

The Effectiveness of the Guided Discovery Learning Model Assisted by PhET Virtual Laboratory Simulations on Students' Physics Learning Outcomes

Indah Maryani^{1*}, Aulia Mursida², Supratman³, Akmal Nadya⁴

¹Master of Science Education, Postgraduate, University of Mataram, Mataram, Indonesia;

²Primary School Teacher Education, Faculty of Education and Psychological Sciences, Yogyakarta State University, Yogyakarta, Indonesia;

³Sociology of Religion, Faculty of Usuluddin and Religious Studies, Mataram State Islamic University, Mataram, Indonesia;

⁴Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya, Indonesia.

Article Info	Abstract
<i>Article History</i> Received: June 3, 2025 Revised: June 7, 2025 Accepted: June 25, 2025 Published: August 31, 2025	One of the challenges in physics education is the low level of conceptual understanding due to teaching methods that do not actively engage students. This study examines the effectiveness of the Guided Discovery learning model, assisted by PhET Simulation, in improving physics learning outcomes related to sound waves for grade XI MIPA students at SMAN 10 Mataram. A quasi-experimental method with a Static Group Pretest-Posttest Design was employed. Purposive sampling was used to select experimental and control groups. Data were collected through a 30-item multiple-choice test and analyzed using mean scores, normalized gain (N-Gain), normality and homogeneity tests, and an independent t-test. The results showed a significant improvement in the experimental class with an N-Gain of 0.49 (moderate), compared to 0.35 (mild) in the control class. The indicators of understanding and applying showed high gains. The independent t-test confirmed a significant difference ($p < 0.05$) between the groups. In conclusion, the Guided Discovery model supported by PhET Simulation effectively enhances physics learning outcomes. This study suggests integrating interactive technology-based learning to improve the quality of science education.

*Corresponding Author:

Indah Maryani,
University of Mataram
indahmaryani51@gmail.com

Keywords: Guided discovery learning, PhET simulation, learning outcomes, sound waves.

© 2025 The Authors. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 5.0 International License.

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan fondasi utama dalam membangun kualitas sumber daya manusia yang unggul dan berdaya saing tinggi (Mukti et al., 2023). Dalam era globalisasi dan revolusi industri 4.0, peserta didik dituntut untuk tidak hanya menguasai aspek kognitif, tetapi juga keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas (4C) (Thornhill-Miller et al., 2023; Alowayyid, 2023), yang perlu difasilitasi melalui pembelajaran aktif, partisipatif, dan berbasis teknologi (Saavedra & Opfer, 2012). Dalam konteks pembelajaran fisika, penguasaan konsep dan keterampilan problem solving harus dikembangkan melalui pendekatan yang adaptif dan inovatif (Mastre et al., 2011). Guided Discovery Learning merupakan salah satu model pembelajaran yang relevan dengan tuntutan tersebut karena mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam menemukan konsep melalui eksplorasi yang terarah (Bruner, 1961; Noer et al., 2020), sehingga efektif dalam membangun pemahaman konseptual, berpikir kritis, dan rasa ingin tahu ilmiah (Agustina et al., 2023; Iswati & Purwati, 2022). Model ini sangat sesuai diterapkan dalam pembelajaran fisika, terutama pada konsep-konsep abstrak yang sulit diamati secara langsung seperti gaya, gerak, energi, dan gelombang (Ellianawati & Rahayu, 2024). Dukungan media digital seperti PhET Simulation memperkuat efektivitas model ini dengan menyediakan visualisasi interaktif yang menyerupai eksperimen nyata, sehingga meningkatkan pemahaman peserta didik secara signifikan (Wieman et al., 2008). Ayenda & Blaze juga menekankan bahwa

keterlibatan aktif siswa selama pembelajaran merupakan inti dari paradigma pembelajaran yang efektif. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan Guided Discovery berbantuan PhET mampu meningkatkan hasil belajar dan keterampilan proses sains secara bermakna. Namun, penelitian terkait efektivitas model ini pada topik gelombang suara masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas model Guided Discovery berbantuan PhET Simulation dalam meningkatkan hasil belajar fisika peserta didik kelas XI MIPA di SMAN 10 Mataram.

