

Pembelajaran Fisika melalui Virtual Laboratory Berbasis Phet Simulation untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa

¹Siti Fatimah, ²Kartika Chrysti Suryandari

¹Fakultas Tarbiyah, Institut Agama Islam Nahdlatul Ulama Kebumen, Jl. Tentara Pelajar No.55B, Panggel, Panjer, Kec. Kebumen, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah, 54312

²FKIP, Universitas Sebelas Maret Kampus Kebumen, l. Kepodang No.67a, Panjer, Kec. Kebumen, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah 54312

Email Korespondensi: fatimah@iainu-kebumen.ac.id

Article Info	Abstract
Article History Received: 02 Mei 2022 Revised: 19 June 2022 Published: 30 June 2022	Physics Learning through Phet Simulation-Based Virtual Laboratory to Improve Students' Science Process Skills. The purpose of this research is to analyze the improvement of students' science process skills through a virtual laboratory based on PHET simulation on electrical materials. This study is a quantitative study using a quasi-experimental nonequivalent control group design. This research was conducted for 6 months on second-semester students, totaling 140 students. The instruments in this research are observations, interviews, and tests. The increase in science process skills was analyzed using the N-Gain value. The results of the analysis show that learning physics through a virtual laboratory based on PHET simulation is proven to improve students' science process skills. The improvement of science process skills in the experimental class was better than in the control class.
Keywords PHET simulation, physics learning, science process skills, virtual laboratory	
Informasi Artikel	Abstrak
Sejarah Artikel Diterima: 02 Mei 2022 Direvisi: 19 Juni 2022 Dipublikasi: 30 Juni 2022	Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa melalui virtual laboratory berbasis PHET simulation pada materi listrik. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan kuasi eksperimen nonequivalent control group design. Penelitian ini dilakukan selama 1 semester (6 bulan) pada mahasiswa semester 2 yang berjumlah 140 mahasiswa. Instrumen dalam penelitian berupa observasi, wawancara, dan tes. Peningkatan keterampilan proses sains dianalisis dengan menggunakan nilai N-Gain. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembelajaran fisika melalui virtual laboratory berbasis PHET simulation terbukti dapat meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa. Peningkatan keterampilan proses sains di kelas eksperimen lebih baik daripada di kelas kontrol.
Kata kunci PHET simulation, Pembelajaran fisika, keterampilan proses sains, virtual laboratory	
Sitasi: Fatimah, S., & Suryandari, K. C. (2022). Pembelajaran Fisika melalui Virtual Laboratory Berbasis Phet Simulation untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa. <i>Kappa Journal</i> , 6(1), 82-89.	

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika memiliki tujuan untuk membentuk kemampuan bernalar peserta didik yaitu terbentuknya kemampuan berpikir yang logis, sistematis, dan mempunyai sifat objektif, jujur, dan disiplin dalam menyelesaikan atau memecahkan sebuah permasalahan (Neizhela & Mosik, 2015). Jannah (2013) menyebutkan bahwa pembelajaran fisika memiliki karakteristik yaitu merupakan ilmu yang berhakikat pada proses, produk, dan sikap. Fisika tidak hanya dipelajari pada aspek konsep saja, namun juga mempelajari bagaimana cara memperoleh konsep tersebut. Dengan demikian, dalam pembelajaran fisika peserta didik

dituntut untuk mendapatkan pengetahuannya sendiri dengan peran aktifnya dalam proses belajar mengajar (Gunawan et al., 2021).

Listrik menjadi salah satu cabang materi yang dirasa sulit oleh peserta didik. Hal ini dibuktikan dengan studi pendahuluan bahwa materi listrik merupakan materi yang abstrak sehingga tidak mudah dipahami. Sebanyak 87% mahasiswa menyatakan bahwa materi listrik adalah materi yang sulit (Syahidi et al., 2019). Beberapa alasan yang membuat materi listrik sulit dipahami adalah materi yang bersifat abstrak, kurangnya analisis rangkaian, dan praktik yang kurang optimal. Terlebih pada saat pandemi, semua materi disampaikan secara daring sehingga diperlukan inovasi di dalam pembelajaran *online*.

