



Laboratorium Virtual Simulasi PhET Terintegrasi Model Pembelajaran Discovery Learning Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Materi Gerak Parabola

Juliana Nirahua^{1✉}, Dorina Maria Matulesy²

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

²SMA Negeri 22 Maluku Tengah, Ambon, Indonesia

Article History

Received May 17, 2024

Received in revised June 3, 2024

Accepted June 10, 2024

Available online June 12, 2024

Corresponding author:

Juliana Nirahua

E-mail address:

jnirahua1011@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan desain penelitian *one group pretest posttest*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning* untuk meningkatkan hasil belajar kognitif siswa pada materi gerak parabola. Sampel penelitian adalah peserta didik kelas XI MIA-1 berjumlah 29 orang. Data penelitian diperoleh melalui *pretest* dan *posttest* yang dianalisis secara deskriptif berdasarkan KKM dan *N-Gain score*. Hasil analisis data menunjukkan bahwa pengetahuan awal siswa tentang materi gerak parabola masih rendah dengan rata-rata nilai *pretest* 22,76. Hasil analisis *posttest* peserta didik pada materi gerak parabola menunjukkan peserta didik telah mencapai KKM dengan nilai rata-rata *posttest* 77,24, dan rata-rata *N-Gain score* 0,7. Dengan demikian dapat disimpulkan implementasi laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning* dapat meningkatkan hasil belajar kognitif pada materi gerak parabola.

Kata kunci: Simulasi PhET; Discovery learning; Gerak parabola

Abstract

This research is a descriptive study with a one group pretest posttest research design. The aim of this research is implementing a PhET simulation virtual laboratory integrated with a discovery learning model to improve students' cognitive learning outcomes on parabolic motion material. The research sample was 29 students of class XI MIA-1. Research data obtained through pretest and posttest were analysed descriptively based on KKM and Ngain score. The results of data analysis show that students' initial knowledge of parabolic motion material is still low with an average pretest score of 22.76. The results of the analysis of students' posttest on parabolic motion material showed that students had reached the KKM with an average posttest score of 77.24, and an average Ngain score of 0.7. Thus it can be concluded that the implementation of the PhET simulation virtual laboratory integrated with the discovery learning model can improve cognitive learning outcomes on parabolic motion material.

Keywords: PhET simulation; Discovery learning; Parabolic motion

1. Pendahuluan

Fisika merupakan ilmu sains yang mempelajari pola-pola dalam fenomena alam melalui pengetahuan seperti fakta, konsep, teori, dan prinsip, serta melalui sikap ilmiah dan proses penemuan (Russitta, dkk., 2023). Fisika sebagai salah satu mata pelajaran yang diajarkan di sekolah sering dianggap sulit karena perlu pemahaman yang kuat terhadap prinsip-prinsip dasar dan konsep-konsep yang terkandung di dalamnya serta beberapa rumus dan teori yang harus dihafal (Sabono, dkk., 2023). Fisika terdapat konsep-konsep konkrit yang mudah dipahami peserta didik, dan konsep-konsep abstrak yang menantang pemahaman peserta didik.

Gerak parabola merupakan salah satu materi fisika pada kelas XI yang cukup kompleks dan abstrak bagi peserta didik. Materi ini seringkali dianggap sulit dan abstrak bagi peserta didik karena melibatkan konsep-konsep abstrak seperti gaya gravitasi, kecepatan awal, dan sudut elevasi. Kesulitan dalam memahami gerak parabola dapat berakibat pada rendahnya hasil belajar peserta didik. Kondisi ini juga dialami pada pembelajaran fisika di SMAN 22 Maluku Tengah.

