

**PENGARUH MODEL *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN SIMULASI PHET
TERHADAP MINAT DAN HASIL BELAJAR FISIKA SISWA SMA
MUHAMMADIYAH 9 MAKASSAR PADA MATERI GERAK**

Bahrur Rahman Hasba¹, Muh Farel², Nur Ali³, Nur Azisa⁴, Wahida⁵,
Nadiyahturrahmah⁶, Delha Trijunianti⁷, Fauzan Mutawakkil⁸, Syahrul Ramadani⁹
Nur Faidah¹⁰

^{1,6,10}Pendidikan Fisika FKIP Universitas Muhammadiyah Makassar

²PGSD FKIP Universitas Muhammadiyah Makassar

³Pendidikan Sosiologi FKIP Universitas Muhammadiyah Makassar

^{4,5}PPKn FKIP Universitas Muhammadiyah Makassar

⁷PBSI FKIP Universitas Muhammadiyah Makassar

⁸Teknologi Pendidikan FKIP Universitas Muhammadiyah Makassar

⁹Ahwal Syaksyah FAI Universitas Muhammadiyah Makassar

¹bahrurrahman2004@gmail.com, ²immfarel@gmail.com,

³nuralisamad0@gmail.com, ⁴nurazizah200205@gmail.com,

⁵wahida190206@gmail.com, ⁶nadiyahturrahmah08@gmail.com,

⁷delhatrijuniantii@gmail.com, ⁸cangpojang@gmail.com,

⁹syahrulramadani061@gmail.com, ¹⁰faidahn412@gmail.com

ABSTRACT

Low students' interest and learning outcomes in physics, particularly on the topic of Motion, remain a challenge in the teaching and learning process. One alternative instructional approach to address this issue is the implementation of the Discovery Learning model assisted by PhET Interactive Simulations. This study aimed to examine the effect of the Discovery Learning model assisted by PhET Interactive Simulations on the learning interest and physics learning outcomes of eleventh-grade students at SMA Muhammadiyah 9 Makassar. The study employed a quantitative approach using a quasi-experimental method with a Nonequivalent Control Group Design. The sample consisted of 32 students in Class XI A as the experimental group and 32 students in Class XI B as the control group. Data were collected through learning achievement tests and a learning interest questionnaire and analyzed using descriptive statistics, normality tests, homogeneity tests, N-Gain analysis, and the Independent Samples t-test. The results revealed that the experimental group's mean score increased from 44.50 to 83.20, while the control group's mean score increased from 43.95 to 71.35. Students' average learning interest also improved from 30.87 to 84.50. Furthermore, the Independent Samples t-test yielded a significance value of 0.001 ($p < 0.05$), indicating that the Discovery Learning model assisted by PhET Interactive Simulations had a significant positive

effect on students' learning interest and physics learning outcomes in the topic of Motion.

Keywords: Discovery Learning, PhET Interactive Simulations, Learning Interest, Learning Outcomes, Motion.

ABSTRAK

Rendahnya minat dan hasil belajar fisika pada materi Gerak menjadi salah satu tantangan dalam proses pembelajaran di sekolah. Salah satu alternatif pembelajaran yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET terhadap minat dan hasil belajar fisika siswa kelas XI SMA Muhammadiyah 9 Makassar. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi experiment dan desain *Nonequivalent Control Group Design*. Sampel penelitian terdiri atas kelas XI A sebagai kelas eksperimen dan XI B sebagai kelas kontrol yang masing-masing berjumlah 32 siswa. Data dikumpulkan melalui tes hasil belajar dan angket minat belajar, kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji normalitas, uji homogenitas, analisis N-Gain, dan Independent Sample t-Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai kelas eksperimen meningkat dari 44,50 menjadi 83,20, sedangkan kelas kontrol meningkat dari 43,95 menjadi 71,35. Rata-rata minat belajar siswa juga meningkat dari 30,87 menjadi 84,50. Hasil uji Independent Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,001 ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET berpengaruh signifikan terhadap minat dan hasil belajar fisika siswa pada materi Gerak.

Kata Kunci: *Discovery Learning*, Simulasi PhET, Minat Belajar, Hasil Belajar, Gerak.