Pembelajaran fisika berbasis online dapat bermakna apabila tetap ada interaksi antara pendidik dan peserta didik. Selain itu, pendidik perlu memberikan motivasi kepada peserta didik agar dapat mengikuti pembelajaran dengan baik meskipun dilaksanakan secara daring. Mustakim, dkk (2021) menyebutkan bahwa motivasi sangat penting bagi peserta didik selama pembelajaran online. keberhasilan dan kegagalan e-learning sangat bergantung pada motivasi siswa (El-Seoud, dkk: 2014). Oleh sebab itu, perlu adanya teknik yang perlu dilakukan oleh guru untuk merangsang motivasi siswa dalam menggunakan e-learning, yaitu: 1) Perlu diingat bahwa motivasi harus dialami dalam diri siswa; 2) Menjelaskan kepada siswa bagaimana cara menggunakan e-learning; 3) Menciptakan lingkungan belajar kolaborasi sehingga siswa tidak merasa belajar sendiri; 4) Mendorong antar siswa untuk saling berkolaborasi; 5) Membantu siswa untuk dapat melakukan interaksi dengan sesama siswa yang lebih efektif; 6) Berinteraksi dengan siswa dan selalu memantau kehadiran serta memberikan umpan balik yang berkelanjutan.

Pendidik dapat menggunakan media pembelajaran yang inovatif dalam menunjang pembelajaran *online* agar peserta didik mendapatkan pengalaman belajar yang lebih optimal. Salah satu media pembelajaran yang dapat digunakan oleh pendidik adalah dengan menggunakan PHET simulation (Çelik, 2021). PHET *simulation* merupakan sebuah media pembelajaran yang dapat digunakan dalam pembelajaran sains, khususnya fisika. Haryadi & Pujiastuti (2019) menyebutkan bahwa PHET *simulation* merupakan software yang dikembangkan oleh University of Colorado yang berisi simulasi-simulasi pembelajaran fisika, biologi, kimia, ataupun matematika untuk kepentingan pembelajaran baik di kelas maupun individu (Daskan & Yildiz, 2020). Dijelaskan pula bahwa PHET *simulation* tepat digunakan di abad 21 yang menekankan hubungan antara fenomena kehidupan nyata dengan sains, mendukung pembelajaran yang interaktif dan konstruktivistis, memberikan umpan balik, dan menyediakan tempat/ruang untuk peserta didik bereksperimen secara kreatif meskipun secara virtual.

Penggunaan PHET *simulation* yang tepat akan memberikan kemudahan bagi peserta didik dalam memahami sebuah konsep. Haryadi & Pujiastuti (2019) mengemukakan bahwa untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pembelajaran menggunakan PHET *simulation*, maka perlu dilakukan persiapan yang matang dan melaksanakan tahapan penggunaan media PHET. Krobthong (2015) menyebutkan beberapa tahapan dalam menggunakan PHET *simulation*, yaitu: 1) ruang kelas persiapan, 2) lembar kegiatan, 3) penilaian awal dan akhir (opsional), 4) pengenalan topik dan motivasi, 5) waktu bermain simulasi, 6) aktivitas simulasi, dan 7) refleksi.

Adanya ruang/tempat beraktivitas/bereksperimen memberikan kesempatan yang besar bagi mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan-keterampilan yang dimiliki oleh mahasiswa, termasuk keterampilan proses sains sangat mungkin dapat dikembangkan melalui aktivitas dalam PHET *simulation*. Kastrup, dkk (2017) menjelaskan bahwa keterampilan proses sains adalah kemampuan peserta didik untuk menerapkan metode ilmiah dalam memahami, mengembangkan, dan menemukan sebuah konsep/ilmu pengetahuan. Haryadi & Pujiastuti (2019) menjelaskan bahwa keterampilan proses sains sangat penting bagi setiap peserta didik sebagai bekal untuk menggunakan metode ilmiah dalam mengembangkan ilmu

pengetahuan dan dalam rangka memperoleh pengetahuan baru atau mengembangkan pengetahuan yang telah dimiliki. Dijelaskan pula bahwa melalui media PHET *simulation*, keterampilan proses sains peserta didik dapat ditingkatkan dengan ketentuan mengikuti semua prosedur praktikum secara virtual yang sudah ditetapkan. Peserta didik dilatih untuk memecahkan masalah melalui pengamatan, mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, merancang dan melakukan eksperimen, mengolah data dan melakukan diskusi serta mempresentasikan hasil praktikumnya.