Salah satu materi fisika yang diajarkan di SMA adalah materi gerak parabola. Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu guru fisika di SMAN 22 Maluku Tengah, pemahaman peserta didik pada materi gerak parabola masih rendah. Rendahnya pemahaman peserta didik SMAN 22 Maluku Tengah dalam memahami materi gerak parabola karena konsep yang abstrak, peserta didik sulit memvisualisasikan gerak parabola. Model atau metode pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran juga masih bersifat konvensional. Guru cenderung menggunakan metode ceramah bervariasi dalam mengajarkan materi gerak parabola dan mengalami kesulitan dalam menerapkan metode eksperimen, karena terbatasnya peralatan di laboratorium. Disamping itu, peserta didik yang memiliki kemampuan yang tinggi akan lebih memahami materi daripada peserta didik dengan kemampuan rendah. Untuk mengatasi kesulitan ini, maka guru perlu memanfaatkan media dan model pembelajaran yang tepat sebagai solusi.

Media pembelajaran digital telah mengalami kemajuan dan berperan penting dalam proses pembelajaran fisika, salah satunya melalui penggunaan laboratorium virtual. Laboratorium virtual ini merupakan sebuah multimedia interaktif yang mencakup berbagai peralatan laboratorium dalam bentuk perangkat lunak (virtual). Peralatan ini dioperasikan menggunakan perangkat keras komputer yang nyata dan mampu melakukan simulasi seperti kegiatan praktikum yang sesungguhnya (Verdian, dkk., 2021). Salah satu laboratorium virtual yang populer digunakan secara global adalah simulasi PhET, yang dikembangkan oleh Universitas Colorado. *Physics Education and Technology* (PhET), dirancang khusus untuk membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep abstrak dalam fisika (Rizaldi, 2020).

PhET dapat menjadi pilihan guru dalam melaksanakan praktikum fisika secara virtual karena tersedia secara gratis dan memiliki antarmuka pengguna (*user interface*) yang mudah digunakan. Fleksibilitas PhET membuatnya menjadi simulasi yang mudah dibawa-bawa karena dapat diakses melalui berbagai perangkat. PhET menyediakan simulasi berbasis animasi interaktif untuk berbagai materi pembelajaran, termasuk fisika, kimia, biologi, matematika, dan ilmu kebumihahan. Hal ini memungkinkan peserta didik untuk berinteraksi dan mengeksplorasi pemahaman mereka terhadap materi yang dipelajari melalui simulasi tersebut.

PhET dapat menghubungkan konsep dengan fenomena nyata dan memberikan representasi visual terhadap fenomena yang sulit diamati secara langsung oleh peserta didik (Verdian, dkk., 2021). Dengan adanya laboratorium virtual, pengalaman belajar fisika akan terasa lebih nyata bagi peserta didik, sehingga mereka akan lebih mudah memahami materi

fisika. Melalui laboratorium virtual, pembelajaran fisika akan terasa lebih nyata sehingga peserta didik akan lebih mudah dalam mengikuti pembelajaran fisika.

Menurut Gunawan dalam penelitian Vuztasari, dkk. (2023), laboratorium virtual tidak dimaksudkan untuk menggantikan laboratorium fisik, melainkan sebagai opsi alternatif untuk melakukan eksperimen secara virtual, terutama untuk eksperimen yang sulit dilakukan di laboratorium fisik. Dengan demikian media simulasi PhET dapat menjadi salah satu alternatif media pembelajaran untuk penguasaan materi gerak parabola. Dalam pembelajaran gerak parabola, PhET dapat digunakan untuk memvisualisasikan konsep-konsep fisika, seperti gaya gravitasi, kecepatan awal, dan sudut elevasi. Selain penggunaan media, pemilihan model pembelajaran yang tepat juga harus diperhatikan.