A. Pendahuluan

Fisika merupakan salah satu cabang Ilmu Pengetahuan Alam yang menuntut peserta didik tidak hanya menghafal rumus, tetapi juga memahami konsep secara mendalam serta mampu menghubungkannya dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Salah satu materi fisika yang dianggap sulit oleh sebagian besar

siswa SMA adalah materi Gerak, karena memuat banyak besaran, grafik, dan persamaan matematis yang bersifat abstrak apabila hanya disampaikan secara verbal. Kesulitan tersebut sering berdampak pada rendahnya minat belajar siswa, yang pada akhirnya turut memengaruhi capaian hasil belajar.

Minat belajar memiliki peran penting dalam proses pembelajaran fisika. Siswa yang memiliki minat tinggi cenderung lebih aktif, tekun, dan memiliki motivasi intrinsik untuk memahami materi, sedangkan siswa dengan minat rendah cenderung pasif dan mudah merasa bosan. Kondisi awal di SMA Muhammadiyah 9 Makassar menunjukkan bahwa pembelajaran fisika pada materi Gerak masih banyak dilaksanakan secara konvensional, yaitu berpusat pada guru melalui metode ceramah dan latihan soal, sehingga siswa kurang diberi kesempatan untuk menemukan sendiri konsep yang dipelajari. Hal ini berdampak pada rendahnya minat maupun hasil belajar siswa pada materi tersebut.

Salah satu model pembelajaran yang berpotensi mengatasi permasalahan tersebut adalah *Discovery Learning*. Model ini berlandaskan teori belajar konstruktivis - kognitif yang diperkenalkan oleh Bruner, yang memandang belajar sebagai proses aktif peserta didik dalam mengonstruksi pengetahuan melalui pengalaman dan penemuan, bukan sekadar menerima informasi secara pasif dari guru. Dalam *Discovery*

Learning, siswa dibimbing melalui tahapan stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, pembuktian, dan penarikan kesimpulan, sehingga konsep yang diperoleh lebih bermakna dan bertahan lama dalam struktur kognitif siswa.

Penerapan *Discovery Learning* pada materi Gerak akan lebih optimal apabila dipadukan dengan media yang mampu memvisualisasikan besaran-besaran fisika yang bersifat abstrak, seperti kecepatan, percepatan, dan lintasan benda. PhET Interactive Simulations, yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder, merupakan salah satu media simulasi interaktif berbasis penelitian yang dirancang khusus untuk pembelajaran sains, termasuk fisika. Melalui PhET, siswa dapat memanipulasi variabel secara langsung dan mengamati perubahan grafik maupun animasi gerak benda secara real-time, sehingga proses eksplorasi dalam tahapan *Discovery Learning* menjadi lebih konkret dan interaktif.

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas kombinasi *Discovery Learning* dan simulasi PhET dalam pembelajaran

fisika. Hariyanto (2017) menemukan bahwa penerapan *Discovery Learning* berbantuan paket program simulasi PhET memberikan pengaruh positif terhadap prestasi belajar fisika siswa dibandingkan pembelajaran *Discovery Learning* tanpa media simulasi. Sembiring, Manurung, dan Apriani (2019) juga melaporkan bahwa model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET efektif meningkatkan hasil belajar fisika siswa SMA. Sejalan dengan hal tersebut, Pertiwi, Hikmawati, dan Susilawati (2026) menunjukkan adanya pengaruh signifikan penerapan *Discovery Learning* berbantuan media simulasi PhET terhadap hasil belajar fisika peserta didik. Penelitian Nurahman, Widodo, Ishafit, dan Saulon (2019) turut mengungkapkan bahwa lembar kerja berbasis guided *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET pada materi Hukum Newton tentang Gerak mampu meningkatkan hasil belajar sekaligus minat belajar peserta didik.