Penelitian tentang penggunaan PHET *simulation* di dalam pembelajaran fisika telah banyak dilakukan. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Yunzal & Casinillo (2020) bahwa pembelajaran fisika dengan menggunakan PHET *simulation* lebih menarik minat dan perhatian mahasiswa. Selain itu, ada perbedaan kinerja (*performance*) mahasiswa sebelum dan sesudah menggunakan PHET *simulation*. Temuan Suparwoko, dkk (2017) juga menunjukkan bahwa penggunaan PHET *simulation* dapat digunakan sebagai media dalam menjelaskan materi efek fotolistrik, namun temuan juga menunjukkan masih ada beberapa siswa yang masih belum memahami konsep efek fotolistrik. Berdasarkan temuan tersebut, perlu dilakukan kajian tentang penggunaan PHET *simulation* untuk mengukur keterampilan proses sains mahasiswa. Selama ini keterampilan proses sains dianggap dapat diukur apabila seseorang dapat mengalami dan memegang alat praktikum secara langsung, namun dengan adanya *virtual laboratory* akan memudahkan mahasiswa tetap melakukan aktivitas percobaan khususnya pada saat pembelajaran daring.

Berdasarkan penjelasan di atas, tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa melalui *virtual laboratory* berbasis PHET *simulation* pada materi listrik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan kuasi eksperimen. Penelitian ini dilakukan selama 1 semester (6 bulan) pada mahasiswa semester 2 yang berjumlah 140 mahasiswa yang berasal dari Universitas di Jawa Tengah. Instrumen dalam penelitian berupa observasi, wawancara, dan tes. Indikator keterampilan proses sains mahasiswa yang diukur mencakup aspek mengamati, menafsirkan pengamatan, membuat hipotesis, merancang eksperimen, melakukan eksperimen, menganalisis data, dan mengkomunikasikan hasil (Fatimah, 2016). Desain quasi experimental adalah Nonequivalent Control Group Design yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nonequivalent Control Group Design

Kelas	Pre test	Perlakuan	Post test
A1	O1	X	O2
A2	O1	X	O2
A3	O1	X	O2
B	O1	-	O2

Tabel 1 adalah desain penelitian kuantitatif dalam mengimplementasikan pembelajaran fisika menggunakan virtual laboratory berbasis PHET *simulation* yang terdiri dari kelas A1-A3 adalah kelas eksperimen artinya kelas yang diberikan perlakuan (X) dengan media *virtual laboratory* berbasis PHET *simulation*. Sedangkan kelas B adalah kelas yang tidak diberikan perlakuan artinya hanya menggunakan metode konvensional. Masing-masing kelas diberikan *pre-test* (O1) sebelum diberikan perlakuan dan diberikan *post-test* (O2) setelah diberikan perlakuan.

Peningkatan keterampilan proses sains dianalisis dengan menggunakan nilai N-Gain (Doyan, dkk: 2020). Untuk mengetahui interpretasi peningkatan keterampilan proses sains yaitu dengan menggunakan N-Gain dengan kategori seperti pada tabel 2.