Pembelajaran fisika menggunakan media simulasi PhET dapat diimplementasi dengan model pembelajaran *discovery learning*. Model pembelajaran *discovery learning* adalah suatu model pembelajaran yang memanfaatkan sepenuhnya potensi siswa secara aktif menemukan informasi baru melalui eksplorasi dan percobaan secara terstruktur, kritis, logis, dan analitis sehingga peserta didik dapat merumuskan pengetahuannya sendiri dengan penuh percaya diri (Hotang, 2019; Nurulhidayah, dkk., 2020; Wahyuni, dkk., 2020). Model *discovery learning* memiliki sintaks pemberian stimulus, mengidentifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, pembuktian, dan penarikan kesimpulan (Islami, dkk., 2023). Dalam *discovery learning*, peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran dengan menjawab pertanyaan, memecahkan masalah, dan menemukan konsep dasar secara mandiri sehingga diperoleh pengetahuan yang bertahan lama dalam ingatan peserta didik (Wahyuni, dkk., 2020; Etikamurni, dkk., 2023).

Dengan demikian, implementasi laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning* dapat menjadi solusi permasalahan rendahnya penguasaan materi peserta didik pada materi gerak parabola di SMAN 22 Maluku Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik SMAN 22 Maluku Tengah pada materi gerak parabola melalui implementasi laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning*.

2. Metode

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan desain penelitian one group pretest posttest. Desain penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian dilaksanakan di SMAN 22 Maluku Tengah pada semester ganjil 2023/2024. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI MIA yang terdiri dari 2 kelas dengan jumlah 55 orang peserta didik. Sampel penelitian adalah peserta didik kelas XI MIA-1 sebanyak 29 peserta didik yang ditentukan secara random (*random sampling*). Penentuan sampel secara random berdasarkan rata-rata kemampuan peserta didik pada kedua kelas homogen.

<i>Pretest</i>	<i>Treatment</i>	<i>Posttest</i>
O ₁	X	O ₂

Gambar 1. Desain penelitian *one group pretest posttest* (Sugiyono, 2017)

Pengumpulan data menggunakan instrumen tes, yang diberikan sebelum proses pembelajaran (*pretest*) dan sesudah proses pembelajaran (*posttest*) untuk mengetahui hasil belajar kognitif peserta didik. Hasil belajar kognitif peserta didik dikatakan tuntas jika telah mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan oleh satuan pendidikan. Untuk menganalisis hasil belajar kognitif digunakan analisis deskriptif. Ketuntasan hasil belajar baik

secara individu maupun klasikal menurut Arikunto dalam Damayanti, dkk. (2022) dianalisis dengan persamaan (1) dan persamaan (2):

$$KI = \frac{SB}{SM} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$KK = \frac{JT}{JS} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: KI adalah ketuntasan individu, KK adalah ketuntasan klasikal, SB adalah skor benar yang diperoleh, SM adalah skor maksimal, JT adalah jumlah siswa yang tuntas dan JS adalah jumlah siswa keseluruhan.

Hasil analisis *pretest* dan *posttest* selanjutya dikonversi menggunakan KKM SMAN 22 Maluku Tengah yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Ketuntasan Minimal

Interval	Kualifikasi
89 - 100	Sangat baik
77 - 88	Baik
68 - 76	Cukup
< 68	Kurang

Analisis peningkatan hasil belajar kognitif menggunakan rata-rata gain ternormalisasi (*normalized gain score*) dari Hake [Sitania, dkk., 2022], yaitu:

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle G \rangle}{\% \langle G \rangle_{max}} = \frac{\% \langle T_{akhir} \rangle - \% \langle T_{awal} \rangle}{100 - \% \langle T_{awal} \rangle} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana: $\langle g \rangle$: rata-rata gain ternormalisasi, $\% \langle G \rangle$: presentasi rata-rata gain kanal, $\% \langle G \rangle_{max}$: presentasi rata-rata gain kanal maksimum, $\% \langle T_{akhir} \rangle$: presentasi rata-rata tes akhir dan $\% \langle T_{awal} \rangle$: persentase rata-rata tes awal. Interpretasi *Ngain* dikategorikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori *N-gain Score*

Nilai Gain	Kategori
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Belajar Kognitif

3.1.1 Deskripsi Pengetahuan Awal Peserta Didik

Pembelajaran materi gerak parabola diawali dengan memberikan *pretest* kepada peserta didik untuk mengetahui kemampuan awal sebelum proses pembelajaran. Hasil *pretest* peserta didik pada materi gerak parabola ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *Pretest* Materi Gerak Parabola

