

PEMAHAMAN KONSEP GELOMBANG SISWA DALAM PEMBELAJARAN BERBASIS VIRTUAL LAB

Ichda Nafila Nurrochman¹, Erman^{2*}

^{1,2} Program Studi S1 Pendidikan IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
*E-mail: erman@unesa.ac.id

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk mendeskripsikan pemahaman konseptual gelombang siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis virtual lab pada salah satu Sekolah Menengah Pertama (SMP) di Kabupaten Jombang. *Comparative study* merupakan jenis penelitian yang digunakan. Studi dilakukan dengan menggunakan dua kelas di mana pada setiap kelas berjumlah 30 orang. Rancangan penelitian jenis *two group pretest-posttest design* digunakan dalam studi ini. Metode tes merupakan teknik pengumpulan data yang diterapkan dalam studi ini. Hasil studi menunjukkan bahwa pemahaman konsep gelombang siswa dalam *pretest* dan *posttest* dengan uji Mann-Whitney diperoleh berturut-turut 0,546 dan 0,058 > 0,05 yang memiliki arti tidak terdapat perbedaan yang berarti baik pada *pretest* maupun *posttest* pemahaman konsep gelombang siswa antara kelas berbasis virtual lab maupun kelas berbasis *real lab*. Analisis rata-rata *Normalized Gain* (N-Gain) pada kelas virtual didapatkan kategori tinggi.

Kata Kunci: Pemahaman konsep gelombang, *real lab*, virtual lab

Abstract

This study aimed to describe the conceptual understanding of a wave of students who took part in virtual lab-based learning at one of the Junior High Schools (SMP) in Jombang Regency. Comparative study is the type of research used. The study was carried out using two classes where there were 30 people in each class. A two-group pretest-posttest design research design was used in this study. The test method is a data collection technique applied in this study. The results of the study show that students' understanding of the concept of waves in the pretest and posttest using the Mann-Whitney test was obtained respectively 0.546 and 0.058 > 0.05, which means there is no significant difference in both the pretest and posttest in understanding the concept of students' waves between virtual lab-based classes, as well as real lab-based classes. Analysis of the average Normalized Gain (N-Gain) in the virtual class was found to be in the high category.

Keywords: Understanding the concept of waves, *real lab*, virtual lab.

How to cite: Nurrochman, I.N. & Erman. (2023). Pemahaman konsep gelombang siswa dalam pembelajaran berbasis virtual lab. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 11(3). pp. 214-218.

© 2023 Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) atau sains adalah bagian dari pengetahuan yang mengkaji berbagai fenomena alamiah yang terjadi di alam semesta, termasuk di dalamnya materi, energi, dan kekuatan alam (Kampourakis, 2016). Pengetahuan siswa di Indonesia dalam bidang sains kurang memadai. Laporan dari *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2018 mengindikasikan bahwa Indonesia mencatatkan nilai rata-rata sebesar 396 di bidang sains (OECD, 2019). Banyak peneliti dalam pendidikan sains mengindikasikan bahwa siswa dari kelompok umur dan tingkat yang berbeda mempunyai kesulitan dalam

memperoleh konsep-konsep dalam sains (Başer & Durmus, 2010). Belajar sains adalah suatu tantangan karena banyak terdapat konsep yang abstrak dan sulit untuk dipahami. Hasil wawancara dengan guru mata pelajaran IPA pada salah satu SMP yang ada di Jombang menyatakan bahwa guru lebih sering menyampaikan materi pembelajaran dengan cara konvensional, yaitu ceramah. Siswa jarang melakukan praktikum karena keterbatasan alat di laboratorium sekolah. Hal tersebut mengakibatkan siswa hanya berpusat pada penjelasan guru dan tidak belajar secara langsung.