PhET Simulation adalah laboratorium virtual berbasis komputer yang menyediakan simulasi interaktif dalam berbagai topik fisika. PhET Simulations adalah program simulasi interaktif gratis yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder (Saudelli et al., 2021). Keunggulannya terletak pada fleksibilitas, visualisasi konseptual yang jelas, serta kemampuan untuk diakses kapan saja dan di mana saja (Suherman et al., 2023). PhET simulation menyediakan berbagai simulasi untuk berbagai mata pelajaran, termasuk fisika, kimia, biologi, matematika, dan kebumihahan (Salame & Maki., 2021). PhET Simulation menawarkan platform daring yang menyediakan berbagai simulasi IPA dan eksperimen virtual yang dapat diakses oleh siswa dari mana saja dan kapan saja (Diab et al., 2024). Dalam pembelajaran berbasis Guided Discovery, PhET Simulation berperan sebagai sarana eksperimen digital yang memungkinkan peserta didik melakukan pengamatan, manipulasi variabel, dan penarikan kesimpulan secara mandiri namun terarah (Azhar et al., 2020). Hal ini menjadikan integrasi Guided

Citation: Maryani, I., Mursida, A., Supratman, & Nadya, A. (2025). The effectiveness of the guided discovery learning model assisted by PhET virtual laboratory simulations on students' physics learning outcomes. *Indonesian Journal of Educational Innovation*, 1(2), 7–12.

Discovery dan PhET Simulation sebagai strategi yang bernilai tinggi dalam meningkatkan hasil belajar fisika, karena peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengonstruksi sendiri pengetahuannya secara aktif dan reflektif.

Meskipun demikian, terdapat perdebatan ilmiah terkait keberhasilan integrasi model Guided Discovery berbantuan PhET Simulation. Kirschner et al., (2006) mengemukakan bahwa pembelajaran penemuan tanpa panduan yang cukup dapat menyebabkan kebingungan konseptual pada peserta didik. Eveline et al 2019 berpendapat Keterbatasan kemampuan peserta didik dalam menafsirkan hasil simulasi secara mandiri, terutama jika tidak dilengkapi dengan scaffolding yang tepat. Di sisi lain, Rizaldi dan Rifa'i (2023) menekankan bahwa tidak semua konsep fisika dapat divisualisasikan secara utuh melalui simulasi, sehingga peran guru dan penguatan teori tetap penting dalam mendukung keberhasilan pembelajaran.

Sejumlah penelitian menunjukkan efektivitas integrasi Guided Discovery Learning dan PhET Simulation. Penelitian oleh Sazhar et al., (2022) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keterampilan proses sains siswa setelah menggunakan model pembelajaran guided discovery yang dibantu oleh laboratorium virtual PhET pada materi getaran dan gelombang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Syafrianti, (2022) Studi ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa menggunakan model pembelajaran guided inquiry yang dibantu oleh simulasi PhET. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini dapat meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Agnia et al. (2023) Penelitian ini bertujuan untuk menguji peningkatan pemahaman konsep geometri optik siswa setelah diberikan perlakuan menggunakan model pembelajaran discovery yang dibantu oleh media simulasi PhET. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa. Selain itu, Oktaviana et al (2022) Studi ini bertujuan untuk mendeskripsikan pemahaman konsep sains siswa SMP dalam bentuk representasi gambar melalui model pembelajaran guided inquiry yang dibantu dengan simulasi PhET. Hasil analisis data menunjukkan peningkatan pemahaman konsep sains siswa dalam bentuk representasi gambar dengan kategori tinggi, yang berarti bahwa pembelajaran ini sangat efektif.

Namun, meskipun hasil-hasil tersebut menunjukkan potensi positif, belum banyak penelitian yang secara spesifik mengkaji efektivitas model Guided Discovery Learning berbantuan PhET Simulation pada materi gelombang bunyi di jenjang SMA dan membandingkannya dengan metode pembelajaran konvensional. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan dalam mengevaluasi efektivitas integrasi model tersebut terhadap hasil belajar peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana model Guided Discovery Learning berbantuan PhET Simulation dapat meningkatkan hasil belajar fisika dibandingkan dengan pembelajaran konvensional, serta memberikan alternatif solusi inovatif dalam pembelajaran berbasis teknologi yang

berorientasi pada peningkatan kualitas pendidikan sains di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 10 Mataram pada rentang waktu 3 Mei hingga 25 Mei 2025.

Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *The Static Group Pretest-Posttest Design*, yaitu suatu rancangan eksperimen yang melibatkan dua kelompok yang tidak dipilih secara acak, di mana masing-masing kelompok diberikan pretest dan posttest. Desain ini memungkinkan peneliti untuk membandingkan efektivitas suatu perlakuan atau intervensi terhadap kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol yang tidak diberikan perlakuan yang sama (Fraenkel *et al*, 2012).

Populasi dan sampel penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI MIPA SMAN 10 Mataram tahun ajaran 2024/2025. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu, seperti kesetaraan kemampuan akademik dan kesiapan guru pengampu mata pelajaran. Berdasarkan pertimbangan tersebut, kelas XI MIPA B ditetapkan sebagai kelas eksperimen dan XI MIPA C sebagai kelas kontrol (Memon *et al.*, 2020). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan *PhET Simulation*, sementara variabel terikatnya adalah hasil belajar peserta didik pada materi gelombang bunyi.

Instrumen Penelitian

Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes hasil belajar berbentuk pilihan ganda sebanyak 30 butir soal. Soal-soal ini dikembangkan berdasarkan indikator kognitif dalam Taksonomi Bloom revisi, yaitu C1 (mengingat), C2 (memahami), C3 (menerapkan), C4 (menganalisis), C5 (mengevaluasi), dan C6 (menciptakan), serta telah divalidasi oleh pakar sebelum digunakan dalam pengambilan data (Rahayu, 2018; Aprillia *et al.*, 2023).

Prosedur pelaksanaan penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian dimulai dengan pemberian pretest kepada kedua kelompok untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik. Setelah itu, kelas eksperimen diberikan pembelajaran dengan model *Guided Discovery* berbantuan *simulasi PhET*, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran konvensional sebagaimana biasanya dilakukan di kelas. Setelah seluruh proses pembelajaran selesai, peserta didik di kedua kelas diberikan posttest yang setara dengan pretest guna mengukur peningkatan hasil belajar setelah perlakuan.

Teknik analisis data penelitian

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan beberapa teknik. Pertama, peneliti menghitung nilai rata-

rata hasil pretest dan posttest pada masing-masing kelas untuk melihat peningkatan secara umum. Kedua, dilakukan analisis *normalized gain* (N-Gain) untuk mengukur efektivitas peningkatan hasil belajar dengan membandingkan skor pretest dan posttest tiap peserta didik, sebagaimana disarankan oleh Hake (1999). Ketiga, untuk menguji perbedaan yang signifikan antara hasil belajar kedua kelas, digunakan uji-t independen dengan bantuan perangkat lunak statistik, sehingga diperoleh gambaran yang lebih objektif mengenai pengaruh penggunaan model pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan *PhET Simulation* terhadap hasil belajar peserta didik (Aswardi, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Peningkatan Hasil Belajar Peserta Didik

Nilai rata-rata *pretest* peserta didik di kelas eksperimen tercatat sebesar 30,56, sementara di kelas kontrol sebesar 33,61. Setelah pelaksanaan pembelajaran, nilai rata-rata *posttest* meningkat menjadi 64,51 pada kelas eksperimen dan 56,94 pada kelas kontrol. Data ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran *Guided Discoveris* di kelas eksperimen berkontribusi pada peningkatan hasil belajar peserta didik. Peningkatan tersebut, khususnya pada materi gelombang bunyi dianalisis melalui perhitungan N-Gain yang membandingkan hasil *pretest* dan *posttest* di kedua kelas, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis N-Gain

Kelas	<i>Pre-Test</i>	<i>Post-Test</i>	<i>N-Gain</i>	Ket
	<i>Mean</i>	<i>Mean</i>	<i>Mean</i>	
Eksperimen	30,56	64,51	0,49	Sedang
Kontrol	33,61	56,94	0,35	Sedang

Berdasarkan data tersebut, diketahui peningkatan hasil belajar peserta didik pada kelas eksperimen lebih besar dibandingkan kelas kontrol dengan N-Gain sebesar 0,49.

