atau biaya. Oleh karena itu, optimalisasi penggunaan PhET dapat lebih meningkatkan kualitas pembelajaran sains.

Bagi guru, integrasi simulasi PhET menciptakan pembelajaran yang lebih berpusat pada peserta didik. Guru dapat memberikan umpan balik langsung, memfasilitasi diskusi mendalam, dan merangsang kemampuan berpikir kritis dengan pertanyaan-pertanyaan yang menantang, seperti memprediksi hasil perubahan dalam rangkaian listrik.

Implementasi teknologi seperti simulasi PhET membantu mengatasi tantangan pembelajaran sains di SMP, terutama dalam meningkatkan motivasi peserta didik terhadap konsep abstrak seperti listrik. Simulasi ini membuat pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan, sebagaimana tercermin dalam peningkatan hasil belajar peserta didik. Dengan demikian, simulasi PhET merupakan alat yang sangat efektif dalam mendukung pencapaian tujuan pembelajaran.

Kesimpulan

Simulasi PhET merupakan media pembelajaran yang sangat efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran sains. Berdasarkan hasil analisis statistik, penelitian ini membuktikan bahwa PhET tidak hanya mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik, tetapi juga menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan kontekstual. Temuan ini diharapkan dapat mendorong pengembangan media pembelajaran interaktif lainnya untuk memaksimalkan potensi belajar peserta didik di era digital.

Daftar Pustaka

- Anisa, V. M., & Astriani, D. (2022). Implementation of PhET Simulation With Discovery Learning Model to Improve Understanding of Dynamic Electricity Concepts. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(3), 292–301. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i3.3438>
- Arifah, F. (2023). Profile of Critical Thinking Skills in Science Learning Class at Junior High School on Additive Materials. *Studies in Learning and Teaching*, 4(3), 601–607. <https://doi.org/10.46627/silet.v4i3.288>
- Azzubairiyah, N., Erman, E., & Susiyawati, E. (2022). Examining Student Responses of PhET Simulations After Virtual Laboratory Practices. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(4), 517–519. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i4.3624>
- Basyir, T. F., & Wardani, D. A. K. (2022). Pengaruh Data Akuntansi Terhadap Harga Saham Perspektif Sebelum Dan Setelah Adopsi XBRL. *Akurasi Jurnal Studi Akuntansi Dan Keuangan*, 5(1), 61–76. <https://doi.org/10.29303/akurasi.v5i1.133>
- Eleo, M. C. (2024). PHYSICS EDUCATION TECHNOLOGY (PhET) INTERACTIVE SIMULATIONS AS TEACHING AID IN ENHANCING STUDENTS' PERFORMANCE IN PHYSICS. *Epra International Journal of Multidisciplinary Research (Ijmr)*, 60–64. <https://doi.org/10.36713/epra15991>
- Fuad, N., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Suarsini, E. (2017). Improving Junior High Schools' Critical Thinking Skills Based on Test Three Different Models of Learning. *International Journal of Instruction*, 10(01), 101–116. <https://doi.org/10.12973/iji.2017.1017a>
- Gholami, M., Kordestani-Moghadam, P., Mohammadipoor, F., Tarahi, M. J., Sak, M., Toulabi, T., & Pour, A. H. H. (2016). Comparing the Effects of Problem-Based Learning and the Traditional Lecture Method on Critical Thinking Skills and