Salah satu cara untuk mengatasi tantangan dalam proses pembelajaran IPA adalah dengan menggunakan

model pembelajaran yang sesuai. Salah satu pilihan model pembelajaran yang dapat diterapkan dalam pembelajaran IPA adalah model pembelajaran inkuiri terbimbing. Model pembelajaran inkuiri berpengaruh secara signifikan terhadap keterampilan inkuiri siswa (Karmila et al., 2019). Pembelajaran inkuiri terbimbing adalah model pembelajaran berbasis konstruktivistik yang dipandu oleh guru, melibatkan penyusunan pertanyaan, serta perancangan eksperimen. Hal ini bertujuan agar siswa dapat mengembangkan pemahaman mereka sendiri melalui pengamatan eksperimen yang mengikuti langkah-langkah ilmiah, seperti merumuskan masalah, melaksanakan eksperimen, menilai hipotesis, serta menarik kesimpulan (Agustina et al., 2020). Bulan et al. (2015) menjelaskan bahwa dengan pembelajaran inkuiri terbimbing, kemampuan inkuiri siswa dapat meningkat dan menjadikan siswa memiliki kemampuan inkuiri. Pengetahuan domain yang dimiliki oleh siswa berpengaruh terhadap keterampilan inkuiri. Pengetahuan yang kuat dapat membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan inkuiri dengan lebih baik karena siswa memahami konteks dan konsep yang terkait dengan pertanyaan atau masalah yang akan diteliti (Dewi et al., 2017).

Pelaksanaan pembelajaran inkuiri mata pelajaran IPA membutuhkan suatu laboratorium untuk melakukan eksperimen. Laboratorium memegang beberapa peran dalam Pendidikan IPA termasuk mengembangkan keterampilan proses sains, seperti keterampilan inkuiri, investigasi, organisasi, dan komunikasi. Laboratorium yang dapat digunakan dalam pembelajaran IPA pada abad ke-21 ini dapat berupa laboratorium riil maupun virtual. Laboratorium riil adalah suatu sarana praktikum dengan memakai alat dan bahan nyata dalam mencari atau mengkaji informasi atau data dengan pembuktian secara nyata dengan maksud menarik suatu generalisasi (Rusliati & Retnowati, 2019). Menurut Başer & Durmus (2010) dengan melakukan eksperimen dalam laboratorium riil, para peneliti bisa mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam dan akurat tentang fenomena yang mereka pelajari dan mengembangkan solusi untuk berbagai masalah dunia nyata. Laboratorium virtual adalah suatu aplikasi dimana siswa dapat memanipulasi objek dan variabel untuk melakukan percobaan melalui komputer (Chen et al., 2014). Laboratorium virtual lebih aman, hemat biaya, bersih, fleksibel, dan efisien waktu jika dibandingkan dengan laboratorium fisik (Taibu et al., 2021).

Salah satu laboratorium virtual yang ada saat ini bernama PhET yang dikembangkan oleh *University of Colorado*. Keunggulan dalam penggunaan PhET adalah siswa bisa mengeksplorasi pengetahuan secara langsung sehingga dapat membantu siswa dalam membangun keterampilan visualisasi dan pemodelan serta mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai konsep-konsep yang sulit (Rahmawati et al., 2022). PhET juga bisa membantu siswa dalam mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai konsep-konsep sains (Yulianti et al., 2021). PhET simulation mendukung pembelajaran IPA yang bersifat abstrak (Summa Dewi et al., 2017). Laboratorium inkuiri dapat difasilitasi dengan

menggunakan PhET sehingga memungkinkan siswa memperoleh keterampilan ilmiah (Taibu et al., 2021).