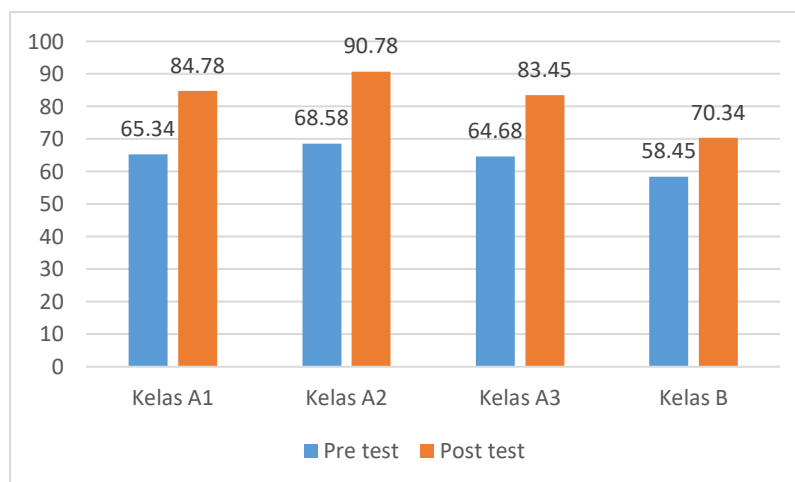
Tabel 2. Kriteria N-Gain

Rerata N-Gain	Kualifikasi
$0,70 < N-Gain \leq 1,00$	Tinggi
$0,30 < N-Gain \leq 0,70$	Sedang
$N-Gain \leq 0,30$	Rendah

(Sumber: Hake: 2007)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembelajaran fisika menggunakan *virtual laboratory* berbasis PHET *simulation* menjadi salah satu inovasi yang dilakukan oleh pendidik dalam membuat pembelajaran fisika berbasis online menjadi lebih bermakna. Penelitian yang dilakukan selama satu semester dengan menggunakan sebanyak 140 mahasiswa menghasilkan nilai *pre-test* dan *post-test* seperti pada gambar 1.

Gambar 1. Rata-rata *pre-test* dan *post-test* keterampilan proses sains mahasiswa

Gambar 1 menunjukkan bahwa kelas A2 menunjukkan rata-rata nilai *pre-test* dan *post-test* yang paling tinggi dibandingkan dengan kelas yang lain. Sedangkan kelas B menunjukkan nilai paling rendah baik rata-rata nilai *pre-test* ataupun rata-rata nilai *post-test*. Setelah dihitung nilai *pre-test* dan *post-test*, selanjutnya diukur nilai N-Gain masing-masing kelas. Hasil N-Gain dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil rata-rata N-Gain keterampilan proses sains mahasiswa

Kelas	Rata-Rata <i>Pre test</i>	Rata-Rata <i>Post test</i>	Rata-Rata N-Gain
A1	65,34	84,78	0,56
A2	68,58	90,78	0,71
A3	64,68	83,45	0,53
B	58,45	70,34	0,29

Tabel 3 menunjukkan bahwa kelas A2 memiliki nilai rata-rata N-Gain paling besar dibandingkan kelas yang lain yaitu sebesar 0,71. Sedangkan kelas B menunjukkan nilai N-Gain yang paling rendah yaitu sebesar 0,29. Tabel 4 menunjukkan interpretasi nilai N-Gain keterampilan proses sains masing-masing kelas.

Tabel 4. Interpretasi nilai N-Gain keterampilan proses sains mahasiswa

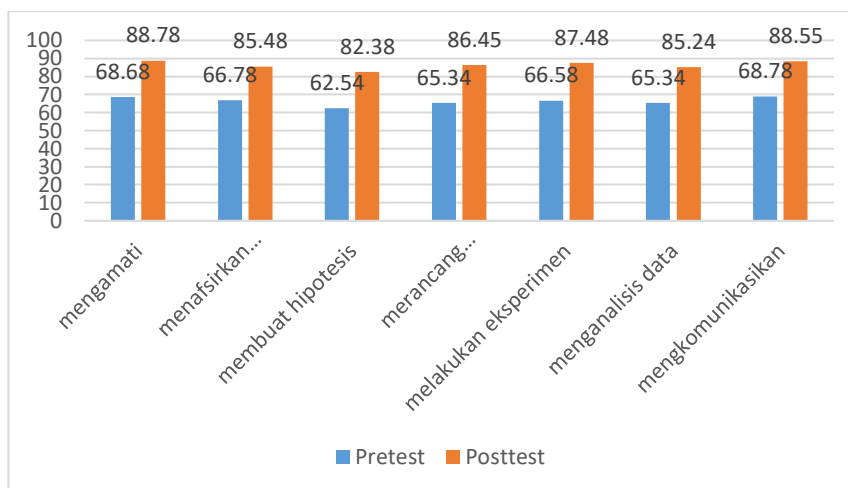
Kelas	Rata-Rata N-Gain	Interpretasi
A1	0,56	Sedang
A2	0,71	Tinggi
A3	0,53	Sedang
B	0,29	Rendah