Peningkatan Hasil Belajar Berdasar Indikator ranah Kognitif

Terdapat 6 indikator hasil belajar pada ranah kognitif yang digunakan dalam penelitian ini, perolehan peningkatan hasil belajar peserta didik setiap indikator pada kelas eksperimen dan kontrol dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Analisis N-Gain setiap indikator kelas eksperimen.

Indikator	Eksperimen N-Gain	Kategori
Mengingat (C1)	0,29	Rendah
Memahami (C2)	0,76	Tinggi
Menerapkan (C3)	0,70	Tinggi
Menganalisis (C4)	0,50	Sedang
Mengevaluasi (C5)	0,59	Sedang
Menciptakan (C6)	0,45	Sedang

Analisis lebih lanjut dilakukan berdasarkan enam indikator kognitif dalam Taksonomi Bloom Revisi (C1–

C6). Di kelas eksperimen, indikator memahami (C2) dan menerapkan (C3) masing-masing memperoleh N-Gain sebesar 0,76 dan 0,70 (kategori tinggi), sedangkan indikator menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan menciptakan (C6) memperoleh kategori sedang. Indikator mengingat (C1) berada pada kategori rendah (0,29). Sementara itu, di kelas kontrol, sebagian besar indikator memperoleh kategori sedang dan rendah, dengan N-Gain tertinggi pada indikator memahami (C2) sebesar 0,53.

Tabel 3. Analisis N-Gain setiap indikator kelas kontrol

Indikator	Eksperimen N-Gain	Kategori
Mengingat (C1)	0,18	Rendah
Memahami (C2)	0,53	Sedang
Menerapkan (C3)	0,37	Sedang
Menganalisis (C4)	0,30	Sedang
Mengevaluasi (C5)	0,33	Rendah
Menciptakan (C6)	0,15	Rendah

Uji normalitas data N-Gain untuk kelas eksperimen dan kontrol dilakukan dengan metode *Shapiro-Wilk* menggunakan software SPSS 27 for Windows. Data dikatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi (sig.) lebih besar dari 0,05. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada kelas eksperimen sebesar 0,55 dan pada kelas kontrol sebesar 0,31. Karena kedua nilai tersebut lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data N-Gain pada kedua kelas berdistribusi normal. Selanjutnya, uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui kesamaan varians antar kedua kelompok. Hasilnya menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,496, yang berarti lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa varians data N-Gain pada kedua kelas adalah homogen.

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas yang merupakan prasyarat untuk melakukan uji t independen, diketahui bahwa data N-Gain dari kelas eksperimen dan kontrol memenuhi syarat untuk dilakukan uji hipotesis menggunakan uji t independen. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan hasil belajar peserta didik antara pembelajaran dengan metode *Guided Discoveris* dan model pembelajaran konvensional.

Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran *Guided Discovery* yang dipadukan dengan penggunaan laboratorium virtual *PhET simulation* dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi gelombang bunyi. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada hasil belajar peserta didik di kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol. Hal ini dibuktikan melalui perbandingan nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* di kedua kelas. Pada kelas eksperimen, terjadi peningkatan dari 30,56 menjadi 64,51, sedangkan pada kelas kontrol dari 33,61 menjadi 56,94. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penggunaan model pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan *PhET simulation* memberikan dampak yang lebih besar dalam meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pelajaran.

Temuan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan *PhET Simulation* lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Setiawan & Komaro (2021) yang menemukan bahwa penggunaan *Guided Discovery Learning* dapat meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik secara signifikan. Implikasi dari hasil ini adalah bahwa integrasi model pembelajaran yang berbasis penemuan terbimbing dan penggunaan media interaktif seperti *PhET Simulation* dapat memperkuat keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran, yang pada akhirnya meningkatkan pemahaman konseptual mereka.