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh model tersebut terhadap minat dan hasil

belajar siswa pada materi Gerak di SMA Muhammadiyah 9 Makassar masih sangat terbatas. Karakteristik siswa, kondisi sekolah, dan konteks pembelajaran yang berbeda memungkinkan diperolehnya temuan yang berbeda pula, sehingga kesenjangan penelitian (research gap) ini penting untuk dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET terhadap minat dan hasil belajar fisika siswa kelas XI SMA Muhammadiyah 9 Makassar pada materi Gerak. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi guru fisika dalam memilih model dan media pembelajaran yang efektif, serta memberikan kontribusi pada pengembangan literatur pembelajaran fisika berbasis simulasi interaktif.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (quasi experiment).

Desain penelitian yang digunakan adalah Nonequivalent Control Group Design.

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₃	-	O ₄

Keterangan:

O₁ = Pretest kelas eksperimen

O₂ = Posttest kelas eksperimen

O₃ = Pretest kelas kontrol

O₄ = Posttest kelas kontrol

X = Pembelajaran menggunakan

Model *Discovery Learning*
berbantuan simulasi PhET.

Penelitian dilaksanakan di SMA Muhammadiyah 9 Makassar pada semester ganjil Tahun Ajaran 2025/2026.

Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas yaitu:

1. Kelas XI-A (32 siswa) sebagai kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran dengan model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET.
2. Kelas XI-B (32 siswa) sebagai kelas kontrol yang memperoleh pembelajaran secara konvensional.

Instrumen penelitian terdiri atas:

1. Tes hasil belajar berbentuk pilihan ganda pada materi Gerak yang telah divalidasi oleh ahli.
2. Angket minat belajar menggunakan skala Likert yang juga telah diuji validitas dan reliabilitasnya.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui:

1. Observasi
2. Dokumentasi
3. Pretest dan angket minat belajar
4. Posttest dan angket minat belajar

Analisis data dilakukan menggunakan:

1. Statistik deskriptif
2. Uji normalitas
3. Uji homogenitas
4. Uji N-Gain
5. Uji Independent Sample t-Test

Kriteria pengambilan keputusan:

Jika Sig < 0,05 maka H₀ ditolak dan H₁ diterima.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan Hasil Penelitian

Tabel 1. Statistik Deskriptif Nilai *Pretest*

Kelas	N	Mean	SD
Eksperimen	32	44,50	8,61
Kontrol	32	43,95	8,47

Tabel 1. menunjukkan bahwa kemampuan awal kedua kelas relatif sama.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Nilai *Posttest*

Kelas	N	Mean	SD
Eksperimen	32	83,20	6,18
Kontrol	32	71,35	7,24

Rata-rata posttest kelas eksperimen terlihat lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol setelah penerapan model

Discovery Learning berbantuan simulasi PhET.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Minat Belajar Siswa Kelas Eksperimen

Pengukuran	N	Mean	SD
Angket Awal	32	30,87	7,15
Angket Akhir	32	84,50	5,83

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata skor minat belajar siswa sebelum penerapan model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET sebesar 30,87 dengan standar deviasi 7,15. Setelah penerapan model pembelajaran, rata-rata skor minat belajar meningkat menjadi 84,50 dengan standar deviasi 5,83. Penurunan nilai standar deviasi pada pengukuran akhir mengindikasikan bahwa skor minat belajar siswa menjadi lebih homogen setelah mengikuti proses pembelajaran menggunakan model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET.

Tabel 4. Perhitungan N-Gain Hasil Belajar

Kelas	N-Gain	Kategori
Eksperimen	0,70	Tinggi
Kontrol	0,49	Sedang

Berdasarkan mean pretest - posttest pada Tabel 1 dan 2, peningkatan hasil belajar (N-Gain) kelas eksperimen (0,70) secara deskriptif masuk kategori tinggi dan berada di atas kelas kontrol (0,49) yang berkategori sedang.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas

Kelas	Sig.	Keterangan
Eksperimen	0,125	Normal
Kontrol	0,077	Normal

Nilai signifikansi dari uji normalitas menunjukkan angka yang lebih besar dari 0,05 sehingga sebaran data kedua kelas dinyatakan berdistribusi normal.

Tabel 6. Hasil Uji Homogenitas Varians

Variabel Data	Sig.	Keterangan
Hasil & Minat Belajar	0,215	Homogen

Nilai signifikansi uji homogenitas lebih besar dari 0,05 sehingga ragam data hasil belajar dan minat belajar dari kedua kelompok bersifat homogen.