Salah satu materi dalam pembelajaran IPA yang membutuhkan laboratorium untuk melakukan kegiatan percobaan adalah materi gelombang. Materi gelombang pada Kurikulum 2013 merupakan materi kelas VIII. Materi KD 3.10 memahami konsep dari getaran, gelombang, bunyi dan pendengaran serta penerapannya dalam sistem sonar pada hewan dan dalam kehidupan sehari-hari. Materi KD 4.10 melaksanakan pengamatan atau percobaan mengenai getaran, gelombang dan bunyi. PhET sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran materi gelombang karena materi gelombang yang bersifat abstrak menjadikan siswa kesulitan, seperti contohnya apabila siswa diharuskan menentukan amplitudo dan frekuensi. Siswa tidak bisa memanipulasi variabel-variabel seperti amplitudo dan frekuensi jika memakai tali (Rahayu, 2017).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sulistiowati et al. (2013) mengindikasikan bahwa tidak terdapat perbedaan pada keterampilan proses sains (KPS) serta hasil belajar siswa pada materi titrasi asam basa baik menggunakan laboratorium fisik maupun laboratorium virtual. Penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa laboratorium virtual dapat berperan sebagai alat simulasi yang digunakan di sekolah yang telah dilengkapi dengan fasilitas laboratorium komputer, sebelum siswa terlibat dalam pembelajaran di laboratorium *real* atau fisik. Peneliti ingin menerapkan pembelajaran berbasis virtual lab pada materi gelombang di salah satu SMP di Kabupaten Jombang. Hal ini mendasari tujuan peneliti melakukan penelitian ini, yaitu untuk mendeskripsikan pemahaman siswa terhadap konsep gelombang setelah pembelajaran berbasis virtual lab menggunakan PhET.

METODE

Rancangan penelitian yang diterapkan pada studi ini adalah *Two Group Pretest Posttest Design*. Penelitian ini dilangsungkan dengan memberikan *pretest* pemahaman konseptual siswa sebelum pembelajaran serta *posttest* pemahaman konseptual siswa sesudah pembelajaran. Dua kelompok yang dipilih pada penelitian ini, yaitu kelas VIII-A merupakan kelas yang menerapkan pembelajaran berbasis virtual lab, kelas VIII-B merupakan kelas yang menerapkan pembelajaran berbasis *real* lab. Rancangan tersebut dipilih bertujuan untuk mendeskripsikan pemahaman konsep gelombang sebelum dan setelah dilangsungkan pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis virtual lab maupun *real* lab.

Subjek penelitian ini, yaitu siswa kelas VIII Semester Genap salah satu SMP Negeri yang terdapat di daerah Jombang. Dari populasi siswa kelas VIII, akan diambil dua kelas heterogen yang sedang mempelajari bab getaran dan gelombang sebagai perwakilan populasi atau disebut sebagai sampel. Sampel yang telah dipilih adalah kelas VIII-A dan VIII-B yang terdiri dari 30 orang pada setiap kelas.

Teknik pengumpulan data yang diterapkan dalam studi ini adalah melalui tes. Penggunaan *pretest* dan *posttest* bertujuan untuk mengumpulkan data pemahaman konsep gelombang siswa. Tes pemahaman konseptual siswa

meliputi ranah C1, C2, C3, C4, dan C5 dimana C1 adalah mengingat, tingkat C2 adalah memahami, tingkat C3 adalah menerapkan, tingkat C4 adalah menganalisis, tingkat C5 adalah mengevaluasi.

Hasil *pretest-posttest* dianalisis melalui uji Mann-Whitney dan N-Gain. Tahap awal yang dilakukan adalah data dianalisis menggunakan uji normalitas. Uji normalitas data dilangsungkan dengan memakai uji Kolmogorov-Smirnov pada program SPSS. Data yang didapatkan pada penelitian ini tidak berdistribusi normal, sehingga langkah selanjutnya adalah melakukan uji non parametrik, yaitu uji Mann-Whitney. Dilakukannya uji Mann-Whitney bertujuan untuk menguji signifikansi perbedaan pengetahuan siswa antara hasil *pretest* kelas virtual lab dengan kelas *real* lab serta antara hasil *posttest* kelas virtual lab dengan kelas *real* lab. Analisis N-Gain dilakukan guna menilai peningkatan pengetahuan atau pemahaman konsep gelombang siswa pada hasil nilai *pretest* dan *posttest*. Kategori hasil perhitungan dari persamaan N-Gain lalu dapat dilihat pada Tabel 1.