Interval	Frekuensi	Persentase (%)	Kualifikasi
89 - 100	0	0	Sangat Baik
77 - 88	0	0	Baik
68 - 76	0	0	Cukup
< 68	29	100	Kurang
Rerata <i>Pretest</i> = 22,76			Kurang

Berdasarkan hasil *pretest* pada Tabel 3, terlihat pengetahuan awal seluruh peserta didik (100%) mengenai gerak parabola sangat rendah, berada dibawah KKM (<68). Rendahnya pengetahuan awal peserta didik karena materi gerak parabola belum dipelajari oleh peserta didik. Rerata *pretest* 22,76 artinya pengetahuan awal peserta didik mengenai gerak parabola sudah ada namun masih kurang. Pengetahuan awal ini diperoleh peserta didik dari jenjang pendidikan sebelumnya dan atau berdasarkan pengalaman peserta didik dengan lingkungan.

Menurut Carin (1993) peserta didik yang datang ke kelas sains, telah memiliki banyak gagasan atau pengetahuan awal tentang sains dari pengalaman mereka sehari-hari. Seringkali gagasan atau pengetahuan awal mereka tidak sesuai dengan pandangan ilmiah. Oleh karena itu, guru perlu merancang pembelajaran selanjutnya untuk mengubah gagasan atau pengetahuan awal peserta didik, yang hendaknya berdampak pada meningkatnya hasil belajar kognitif peserta didik.

3.1.2. Deskripsi Hasil Belajar Kognitif

Berdasarkan pengetahuan awal peserta didik, selanjutnya peneliti melaksanakan proses pembelajaran pada materi gerak parabola dalam dua kali pertemuan. Proses pembelajaran mengintegrasikan *discovery learning* dengan laboratorium virtual simulasi PhET, dimana peserta didik melakukan percobaan secara virtual dalam tahapan pembelajaran *discovery learning*. Adapun capaian pembelajaran yaitu menerapkan konsep dan prinsip kinematika pada gerak parabola dan tujuan pembelajaran adalah: (1) mengidentifikasi gerak parabola, (2) menganalisis hubungan sudut elevasi dengan ketinggian maksimum, jarak maksimum dan waktu tempuh, (3) menganalisis hubungan kecepatan dengan jarak terjauh dan waktu tempuh, (4) menganalisis hubungan sudut elevasi dengan jarak terjauh dan waktu tempuh.

Adapun hasil belajar kognitif yang diperoleh melalui *posttest* setelah pembelajaran dengan laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi *discovery learning* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Posttest* Materi Gerak Parabola

Interval	Frekuensi	Persentase (%)	Kualifikasi
89 - 100	3	10	Sangat Baik
77 - 88	15	52	Baik
68 - 76	11	38	Cukup
< 68	0	0	Kurang
Rerata <i>Posttest</i> = 77,24			Baik

Pada Tabel 4, terlihat ada perubahan hasil belajar kognitif peserta didik setelah penerapan laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning*. Hasil *posttest* menunjukkan 10% (3 orang) peserta didik memperoleh kualifikasi sangat baik, 52% (15 orang) peserta didik memperoleh kualifikasi baik dan 38% (11 orang) peserta didik memperoleh kualifikasi cukup dengan rerata *posttest* 77,24 (kualifikasi baik). Hasil ini juga menunjukkan bahwa peserta didik telah mencapai ketuntasan individu dan klasikal (100% tuntas).

Ketuntasan hasil belajar kognitif ini merupakan implikasi dari proses pembelajaran dengan integrasi simulasi PhET dan model pembelajaran *discovery learning*. Model pembelajaran *discovery learning* melibatkan peserta didik secara langsung dalam mencari dan menemukan masalah secara sistematis, kritis, dan logis melalui laboratorium virtual simulasi PhET sehingga peserta didik menemukan jawaban atas masalah dengan rasa percaya diri.