Rata-rata nilai N-Gain mahasiswa di kelas A2 menunjukkan kriteria tinggi, sedangkan kelas A1 dan A3 menunjukkan kriteria sedang, dan kelas B menunjukkan kriteria rendah. Berdasarkan hasil analisis N-Gain tersebut dapat dijelaskan bahwa masing-masing kelas terdapat peningkatan keterampilan proses sains. Namun kelas eksperimen yaitu kelas yang menggunakan virtual laboratory berbasis PHET *simulation* memiliki peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas yang diajarkan melalui pembelajaran konvensional.

Pembelajaran fisika berbasis PHET *simulation* menjadi salah satu upaya yang dilakukan oleh pendidik untuk membuat pembelajaran fisika secara online lebih menyenangkan. Sehingga mahasiswa tidak merasa tertekan atau *stress* dengan adanya pembelajaran yang berbasis *online*. Virtual laboratory menggunakan PHET *simulation* memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk melakukan eksperimen dengan cara yang lebih menyenangkan (Dantic & Fularon, 2022; Salame & Makki, 2021; Wieman, 2010). Hal ini dikarenakan PHET *simulation* memiliki tampilan yang menarik. Carpenter & Chasteen (2016) menjelaskan bahwa PHET *simulation* menyediakan pengaturan animasi, interaktif, dan seperti permainan yang memungkinkan para ilmuwan untuk melakukan eksperimen. Adanya animasi mampu menggambarkan konsep yang abstrak menjadi *real* (Susilawati, dkk: 2022). Seperti animasi perjalanan arus dalam rangkaian listrik dapat terlihat dengan jelas melalui PHET *simulation*. Mahasiswa juga diberikan kebebasan dalam merakit dan merancang percobaan. Sehingga keterampilan mahasiswa akan berkembang.

Penggunaan PHET *simulation* dalam penelitian ini terbukti dapat meningkatkan keterampilan proses sains dengan baik daripada pembelajaran *online* yang konvensional. Hal ini juga dikuatkan dari hasil penelitian Susilawati, dkk (2022) dan Siswanto, dkk (2018) yang membuktikan bahwa PHET *simulation* dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik dengan nilai N-Gain menunjukkan kategori tinggi. Begitu juga hasil penelitian Dantic & Fularon (2022) menunjukkan bahwa penggunaan PHET *simulation* penting dan bermanfaat dalam menjelaskan konsep listrik dan magnet. Terbukti bahwa pemahaman konsep peserta didik dapat meningkat setelah menggunakan PHET *simulation* selama pembelajaran fisika (Najib, dkk: 2022). Wieman (2010) menjelaskan bahwa simulasi PHET sangat membantu peserta didik dalam memahami ide-ide ilmiah, memahami peristiwa dunia nyata, dan terlibat dalam kegiatan/aktivitas ilmiah.

Berdasarkan hasil wawancara dan dokumentasi, keterampilan proses sains mahasiswa mengalami perkembangan yang baik selama menggunakan PHET *simulation*. Mahasiswa merasa tertarik dan senang untuk melakukan percobaan melalui PHET *simulation*. Mahasiswa dapat bebas dalam menjalankan percobaan tanpa merasa khawatir adanya alat dan bahan yang rusak atau habis. Karena dapat diulang sesuai dengan kebutuhan. Berbeda apabila mahasiswa melakukan percobaan dengan menggunakan alat dan bahan yang *real*, selain harganya yang kadang tidak terjangkau juga apabila percobaan yang dilakukan gagal akan membutuhkan alat dan bahan yang baru sehingga kurang efektif dan efisien. Carpenter & Chasteen (2016) menyatakan bahwa dengan adanya simulasi PHET, pembelajaran dapat lebih efisien. Gambar 2 adalah hasil analisis keterampilan proses sains mahasiswa tiap aspek.