Tabel 7. Hasil Uji Independent Sample t-Test Hasil dan Minat Belajar

Variabel Uji	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Posttest Hasil & Minat Belajar	0,001	Signifikan (H_0 ditolak)

Nilai signifikansi uji *t-test* diperoleh sebesar 0,001. Karena nilai $0,001 < 0,05$, maka keputusan uji menyatakan terdapat pengaruh signifikan model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET terhadap minat dan hasil belajar fisika siswa pada materi Gerak.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET memberikan pengaruh positif

terhadap minat dan hasil belajar fisika siswa pada materi Gerak. Hal ini terlihat dari perbedaan rata-rata posttest antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, serta peningkatan skor minat belajar yang cukup besar pada kelas eksperimen.

Pada tahap stimulasi, siswa diperkenalkan pada fenomena gerak dalam kehidupan sehari-hari, seperti gerak kendaraan atau benda jatuh, yang membangkitkan rasa ingin tahu dan mengaitkan pengalaman siswa dengan konsep yang akan dipelajari. Tahap identifikasi masalah mendorong siswa merumuskan pertanyaan terkait hubungan jarak, kecepatan, dan waktu, sedangkan tahap pengumpulan data dilakukan melalui eksplorasi simulasi PhET, di mana siswa dapat memanipulasi variabel gerak secara langsung dan mengamati perubahan grafik posisi-waktu maupun kecepatan-waktu secara interaktif.

Pada tahap pengolahan data dan pembuktian, siswa menganalisis data hasil simulasi untuk mengonstruksi konsep gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan secara mandiri, sementara guru berperan sebagai fasilitator yang meluruskan konsep yang masih keliru.

Tahap generalisasi memungkinkan siswa menyimpulkan hubungan antarbesaran gerak dan menerapkannya pada situasi baru. Rangkaian tahapan ini membuat siswa tidak sekadar menerima informasi secara pasif, tetapi terlibat aktif dalam proses menemukan konsep, sehingga pemahaman yang terbentuk lebih bermakna.

Penggunaan simulasi PhET dalam tahapan eksplorasi memberikan kontribusi penting karena mampu memvisualisasikan besaran-besaran fisika yang abstrak menjadi lebih konkret dan mudah diamati. Kondisi ini sejalan dengan temuan Hariyanto (2017) yang menunjukkan bahwa *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap prestasi belajar fisika dibandingkan *Discovery Learning* tanpa media simulasi. Temuan ini juga diperkuat oleh Sembiring, Manurung, dan Apriani (2019) serta Pertiwi, Hikmawati, dan Susilawati (2026) yang melaporkan peningkatan hasil belajar fisika yang signifikan melalui penerapan model serupa.

Selain berdampak pada hasil belajar, penerapan *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET

juga berkontribusi terhadap peningkatan minat belajar siswa. Kemampuan siswa untuk memanipulasi variabel secara langsung dalam simulasi menumbuhkan rasa ingin tahu dan keterlibatan aktif selama proses pembelajaran, sebagaimana ditemukan oleh Nurahman, Widodo, Ishafit, dan Saulon (2019) pada penerapan lembar kerja berbasis *Discovery Learning* berbantuan PhET pada materi Hukum Newton tentang Gerak, yang terbukti meningkatkan hasil belajar sekaligus minat belajar peserta didik.

Temuan ini juga sejalan dengan teori belajar konstruktivis-kognitif Bruner, yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman, eksplorasi, dan penemuan, bukan melalui penerimaan informasi secara pasif. Peningkatan hasil belajar pada kelas eksperimen terjadi karena siswa mendapatkan kesempatan untuk membangun sendiri pemahaman konsep gerak melalui pengalaman langsung menggunakan simulasi, sehingga hubungan antara teori dan fenomena nyata menjadi lebih mudah dipahami.