Analisis N-Gain yang dilakukan untuk mengukur peningkatan hasil belajar menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,49 yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan kelas kontrol hanya sebesar 0,35, juga dalam kategori sedang namun lebih rendah dari kelas eksperimen. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun kedua metode pembelajaran memberikan peningkatan, model *Guided Discovery* yang didukung oleh laboratorium virtual lebih efektif dalam mendorong pemahaman konsep fisika.

Hasil ini memperkuat temuan Rahayu (2018) dan Aprillia *et al.* (2023) bahwa instrumen yang dikembangkan berdasarkan Taksonomi Bloom Revisi mampu mengukur secara spesifik peningkatan kognitif peserta didik. *Guided Discovery Learning* memberikan stimulus berpikir mendalam, yang mendorong keterlibatan peserta didik dalam berbagai tingkat kognitif, mulai dari memahami hingga menciptakan. Implikasi dari hasil ini menunjukkan bahwa model pembelajaran ini sangat potensial dalam membangun keterampilan berpikir tingkat tinggi atau *higher order thinking skills* (HOTS).

Secara lebih rinci, analisis terhadap enam indikator ranah kognitif dalam taksonomi Bloom (C1 hingga C6) menunjukkan bahwa peserta didik di kelas eksperimen mengalami peningkatan signifikan pada hampir semua indikator, terutama pada indikator memahami (C2) dan menerapkan (C3) yang masing-masing memperoleh N-Gain sebesar 0,76 dan 0,70, keduanya termasuk dalam kategori tinggi. Sementara itu, indikator lainnya seperti menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan menciptakan (C6) berada dalam kategori sedang, dan hanya indikator mengingat (C1) yang berada dalam kategori rendah. Sebaliknya, di kelas kontrol, sebagian besar indikator berada pada kategori sedang dan rendah, dengan hanya satu indikator (memahami) yang mendekati kategori tinggi.

Hasil ini menunjukkan bahwa model *Guided Discovery* berbantuan *PhET simulation* mampu mendorong peserta didik untuk tidak hanya mengingat dan memahami konsep, tetapi juga untuk menerapkannya dalam situasi baru, menganalisis hubungan antar konsep, mengevaluasi informasi, dan menciptakan solusi. Ini mencerminkan pencapaian keterampilan abad 21, khususnya dalam aspek berpikir kritis dan pemecahan masalah.

Sebelum dilakukan uji perbedaan hasil belajar antar kelas, dilakukan uji normalitas dan homogenitas data

untuk memastikan validitas analisis statistik. Hasil uji normalitas dengan metode *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data N-Gain di kedua kelas berdistribusi normal, masing-masing dengan nilai signifikansi sebesar 0,55 untuk kelas eksperimen dan 0,31 untuk kelas kontrol. Uji homogenitas juga menunjukkan bahwa varians antar kelas bersifat homogen dengan nilai signifikansi 0,496. Dengan terpenuhinya kedua syarat ini, maka uji-t independen dapat digunakan secara valid untuk menguji hipotesis penelitian.

Hasil uji-t independen terhadap nilai N-Gain menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan nilai t-hitung sebesar 2,65 dan signifikansi sebesar 0,024 ($<0,05$). Hal ini memperkuat temuan bahwa model pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan *PhET simulation* memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik dibandingkan pembelajaran konvensional.

Berdasarkan hasil uji-t independen terhadap nilai N-Gain setiap indikator antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, diperoleh nilai t-hitung sebesar 2,65 dengan nilai signifikansi sebesar 0,024. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai N-Gain kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, penggunaan model pembelajaran pada kelas eksperimen berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik, dibandingkan dengan pembelajaran yang diterapkan di kelas kontrol. Hasil ini mendukung pernyataan Hake (1999) bahwa peningkatan hasil belajar yang signifikan dapat diukur menggunakan perhitungan N-Gain serta uji statistik yang tepat.

Temuan ini juga diperkuat oleh hasil penelitian Memon *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa penggunaan teknik sampling yang tepat serta penerapan metode pembelajaran inovatif dapat mempengaruhi validitas hasil dan efektivitas proses pembelajaran.