Gambar 2. Rata-rata nilai keterampilan proses sains tiap aspek

Gambar 2 menunjukkan bahwa keterampilan proses sains mahasiswa sebelum dan sesudah menggunakan PHET *simulation* memiliki peningkatan yang baik. Aspek mengamati menjadi aspek yang paling tinggi dibandingkan dengan aspek yang lain. Sedangkan aspek membuat hipotesis memiliki nilai yang lebih rendah. Fatimah (2016) menyebutkan bahwa kegiatan mengamati adalah kegiatan yang menggunakan seluruh panca indera dalam rangka mengumpulkan fakta yang relevan dan mencari kesamaan dan perbedaan sebuah objek. Pengamatan diberikan oleh dosen dalam bentuk video, gambar, dan studi kasus yang harus dianalisis oleh mahasiswa. Aspek membuat hipotesis menjadi aspek yang paling rendah peningkatannya. Saputri (2021) menyebutkan bahwa merumuskan hipotesis merupakan indikator penting karena melibatkan peserta didik memikirkan hubungan dan keterkaitan antar variabel yang diuji melalui praktikum (Maison, dkk: 2019). Kurangnya pemahaman tentang variabel dalam praktikum membuat mahasiswa memiliki kemampuan hipotesis yang kurang optimal sehingga pendidik perlu menekankan tentang variabel-variabel yang ada dalam sebuah eksperimen.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa pembelajaran fisika melalui virtual laboratory berbasis PHET *simulation* terbukti dapat meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa. Peningkatan keterampilan proses sains di kelas eksperimen lebih baik daripada di kelas kontrol. Aspek mengamati menjadi aspek yang paling tinggi dibandingkan dengan aspek yang lain, sedangkan aspek membuat hipotesis menjadi aspek yang paling rendah.

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah pendidik dapat menggunakan media virtual lain yang dapat digunakan untuk menciptakan pembelajaran yang lebih menyenangkan. Aplikasi Algodoo dapat menjadi salah satu rekomendasi dalam penggunaan media pembelajaran yang lebih bervariasi. Sehingga peserta didik merasa senang dalam mempelajari fisika khususnya dalam pembelajaran *online*.