Pembelajaran *discovery* mendorong peserta didik untuk secara aktif mengeksplorasi dan menemukan sendiri konsep melalui proses berpikir mereka dan investigasi dengan

laboratorium virtual simulasi PhET. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Nurulhidayah, dkk (2020) bahwa penerapan model pembelajaran *discovery learning* menggunakan media simulasi PhET berpengaruh terhadap pemahaman konsep fisika peserta didik. Secara parsial hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian Hotang (2019) dan Wahyuni, dkk. (2020) bahwa penerapan pembelajaran *discovery learning* berpengaruh terhadap hasil belajar fisika dan hasil penelitian Inayah, dkk. (2021) bahwa pembelajaran fisika dengan simulasi PhET meningkatkan pemahaman konsep peserta didik; serta hasil penelitian Subiki, dkk. (2022) penggunaan media PhET *simulation* sebagai media pembelajaran berpengaruh dalam meningkatkan hasil belajar fisika.

Dengan menggunakan media PhET, konsep materi yang kompleks dan abstrak dapat ditampilkan secara visual, sehingga lebih mudah dimengerti oleh peserta didik dibandingkan metode ceramah tradisional. Hal ini dapat berdampak positif pada berbagai aspek pembelajaran peserta didik (Rizaldi, dkk., 2020; Verdian, dkk., 2021).

3.2 Peningkatan Hasil Belajar Kognitif

Peningkatan hasil belajar kognitif diperoleh dengan menganalisis perbedaan *pretest* dan *posttest* atau *Ngain score*. Hasil analisis *Ngain score* peserta didik SMAN 22 Maluku Tengah pada materi gerak parabola setelah pembelajaran dengan integrasi laboratorium virtual simulasi PhET dan *discovery learning* ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori *Ngain Score* Peserta Didik

Nilai Gain	Frekuensi	Kategori
$g \geq 0,7$	18	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	11	Sedang
$g < 0,3$	0	Rendah
Rerata <i>Ngain Score</i>: 0,7		Tinggi

Hasil analisis *Ngain score* pada Tabel 5 menunjukkan ada peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik pada materi gerak parabola setelah penerapan laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning*. Delapan belas orang peserta didik mengalami peningkatan hasil belajar kognitif pada kategori tinggi, 11 orang peserta didik berada pada kategori sedang, dan rerata *Ngain score* 0,7 (kategori tinggi). Rerata *Ngain score* sebesar 0,7 menunjukkan bahwa peserta didik dalam kategori ini telah memanfaatkan secara optimal laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning*, dengan hasil *post-test* yang sangat tinggi dibandingkan *pre-test*. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan laboratorium virtual simulasi PhET yang terintegrasi dengan model pembelajaran *discovery learning* berhasil meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik dengan sangat baik pada materi gerak parabola. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran ini sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman dan penguasaan peserta didik terhadap materi gerak parabola.

Peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik SMAN 22 Maluku Tengah pada materi gerak parabola merupakan implikasi dari penggunaan laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning*. Penerapan laboratorium virtual simulasi PhET yang terintegrasi model *discovery learning* memungkinkan terciptanya proses belajar mengajar yang aktif, dan menyenangkan. Peserta didik terlihat antusias dan aktif dalam belajar. Peserta didik dapat mensimulasikan gerak parabola, memanipulasi variabel dalam simulasi, menganalisis data dan menarik kesimpulan serta membangun pemahaman konsep yang lebih dalam sehingga tercapai hasil belajar kognitif yang optimal.

Menurut Jauhari (Saputra, dkk., 2022) simulasi PhET merupakan media simulasi interaktif yang menyenangkan berbasis penemuan dan dapat digunakan untuk memperjelas konsep atau fenomena fisika. Harum, dkk., (2020) mengemukakan bahwa simulasi PhET

membuat peserta didik lebih tertarik dan antusias dalam praktikum, sehingga dapat meningkatkan pola berpikir kritis dan penguasaan konsep. Simulasi PhET terintegrasi *discovery learning* dapat digunakan untuk memperjelas konsep yang dimiliki oleh peserta didik karena dari hasil *pretest* dikatakan bahwa kemampuan konseptual siswa sangat rendah.

Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian antara lain, hasil penelitian Suherman, dkk. (2023) yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan model *discovery learning* berbantuan PhET *simulation* terhadap hasil belajar peserta didik, dan penelitian Riku (2021), bahwa hasil belajar peserta didik meningkat melalui penerapan model pembelajaran *discovery learning* berbantuan PhET *simulation*. Demikian pula hasil penelitian dari Adlina, dkk. (2019) hasil belajar peserta didik mengalami peningkatan lebih tinggi melalui penerapan model pembelajaran *discovery learning* berbantuan simulasi PhET dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Media simulasi PhET sangat mudah diaplikasikan, memiliki tampilan yang menarik, dapat menjelaskan konsep materi dengan jelas dan mampu memberikan informasi pemahaman yang konkrit (Susilawati, dkk., 2022). Pembelajaran fisika dengan *discovery learning* yang dipadukan dengan laboratorium virtual mentransformasi pengalaman belajar peserta didik menjadi lebih imersif dan realistis. Hal ini memungkinkan peserta didik untuk lebih mudah memahami konsep-konsep fisika dan terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran.

Kesimpulan

Pengetahuan awal peserta didik SMA Negeri 22 Maluku Tengah masih rendah atau berada di bawah KKM dengan nilai rata-rata 22,76 berada pada kategori kurang. Setelah proses pembelajaran dengan mengimplementasikan laboratorium virtual simulasi PhET terintegrasi model pembelajaran *discovery learning* hasil belajar kognitif siswa mencapai KKM dengan nilai rata-rata 77,24 kategori baik. Hasil analisis *Ngain score* diperoleh rata-rata *Ngain score* 0,7 kategori sedang dan dapat disimpulkan ada peningkatan hasil belajar kognitif peserta didik SMA Negeri 22 Maluku Tengah pada materi gerak parabola melalui implementasi laboratorium virtual simulasi PhET yang diintegrasikan dengan model pembelajaran *discovery learning*.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kepala SMA Negeri 22 Maluku Tengah dan guru fisika yang telah memberikan izin kepada peneliti untuk berkolaborasi dalam melakukan penelitian. Ucapan terima kasih juga kepada para siswa kelas XI MIA-1 yang bersedia menjadi sampel dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adlina, Manurung, S. R., & Apriani, Y. (2019). Efektivitas Model Discovery Learning Berbantuan Simulasi Phet Terhadap Hasil Belajar Fisika Di Kelas X SMA Swasta Al-Washliyah 1 Medan. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika (INPAFI)*, 7(4), 9–16.
- Carin, A. A. (1993). *Teaching Modern Science. Sixth Edition*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Damayanti, I. & Yohandri, Y. (2022). E-Book Development Effectiveness Problem Based Learning with Quizing in Physics Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(6) 3044-3049. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i6.2290>.
- Sitania, D., Huliselan, E., & Malawau, S. (2022). Implementasi Model Pembelajaran Inquiri Dengan Konsep Analogi Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Materi Gerak Lurus