Berdasarkan seluruh hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran *Guided Discovery* berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik, khususnya dalam aspek pemahaman konsep dan penerapan pengetahuan. Model ini mampu mendorong peserta didik untuk aktif mencari, menemukan, dan membangun pengetahuan mereka sendiri, sehingga berdampak positif pada peningkatan hasil belajar secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Guided Discovery* berbantuan *PhET Simulation* efektif dalam meningkatkan hasil belajar fisika peserta didik pada materi gelombang suara. Penerapan model ini mampu mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran, meningkatkan pemahaman konsep, serta memperkuat keterampilan berpikir tingkat tinggi, khususnya pada indikator memahami dan menerapkan. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi pendekatan eksploratif dengan media interaktif seperti *PhET Simulation* dapat menjadi strategi pembelajaran yang tepat untuk mencapai pembelajaran fisika yang lebih bermakna dan berkualitas.

Oleh karena itu, *Guided Discovery* berbantuan simulasi digital layak dipertimbangkan sebagai alternatif inovatif dalam pembelajaran abad ke-21.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Pascasarjana Universitas Mataram, khususnya Fakultas Magister Pendidikan IPA, yang telah memberikan dukungan, fasilitas, dan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu selama proses penyusunan karya tulis ilmiah ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Terima kasih kepada keluarga tercinta dan teman-teman seperjuangan atas dukungan moral dan motivasi yang tak pernah putus selama proses studi dan penyusunan karya ilmiah ini. Akhir kata, semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi yang positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pendidikan IPA.

REFERENSI

- Agniya, N. N., Ismail, A., & Sari, L. (2023). The effectiveness of discovery learning model integrating PhET simulation media to enhance understanding of optical concepts. *Research in Physics Education*, 2(1), 25–34. <https://doi.org/10.31980/ripe.v2i1.25>
- Agustini, R., Meilanie, R. S. M., & Pujiastuti, S. I. (2023). Enhancing critical thinking and curiosity in early childhood through inquiry-based science learning. *Aulad: Journal on Early Childhood*, 7(3), 734–743. <https://doi.org/10.31004/aulad.v7i3.780>
- Alowayyid, N. N. S. (2023). The reality of middle school (intermediate) female students in Saudi Arabia and the practice of 21st-century skills: Teachers' perspective. *Education Research International*, 2023, Article ID 7869980. <https://doi.org/10.1155/2023/7869980>
- Aprillia, A., Qadar, R., & Efwinda, S. (2023). Using Revised Bloom's Taxonomy to Evaluate the Cognitive Levels of Questions in Indonesian High School Physics Textbooks. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 3(1), 195–211. <https://doi.org/10.53889/ijses.v3i1.93>
- Aprillia, R., Ramdani, A., & Suhandi, A. (2023). Development of a test instrument based on revised Bloom's taxonomy for assessing students' cognitive level in physics. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 19(1), 23–30. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v19i1.62153>
- Aprillia, R., Ramdani, A., & Suhandi, A. (2023). Development of a test instrument based on revised Bloom's taxonomy for assessing students' cognitive level in physics. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 19(1), 23–30. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v19i1.62153>
- Aswardi. (2017). *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Ayende, E., & Bleza, E. (2022). I am Guiding my Students the Right Way? Implementing Discovery Learning in Speaking Skill Practices. *Journal of Asian Multicultural Research for Educational Study*, 3(3), 7–12. <https://doi.org/10.47616/jamres.v3i3.288>
- Azhar, A., Irianti, M., & Rahmadhani, M. (2020). The Effectiveness of The Virtual Lab-Assisted Guided Discovery Learning Model on Students' Science Process Skills. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 9(1). <https://doi.org/10.21009/1.09104>
- Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Diab, H., Daher, W., Rayan, B., Issa, N., & Rayan, A. (2024). Transforming Science Education in Elementary Schools: The Power of PhET Simulations in Enhancing Student Learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(11), 105. <https://doi.org/10.3390/mti8110105>
- Ellianawati, E., & Rahayu, T. (2024). Development of Physics Teaching Material: Guided Discovery Learning with Liveworksheet to Improve Work and Energy Problem Solving. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.26737/jipf.v9i1.4442>
- Eveline, E., Jumadi, J., Wilujeng, I., & Kuswanto, H. (2019). The effect of scaffolding approach assisted by PhET simulation on students' conceptual understanding and students' learning independence in physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233(1), 012036. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012036>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education* (8th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. *Indiana University*. <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>
- Iswati, H. D., & Purwati, O. (2022). Improving students' critical thinking through guided discovery learning method in argumentative texts reading. *ELS Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities*, 5(4). <https://doi.org/10.34050/elsjish.v5i4.24826>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Malik, R. S. (2018). Educational challenges in 21st century and sustainable development. *Journal of Sustainable Development Education and Research*, 2(1), 9–20. <https://doi.org/10.17509/jsder.v2i1.12266>