- Metacognitive Awareness in Nursing Students in a Critical Care Nursing Course. *Nurse Education Today*, 45, 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.06.007>
- Hidayah, N. (2023). Analisis Bahan Ajar Terhadap Kebutuhan Guru Dan Peserta Didik Kelas V. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(2), 128. <https://doi.org/10.30659/pendas.10.2.128-142>
- Ismalia, I., Kusumawati., M. P. d. A., & Wahyuni, P. (2022). Investigating the Use of Phet Simulation as a Substitute for Practical Tools in Understanding the Concept of Static Electricity. *International Journal of Education and Teaching Zone*, 1(1), 20–25. <https://doi.org/10.57092/ijetz.v1i1.7>
- Khaeruddin, K., & Bancong, H. (2022). STEM education through PhET simulations: An effort to enhance students' critical thinking skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 11(1), 35–45. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v11i1.10998>
- Lahir, S., Ma'ruf, M. H., & Tho'in, M. (2017). Peningkatan Prestasi Belajar Melalui Model Pembelajaran Yang Tepat Pada Sekolah Dasar Sampai Perguruan Tinggi. *Jurnal Ilmiah Edunomika*, 1(01). <https://doi.org/10.29040/jie.v1i01.194>
- Lutfiani, S. (2023). Analysis of PhET Virtual Laboratory in Nuclear Physics Course at Physics Education. *Konstan - Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 8(01), 53–58. <https://doi.org/10.20414/konstan.v8i01.186>
- Meliniasari, F. (2024). Using Phet Simulations to Improve Students' Representation Ability on the Topic of Chemical Reactions. *Proceedings of ICE*, 2(1), 144–152. <https://doi.org/10.32672/pice.v2i1.1331>
- Nasution, S. E. H. (2024). Pengaruh Pendekatan Emosional Dan Rasionalitas Terhadap Keputusan Mahasiswa Memilih Menabung Di Bank Syariah (Studi Kasus Pada Mahasiswa Febi Uinsu). *Jesya (Jurnal Ekonomi & Ekonomi Syariah)*, 7(1), 291–304. <https://doi.org/10.36778/jesya.v7i1.1400>
- Nurussaniah, N., & Sari, I. N. (2019). Process-Oriented Inquiry Learning Enhances Students Critical Thinking Skills. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(3), 108–111. <https://doi.org/10.29303/jpm.v14i3.1231>
- Paradina, D., Connie, C., & Medriati, R. (2019). PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM BASED LEARNING TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA DI KELAS X. *Jurnal Kumparan Fisika*, 2(3), 169–176. <https://doi.org/10.33369/jkf.2.3.169-176>
- Prihatiningtyas, S. (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>
- Rafikasari, E. F. (2023). Pelatihan Teknik Sampling Dan Analisis Data Statistik Pada Penelitian Kuantitatif. *Jpadi*, 6(2), 20–24. <https://doi.org/10.51836/jpadi.v6i2.633>
- Roretta, T. M. (2023). Pengaruh Job Stress Terhadap Employee Performance Yang Dimediasi Dengan Organizational Commitment Pada Karyawan Perusahaan Perdagangan Energi. *Jurnal Ekonomi Trisakti*, 3(2), 2269–2278. <https://doi.org/10.25105/jet.v3i2.16872>
- Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Examining the Use of PhET Simulations on Students' Attitudes and Learning in General Chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), e2247. <https://doi.org/10.21601/ijese/10966>
- Sari, M., Rachman, H., Astuti, N. J., Afgani, M. W., & Siroj, R. A. (2022). Explanatory Survey Dalam Metode Penelitian Deskriptif Kuantitatif. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 3(01), 10–16. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v3i01.1953>

- Sembiring, P. R., Perangin-angin, R. B. B., & Ndona, Y. (2021). The Effect of Discovery Learning and Learning Motivation on Student Learning Outcomes PPKN Subjects in Class Iv SDN 105316 Beranti. *Sensei International Journal of Education and Linguistic*, 1(2), 512–527. <https://doi.org/10.53768/sijel.v1i2.38>
- Sinulingga, P., Hartanto, T. J., & Santoso, B. (2016). Implementasi Pembelajaran Fisika Berbantuan Media Simulasi PhET Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Listrik Dinamis. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 2(1), 57–64. <https://doi.org/10.21009/1.02109>
- Suratmi, S., & Sopandi, W. (2022). Knowledge, Skills, and Attitudes of Teachers in Training Critical Thinking of Elementary School Students. *Journal of Education and Learning (Edulearn)*, 16(3), 291–298. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v16i3.20493>
- Sutri, N., Azhar, & Islami, N. (2023). Improve the Motivation and Science Process Skills through the Application of the ARIAS Learning Model Assisted by PhET. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9810–9817. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5024>
- Syaripudin, M. A., Paramata, D. D., & Setiawan, D. G. E. (2023). The Influence of the Learning Cycle 5e Teaching Model Assisted by PhET Media on Students' Learning Outcomes in the Subject of Elasticity and Hooke's Law. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 9(1), 12–18. <https://doi.org/10.29303/jpft.v9i1.4405>
- Valentina, H. S., Nugraha, E. W., & Budiarta, K. (2019). The Effect of Learning Strategy and Thinking Ability on the Students' Learning Outcomes in Economics Subject of XI Social Students in Senior High School State 1 in Pematang Siantar. *Budapest International Research and Critics in Linguistics and Education (Birle) Journal*, 2(4), 451–460. <https://doi.org/10.33258/birle.v2i4.543>
- Verawati, N. N. S. P., Handriani, L. S., & Prahani, B. K. (2022). The Experimental Experience of Motion Kinematics in Biology Class Using PhET Virtual Simulation and Its Impact on Learning Outcomes. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 1(1), 11–17. <https://doi.org/10.36312/ijece.v1i1.729>
- Yunarti, N. (2021). Analisa Kesulitan Dalam Pembelajaran IPA Pada Siswa SMP Negeri 1 Rambang. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 7(4), 1745–1749. <https://doi.org/10.31949/educatio.v7i4.1570>