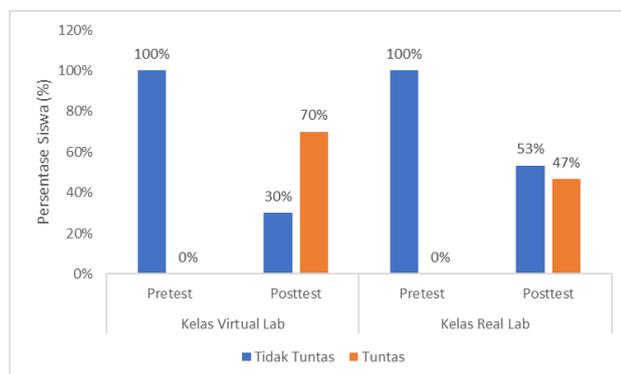
Tabel 1 Keefektifan N-Gain

Kriteria Skor N-Gain	Kategori <i>Normalized Gain</i>
$N\text{-Gain} > 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq N\text{-Gain} \leq 0,70$	Sedang
$0,00 \leq N\text{-Gain} \leq 0,30$	Rendah

(Hake, 1998)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat pengetahuan siswa pada materi gelombang dapat dilihat melalui hasil *pretest* dan *posttest* yang diperoleh siswa. *Pretest* dan *posttest* pada penelitian ini diberikan pada dua grup kelas, yaitu kelas virtual lab dan kelas *real* lab. Adapun data hasil *pretest-posttest* dicantumkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Ketuntasan *pretest* dan *posttest* pemahaman konsep gelombang siswa

Berdasarkan Gambar 1 didapat bahwa nilai <75 dikategorikan tidak tuntas dan nilai ≥ 75 dikategorikan tuntas. Pada Gambar 1 diketahui nilai *pretest* yang dicapai keseluruhan siswa kelas virtual lab maupun *real* lab belum ada yang tuntas. Setelah diberikan soal *posttest* pada kelas yang menerapkan pembelajaran berbasis virtual lab, siswa yang tuntas berjumlah lebih banyak daripada siswa yang tidak tuntas. Lebih banyak siswa yang menggunakan pembelajaran berbasis *real* lab yang tidak berhasil

menyelesaikan *posttest* dibandingkan dengan siswa yang berhasil menyelesaikannya.

Data hasil *pretest-posttest* pemahaman konsep gelombang siswa juga dapat diketahui dari nilai N-Gain yang ada pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil *pretest* dan *posttest* pengetahuan siswa

Kelas	Kriteria Skor N-Gain	Kategori	N	%
Virtual Lab	$X > 0,70$	Tinggi	16	62
	$0,30 \leq X \leq 0,70$	Sedang	8	31
	$0,00 \leq X \leq 0,30$	Rendah	2	8
Real Lab	$X > 0,70$	Tinggi	7	25
	$0,30 \leq X \leq 0,70$	Sedang	18	64
	$0,00 \leq X \leq 0,30$	Rendah	3	11

Keterangan:

X = N-Gain
 Jumlah siswa kelas virtual lab = 26
 Jumlah siswa kelas *real* lab = 28

Berdasarkan Tabel 2, mayoritas siswa yang menerapkan pembelajaran berbasis virtual lab berada dalam kategori N-Gain tinggi. Persentase siswa yang termasuk dalam kategori N-Gain sedang lebih besar dibandingkan dengan kategori N-Gain rendah dalam kelas virtual lab. Siswa yang memperoleh kategori N-Gain tinggi lebih banyak dibandingkan dengan siswa yang memperoleh kategori rendah dalam kelas *real* lab. Analisis rata-rata N-Gain pada kelas *real* lab didapatkan kategori sedang.

Data hasil *pretest* dan *posttest* diuji prasyarat terlebih dahulu sebelum data tersebut dapat digunakan. Berdasarkan uji SPSS, dapat diketahui jika nilai signifikansi (Sig.) dilihat dari Uji Kolmogorov-Smirnov untuk data nilai *pretest* kelas virtual lab sebesar 0,000, nilai *posttest* kelas virtual lab sebesar 0,000, nilai *pretest* kelas *real* lab sebesar 0,000, dan nilai *posttest* kelas *real* lab sebesar 0,052. Mayoritas kelas memperoleh nilai signifikansi (Sig.) $< 0,05$, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa data yang didapatkan tidak berdistribusi normal. Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan sebagai uji prasyarat dikarenakan pada penelitian ini sampel yang didapat besar ($n > 50$) (Mishra et al., 2019).