- Memon, M. A., Thurasamy, R., Ting, H., & Cheah, J.-H. (2025). Purposive Sampling: A Review and Guidelines for Quantitative Research. *Journal of Applied Structural Equation Modeling*, 9(1), 1–23. [https://doi.org/10.47263/JASEM.9\(1\)01](https://doi.org/10.47263/JASEM.9(1)01)
- Memon, M. A., Ting, H., Ramayah, T., Chuah, F., & Cheah, J. (2020). Sampling techniques in quantitative research: A comprehensive review. *Information Development*, 36(5), 513–519. <https://doi.org/10.1177/0266666920928887>
- Mukti, M. P. W., Cahyono, A., & Suwardi, S. (2023). Quality Education Plays A Central Role in Shaping A Superior and Competitive Generation. *Proceedings of International Conference on Science, Education, and Technology*, 9(1), 447–451. Retrieved from <https://proceeding.unnes.ac.id/ISET/article/view/2457>
- Noer, S. H., Gunowibowo, P., & Triana, M. (2020, July). Development of guided discovery learning to improve students reflective thinking ability and self learning. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1581, No. 1, p. 012041). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012041>
- Oktaviana, D., Mahardika, I. K., & Budiarso, A. S. (2022). The effectiveness of guided inquiry learning assisted by PhET simulation to improve the capability of representation image of science student in junior high school. *Science Education Journal*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.19184/se.v3i1.17492>
- Rahayu, A. (2018). The Analysis of Students' Cognitive Ability Based on Assessments of the Revised Bloom's Taxonomy on Statistic Materials. *European Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(2), 80–85. <https://doi.org/10.26417/ejms.v7i2.p80-85>
- Rahayu, Y. (2018). Validasi instrumen soal pilihan ganda berbasis taksonomi Bloom revisi. *Jurnal Evaluasi Pendidikan*, 9(2), 113–124. <https://doi.org/10.21009/JEP.092.06>
- Saavedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012). Teaching and learning 21st century skills: Lessons from the learning sciences. *A Global Cities Education Network Report*. New York, Asia Society, 10, 2012. <https://www.opsba.org/wp-content/uploads/2021/02/RANDPaper.pdf>
- 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>
- Saudelli, M. G., Kleiv, R., Davies, J., Jungmark, M., & Mueller, R. (2021). PhET Simulations in Undergraduate Physics: Constructivist Learning Theory in Practice. *Brock Education Journal*, 31(1). <https://doi.org/10.26522/brocked.v31i1.899>
- Silva, A. M. (2021). The Instruction Theory of Jerome Bruner: The Guided Discovery Learning Theory. Dalam A. M. Silva (Ed.), *4C-ID Model and Cognitive Approaches to Instructional Design and Technology: Emerging Research and Opportunities* (hlm. 18). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4096-1.ch005>
- Suherman, U., Komalasari, T., & Rahman, P. Y. (2023). Enhancing Science Learning Outcomes: The Impact of Discovery Learning Model Assisted by PhET Simulations. (2023). *Journal of Advanced Studies in Social Sciences*, 1(1), 1–14. <https://jasss.pk/index.php/ojs/article/view/11>
- Syafriyanti, A. (2022). The implementation of guided inquiry learning model using PhET simulation to improve student learning outcomes. *Education and Information Technologies*, Article 2326210. <https://doi.org/10.4108/eai.1-11-2022.2326210>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., Hayek, S. E., Augereau-Landais, Myriam., &ourey, F., Feybesse, C Sundquist & Lubart, T. (2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: assessment, certification, and promotion of 21st century skills for the future of work and education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>