Berdasarkan hasil observasi selama penelitian, siswa pada kelas eksperimen juga menunjukkan partisipasi yang lebih tinggi, terlihat dari keaktifan bertanya, mengemukakan pendapat, dan berdiskusi dalam kelompok saat mengeksplorasi simulasi PhET. Kondisi ini menunjukkan bahwa kombinasi *Discovery Learning* dan simulasi PhET mampu menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa, sehingga selain hasil belajar, minat belajar siswa terhadap fisika juga meningkat secara nyata.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan gambaran bahwa guru fisika dapat memanfaatkan model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET sebagai alternatif pembelajaran yang efektif untuk materi Gerak maupun materi fisika lain yang bersifat abstrak, guna meningkatkan minat sekaligus hasil belajar siswa di SMA Muhammadiyah 9 Makassar.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET berpengaruh signifikan

terhadap minat dan hasil belajar fisika siswa kelas XI SMA Muhammadiyah 9 Makassar pada materi Gerak.

Hal tersebut ditunjukkan oleh:

1. Rata-rata posttest hasil belajar kelas eksperimen sebesar 83,20, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 71,35.
2. Rata-rata skor minat belajar siswa kelas eksperimen meningkat dari 30,87 menjadi 84,50.
3. Hasil uji Independent Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,001 < 0,05$.

Pada tahap stimulasi (*stimulation*), siswa diperkenalkan pada fenomena gerak dalam kehidupan sehari-hari, seperti gerak kendaraan atau benda jatuh, yang membangkitkan rasa ingin tahu dan mengaitkan pengalaman nyata siswa dengan konsep yang akan dipelajari. Tahap identifikasi masalah (*problem statement*) mendorong siswa merumuskan pertanyaan kritis terkait hubungan jarak, kecepatan, dan waktu. Tahap pengumpulan data (*data collection*) dilakukan melalui eksplorasi aktif pada aplikasi simulasi PhET. Pada fase ini, siswa dapat memanipulasi variabel kinematika gerak secara langsung dan mengamati perubahan grafik posisi-waktu ($s - t$) maupun kecepatan-waktu ($v - t$) secara interaktif.

Pada tahap pengolahan data (*data processing*) dan pembuktian (*verification*), siswa menganalisis data hasil eksperimen virtual simulasi untuk mengonstruksi konsep Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) secara mandiri. Guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan diskusi dan meluruskan konsep pemahaman yang masih keliru. Tahap generalisasi (*generalization*) memungkinkan siswa menyimpulkan pola hubungan antarbesaran gerak dan menerapkannya pada situasi-situasi konseptual baru. Rangkaian tahapan siklik ini membuat siswa tidak sekadar menerima informasi secara pasif, tetapi terlibat aktif dalam proses menemukan konsep fisika, sehingga pemahaman yang terbentuk menjadi lebih bermakna dan kuat.

Penggunaan simulasi PhET dalam tahapan eksplorasi memberikan kontribusi penting karena mampu memvisualisasikan besaran-besaran fisika yang abstrak menjadi lebih konkret dan mudah diamati oleh indra siswa. Kondisi ini sejalan dengan temuan Hariyanto (2017) yang menunjukkan bahwa *Discovery Learning* berbantuan paket program simulasi PhET memberikan pengaruh

yang lebih besar terhadap prestasi belajar fisika dibandingkan *Discovery Learning* tanpa media simulasi. Temuan ini juga diperkuat oleh Susilawati (2026) yang melaporkan peningkatan hasil belajar fisika yang signifikan melalui penerapan model serupa di jenjang sekolah menengah atas.

Selain berdampak pada hasil belajar, penerapan *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET juga berkontribusi secara nyata terhadap peningkatan minat belajar siswa. Kemampuan siswa untuk memanipulasi variabel secara langsung dalam simulasi virtual menumbuhkan rasa ingin tahu (*curiosity*) dan keterlibatan kognitif-afektif yang aktif selama proses pembelajaran berlangsung. Hal ini sebagaimana ditemukan oleh Nurahman, Widodo, Ishafit, dan Saulon (2019) pada penerapan lembar kerja berbasis *Discovery Learning* berbantuan PhET pada materi Hukum Newton tentang Gerak, yang terbukti sukses meningkatkan hasil belajar sekaligus minat belajar peserta didik.