Setelah dilakukan uji prasyarat, data yang didapatkan tidak berdistribusi secara normal, dilakukan uji Mann-Whitney. Uji Mann-Whitney dilakukan guna mengetahui perbedaan pemahaman konsep gelombang siswa pada kelas yang melakukan pembelajaran berbasis virtual lab dengan kelas yang melakukan pembelajaran berbasis *real* lab. Uji Mann-Whitney dilakukan dan didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji Mann-Whitney data pemahaman konsep gelombang siswa

Uji	Nilai Sig.	Keputusan Uji
Uji Mann-Whitney <i>pretest</i> kelas virtual dan <i>real</i> lab	0.546	H_0 ditolak

Uji	Nilai Sig.	Keputusan Uji
Uji Mann-Whitney <i>posttest</i> kelas virtual dan <i>real</i> lab	0.058	H _a ditolak

Pretest dilaksanakan sebelum pembelajaran inkuiri terbimbing dilakukan. Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa tidak terlihat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* pengetahuan siswa kelas virtual lab dengan siswa kelas *real* lab. Nilai *pretest* yang hampir sama menunjukkan jika pengetahuan domain awal siswa pada kedua kelas mempunyai tingkat yang hampir sama. Sesudah pembelajaran inkuiri terbimbing dilakukan kemudian diberikan *posttest* untuk mengukur pemahaman konsep gelombang siswa pada kelas berbasis virtual lab dan kelas berbasis *real* lab. Berdasarkan Tabel 3. dapat ditarik kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan yang berarti antara nilai *posttest* pemahaman konsep gelombang siswa kelas virtual lab dengan siswa kelas *real* lab. Hal ini didukung oleh studi yang dilakukan oleh Sulistiowati et al. (2013) menemukan bahwa tidak terdapat perbedaan pada keterampilan proses sains (KPS) serta hasil belajar siswa pada materi titrasi asam basa dengan menggunakan laboratorium fisik dan laboratorium virtual. Hasil belajar tersebut merupakan bentuk dari evaluasi pengetahuan siswa.

Temuan dari studi ini mengindikasikan bahwa siswa di kedua jenis kelas, baik yang menggunakan pembelajaran berbasis virtual lab maupun *real* lab, memiliki tingkat pemahaman konsep yang setara. Pembelajaran dengan virtual lab dan *real* lab memberikan pengaruh yang sama pada pemahaman konsep siswa (Başer & Durmus, 2010). Selaras dengan penelitian Triona & Klahr (2007) yang menyatakan bahwa simulasi atau virtual lab sama produktifnya dengan alat pembelajaran seperti peralatan langsung, mengingat kurikulum dan pengaturan pendidikan yang sama. Kemampuan siswa di kedua kelas sama menjadi salah satu penyebab pengetahuan siswa pada kelas virtual lab dan *real* lab tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sehingga tidak ada perbedaan dalam kemampuan mereka untuk memahami dan menerapkan materi.

Teori konstruktivis mengklaim bahwa siswa harus aktif secara kognitif dalam membangun pengetahuan (Başer & Durmus, 2010). Hal terpenting adalah aktif secara kognitif baik dalam pembelajaran berbasis virtual lab maupun pembelajaran berbasis *real* lab. Tes yang diterapkan dalam penelitian ini adalah untuk menilai pemahaman konsep gelombang siswa SMP. Ketika skor *pretest* dibandingkan dengan skor *posttest* nilai N-Gain pada kedua kelas berbeda. Nilai N-Gain pada kelas virtual lab lebih baik daripada kelas *real* lab. Hal ini menunjukkan bahwa bahwa simulasi atau virtual lab dapat meningkatkan pengetahuan konseptual (Ganasen & Shamuganathan, 2017).