DAFTAR PUSTAKA

- Carpenter, Y., Perkins, K. and Loeblein, P. (2021) PhET Interactive Simulations for teaching and learning in Earth and Energy Sciences. *Earth Educators' Rendezvous*.
- Çelik, B. (2021). The Effects of Computer Simulations on Students' Science Process Skills: Literature Review. *Canadian Journal of Educational and Social Studies*. Vol 2 (1): 16-28.
- Dantic, M.J. (2021). Sci-Art: Visual art approach in Astronomoy of teacher education students. *American Journal of Mulidisciplinary Reserch & Development*. Vol 3 (10): 12-19.
- Doyan, A., Gunawan, G., Susilawati, Khasanah, B., & Mulyadi, L. (2020). The effectiveness of quantum phenomenon learning media with think pair share model implementation on understanding concept of students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521, 22037. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022037>.
- El-Seoud, M. S. A., Taj-Addin, I. T. F., Seddiek, N., El-Khouly, M. M., Nosseir, A. (2014). E-learning and students' motivation: a research study on the effect of e-learning on higher education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 9 (4), 20-26.
- Fatimah, S. (2016). Pengaruh Pembelajaran IPA menggunakan Project Based Learning (PjBL) dan Seven Jumps terhadap keterampilan Proses dan Karakter Sains Peserta Didik Pada Materi Peristiwa Alam. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pendidikan Inovasi Pembelajaran Berbasis Karakter dalam Menghadapi Masyarakat Ekonomi ASEAN*. 160-172.
- Hake, R.R. (2007). *Design-Based Research in Physics Education Research*.: NSF Grant DUE.
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2019). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *International Conference on Mathematics and Science Education*. 1521. 1-6.
- Jannah, M., Subiki, & Lesmono, A.D. (2013). Model Pembelajaran Kooperatif Melalui Lesson Study Disertai Metode Demonstrasi Pada Pembelajaran Fisika Di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Jember*.
- Kastrup, H. Mallow, J V., Connolly, J W., Ramayanti, S., Utari, S., & Saepuzaman, D. (2017). Improving Students' Science Process Skills through Simple Computer Simulations on Linear Motion Conceptions. *J. Phys. Conf. Ser.* 812 1 p 012017.
- Krobthong, T. (2015). Teaching University Physics by using Interactive Science Simulations methods. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 197 February pp 1811–1817.
- Maison, Darmaji, Kurniawan, D.A., Astalini, Dewi, U.P., & Kartina, L. (2019). Analysis of Science Process Skills in Physics Education Students. *Jurnal Online Internasional & Nasional*. Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta 23 (2): 197–205.
- Mustakim, Z., Fatimah, S., & Mahmudah, U. (2021). Students' perception and motivation on e-learning during the COVID-19 pandemic. In S. Jackowicz & I. Sahin (Eds.), *Online Education during the COVID-19 Pandemic: Issues, Benefits, Challenges, and Strategies* (pp. 59-80). ISTES Organization.
- Najib, M.N.M., Md-Ali, R., & Yacob, A. (2022). Effects of Phet Interactive Simulation Activities on Secondary School Students' Physics Achievement. *South Asian Journal of Social Science & Humanities*. Vol 3 (2): 73-88.
- Neizhela, A. & Mosik (2015). Meningkatkan Hasil Belajar Melalui Pendekatan Kontekstual Dengan Metode Think Pair Share Materi Kalor Pada Siswa SMP. *Unnes Physics Education Journal*. Vol 4 (1): 36-42.

- Salame, I. and 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*, Vol 17(4), e2247
- Saputri, A. A. (2021). Student science process skills through the application of computer-based scaffolding assisted by PhET simulation. *At-Taqaddum*, Vol 13(1), 21-38.
- Siswanto, S., Gumilar, S., Yusiran, Y., & Trisnowati, E. (2018). Scientific approach-integrated virtual simulation: a physics learning design to enhance student's science process skills (SPS). *Unnes Science Education Journal*, Vol 7(1).
- Suparwoko, Cari, Sarwanto, & Suparmi. (2017). The effect of Phet Simulation media for physics teacher candidate understanding on photoelectric effect concept. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*. Vol 1 (1): 33-39.
- Susilawati, Dyan, A., Mulyadi, L., Abo, C.P., & Pineda, C.I.S. (2022). The Effectiveness of Modern Physics Learning Tools Using the PhET Virtual Media Assisted Inquiry Model in Improving Cognitive Learning Outcomes, Science Process Skills, and Scientific Creativity of Prospective Teacher Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. Vol 8 (1): 291-295.
- Gunawan, A. R., Hikmawati, H., Gunada, I. W., & Susilawati, S. (2021). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model PBL Berbantuan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi. *Kappa Journal*, 5(2), 166–173. <https://doi.org/10.29408/kpj.v5i2.3973>
- Syahidi, K., Zahara, L., & Ariandani, N. (2019). Pendekatan Scientific Approach dalam Mengembangkan Alat Praktikum IPA Terintegrasi Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan dan Kreativitas Guru IPA. *Kappa Journal*, 3(2), 148–155. <https://doi.org/10.29408/kpj.v3i2.1638>
- Wieman, C., Adams, W., Loeblein, P. & Perkins, K. (2010) Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, Vol 48(4), 225-227.
- Yunzal, A.N., & Casinillo, L.F. (2020). Effect of Physics Education Technology (PhET) Simulations: Evidence from STEM Students' Performance. *Journal of Educational Research and Evaluation*. Vol 4 (3): 221-226.