- Beraturan Dan Gerak Melingkar Beraturan. *PHYSIKOS Journal of Physics and Physics Education*, 1(1), 1-9. <https://doi.org/10.30598/physikos.1.1.3769>.
- Etikamurni, D. P., Istyowati, A., & Ayu, H. D. (2023). Upaya Peningkatan Motivasi Belajar Fisika Melalui Discovery Learning - Berdiferensiasi di Era Kurikulum Merdeka. *Jurnal Terapan Sains dan Teknologi*, 5 (2), 179-189. <https://doi.org/10.21067/jtst.v5i2.8904>.
- Harum, C. L., Syukri, M., Yusrizal, Y., & Nurmaliah, C. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Berbasis PhET Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa pada Materi Gelombang. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 8(2), 164-174.
- Hotang, L. (2019). Penerapan Model Pembelajaran Discovery Learning untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas XI IPA 3 SMAN 6 Pekanbaru Semester Genap. *Physics Education Research Journal*, 1(1), 56-68. <https://doi.org/10.21580/perj.2019.1.1.4009>.
- Inayah, N., & Masruroh, M. (2021). PhET Simulation Effectiveness as Laboratory Practices Learning Media to Improve Students' Concept Understanding. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 9(2), 152-162. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v9i2.2923>.
- Islami, N. A., Ramlawati, R., & Halijah, H. (2023). Penerapan Model Discovery Learning dengan pendekatan Teaching at the Right Level untuk Meningkatkan Keaktifan Belajar IPA Peserta Didik. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran*, 5(3), 62-70. <https://doi.org/10.31970/pendidikan.v5i3.937>.
- Nurulhidayah, M. R., Lubis, P. H. M., & Ali, M. [2020]. Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Menggunakan Media Simulasi PhET Terhadap Pemahaman Konsep Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika FKIP UM Metro*, 8(1), 95-103. <https://dx.doi.org/10.24127/jpf.v8i1.2461>.
- Riku, M. (2021). Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas X IPA Pada Materi Bentuk Molekul Melalui Model Pembelajaran Discovery Learning Berbantuan PhET Simulations. *Jurnal Secondary: Jurnal Inovasi Pendidikan Menengah*, 1(2), 79-87.
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: Simulasi Interaktif Dalam Proses Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10-14. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i1.103>.
- Russitta, N., Putra I., Wulandari, K., & Hasbullah, K. (2023). Implementasi Model Pembelajaran Discovery Learning Pada Materi Dinamika Partikel Terhadap Hasil Belajar Fisika Peserta Didik MAN 3 Jombang. *Proceedings of Life and Applied Sciences*, 1, 144-147.
- Sabono, R., Nirahua, J., & Sapulete, H. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Permainan Monopoli Untuk Meningkatkan Penguasaan Materi Alat-Alat Optik. *PHYSIKOS Journal of Physics and Physics Education*, 2(1), 9-19. <https://doi.org/10.30598/physikos.2.1.9308>.
- Saputra, D., Saputra, K., & Sunaryono. (2022). The Effect of PhET Simulation On The Discovery Learning Model On Critical Thinking Skills Of SMA Students On Straight Motion Materials. *Jurnal Inovasia*, 1(1), 34-45.
- Subiki, Nor Hamidy, A., Elma Tri Istighfarini, E. T., Hikam, F. Y., Suharsono, & Putri, S. F. D. (2022). Pengaruh Media Pembelajaran PhET Simulation Terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Negeri Plus Sukowono Materi Usaha Dan Energi Tahun Pelajaran 2021/2022. *Jurnal Orbita. Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(2), 200-204.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suherman, U., Kumalasari, T., & Rahman, P. Y. (2023). Enhancing Science Learning Outcomes: The Impact of Discovery Learning Model Assisted by PhET Simulations. *Journal of Advanced Studies in Social Sciences*, 1(1), 18-31.
- Susilawati, S., Doyan, 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*, 8(1), 291–295. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i1.1304>.

Verdian, F., Jadid, M. A., & Rahmani, M.N. (2021). Studi Penggunaan Media Simulasi PhET Dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika (JPiF)*, 1(2), 39-44. <https://dx.doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1448>.

Vuztasari, H., Diyana, T. N., & Diyana, T. N. (2023). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Discovery Learning Berbasis Media Laboratorium Virtual Pada Materi Hukum Archimedes. *Jurnal Luminous: Riset Ilmiah Pendidikan Fisika*, 4(1), 25–32. <https://doi.org/10.31851/luminous.v4i1.10515>.

Wahyuni, S., Nasar, A., & Kaleka, M. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(02), 112-117