PENUTUP

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan, hasil, serta pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tidak

terdapat perbedaan yang berarti baik pada *pretest* maupun *posttest* pengetahuan siswa antara kelas berbasis virtual lab maupun kelas berbasis *real* lab. Analisis rata-rata N-Gain pada kelas virtual didapatkan kategori tinggi.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan pada salah satu SMP di Jombang, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan. Guru sebaiknya melakukan pelatihan penggunaan PhET terlebih dahulu kepada siswa. Hal ini dikarenakan kegiatan pembelajaran berbasis virtual lab membutuhkan keterampilan teknologi. Dengan diadakannya pelatihan, diharapkan dapat mengurangi kesenjangan keterampilan teknologi dan menambah keefektifan pembelajaran bagi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, K., Sahidu, H., & Gunada, I. W. (2020). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan media PhET terhadap kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kritis fisika peserta didik SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 6(1), 17–24. <https://doi.org/10.29303/jpft.v6i1.1514>
- Başer, M., & Durmus, S. (2010). The effectiveness of computer supported versus real laboratory inquiry learning environments on the understanding of direct current electricity among pre-service elementary school teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1), 47–61. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75227>
- Bulan, S. N., Maharta, N., & Ertikanto, C. (2015). Pengaruh kemampuan inkuiri terhadap hasil belajar fisika berbantuan virtual laboratory. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 3(3). <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JPF/article/view/8620>
- Chen, S., Chang, W. H., Lai, C. H., & Tsai, C. Y. (2014). A comparison of students' approaches to inquiry, conceptual learning, and attitudes in simulation-based and microcomputer-based laboratories. *Science Education*, 98(5), 905–935. <https://doi.org/10.1002/sce.21126>
- Dewi, N. R., Wijaya, A., & Van den Bergh, H. (2017). The effect of learning environment on student inquiry skills in science education. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 18(2), 1–15. https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v18_issue2_file1.pdf
- Ganasen, S., & Shamuganathan, S. (2017). The Effectiveness of physics education technology (PhET) interactive simulations in enhancing matriculation students' understanding of chemical equilibrium and remediating their misconceptions. *In Overcoming Students' Misconceptions in Science*, 157–178. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3437-4_9
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 1(66), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>

- Kampourakis, K. (2016). (The) nature(s) of science(s) and (the) scientific method(s). *Science and Education*, 25(1–2), 1–2. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9804-z>
- Karmila, D. D., Supeno, & Subiki. (2019). Keterampilan inkuiri siswa SMA dalam model pembelajaran inkuiri berbantuan virtual laboratory. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 8(3), 151–158. <https://doi.org/10.19184/jpf.v8i3.15218>
- Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 1(22), 67–72. https://doi.org/10.4103%2Faca.ACA_157_18
- OECD. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics and financial literacy*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Rahayu, S. (2017). Penerapan pendekatan saintifik dengan media simulasi PhET pada materi gelombang untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa SMP. *Pensa: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 3(5). <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/20170>
- 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. <https://doi.org/10.3926/JOTSE.1597>
- Rusliati, E., & Retnowati, R. (2019). Inkuiri terbimbing pada laboratorium virtual dan riil untuk membangun penguasaan konsep dan keterampilan proses sains. *Journal of Science Education and Practice*, 3(2), 47–56. <https://doi.org/10.33751/jsep.v3i2.1857>
- Sulistiowati, N., Yuanita, L., & Wasis. (2013). Perbedaan penggunaan laboratorium real dan laboratorium virtual pada keterampilan proses dan hasil. *Pendidikan Sains Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya*, 2(2), 191–197. <https://doi.org/10.26740/jpps.v2n2.p191-197>
- Summa Dewi, T., Nur Indah Sari Maghfiroh, H., & Fitri, N. (2017). Pembelajaran menggunakan animasi komputer Physics Education Technology (PhET) simulation pada materi efek fotolistrik. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek II*, 469–475. <http://hdl.handle.net/11617/9368>
- Taibu, R., Mataka, L., & Shekoyan, V. (2021). Using PhET simulations to improve scientific skills and attitudes of community college students. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 9(3), 353–370. <https://doi.org/10.46328/IJEMST.1214>
- Triona, L. M., & Klahr, D. (2007). Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 2(21), 149–173. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2102_02
- Yulianti, E., Zhafirah, N. N., & Hidayat, N. (2021). Exploring guided inquiry learning with PhET simulation to train junior high school students think critically. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(1), 96–104. <https://doi.org/10.20527/bipf.v9i1.9617>