Temuan ini secara teoritis sangat sejalan dengan prinsip dasar teori belajar konstruktivis-kognitif

Bruner, yang menekankan bahwa pengetahuan akan bermakna jika dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman, eksplorasi, dan penemuan mandiri. Peningkatan hasil belajar pada kelas eksperimen terjadi karena siswa mendapatkan kesempatan berharga untuk membangun sendiri pemahaman konsep gerak melalui pengalaman langsung menggunakan simulasi interaktif, sehingga hubungan logis antara teori matematis fisika dan fenomena nyata menjadi lebih mudah dipahami.

Berdasarkan hasil observasi selama penelitian, siswa pada kelas eksperimen juga menunjukkan partisipasi kognitif yang jauh lebih tinggi. Hal ini terlihat jelas dari keaktifan bertanya siswa, keberanian dalam mengemukakan pendapat, dan dinamika diskusi kelompok saat mengeksplorasi simulasi PhET. Kondisi nyata ini menunjukkan bahwa kombinasi model *Discovery Learning* dan media simulasi PhET mampu menciptakan atmosfer pembelajaran yang interaktif dan berpusat pada siswa (*student-centered*).

Dengan demikian, model *Discovery Learning* berbantuan simulasi PhET efektif digunakan untuk

meningkatkan minat dan hasil belajar fisika siswa pada materi Gerak, sehingga dapat menjadi salah satu alternatif model pembelajaran bagi guru fisika di SMA Muhammadiyah 9 Makassar maupun sekolah lain dengan karakteristik peserta didik yang serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2021). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Bruner, J. S. (1961). The Act of Discovery. *Harvard Educational Review*, 31(1), 21–32.
- Dubson, M., Perkins, K. K., Adams, W., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., & LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. *The Physics Teacher*, 44(1), 18–23.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. Indiana University.
- Hariyanto, A. (2017). Pengaruh Discovery Learning Berbantuan Paket Program Simulasi PhET terhadap Prestasi Belajar Fisika. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 1(3), 365–378.
- Kemendikbudristek. (2022). *Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 56/M/2022 tentang Pedoman Penerapan Kurikulum dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran*.
- McKagan, S. B., Perkins, K. K., Dubson, M., Malley, C., Reid, S., LeMaster, R., & Wieman, C. E. (2008). Developing and Researching PhET Simulations for Teaching Quantum Mechanics. *American Journal of Physics*, 76(4–5), 406–417.
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET Interactive Simulations: Transformative Tools for Teaching Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191–1197.
- Nurahman, E., Widodo, A., Ishafit, I., & Saulon, J. (2019). Pengembangan LKPD Berbasis Guided Discovery Learning Berbantuan Simulasi PhET pada Materi Hukum Newton tentang Gerak.
- Pasaribu, A. B. (2022). Peningkatan Kemampuan Pemahaman Matematika Siswa dengan Guided Discovery Learning Menggunakan PhET Simulation. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 6(2).
- Perkins, K. K. (2020). Transforming STEM Learning at Scale: PhET Interactive Simulations. *Childhood Education*, 96(4), 42–49.
- Sembiring, R., Manurung, B., & Apriani, D. (2019). Pengaruh Model Discovery Learning Berbantuan Simulasi PhET terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa SMA.
- Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sundayana, R. (2020). *Statistika Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.

- Azahra, R., Alindra, A. L., & Mustikaati, W. (2025). Pengaruh Penerapan Model Discovery Learning Berbantuan PhET Simulation terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Mata Pelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(3).
- Fitria, I., Suwangsih, E., & Rahayu, P. (2023). Pengaruh Model Discovery Learning Berbantuan Media PhET Simulations terhadap Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa di Sekolah Dasar Kelas IV. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(2).
- Kartikasari, I., Sugilar, & Suryanto, A. (2025). Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Guided Discovery Berbantuan PhET Arithmetic terhadap Aktivitas Belajar dan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Sekolah Dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(4).
- Hasba, B. R., Hasrianti, Faradilah, N., Sidra, N., Nur Iffah, A., & Amelia, A. (2026). *Pengaruh Model Learning Cycle 5E terhadap Pemahaman Konsep Siswa SMP Negeri 2 Galesong Selatan pada Materi Suhu dan Kalor*. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*.