



Perbandingan Efektivitas Simulasi Phet dan Guided Discovery Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Pada Materi Fluida di Kelas XI

Alifa Indah Cahyani¹, Corry Mandriesa²

Universitas Jambi¹, SMA Adhyaksa Jambi²

Alamat: Jl. Raya Jambi Muara Bulian Km. 15, Desa Sarang Burung, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi.

Korespondensi penulis: alifabasofi@gmail.com

Abstract. *This study aims to compare the effectiveness of using PhET simulation and Guided Discovery Learning (GDL) model in improving students' problem-solving ability on fluid material in grade XI. The method used is a quasi-experiment with two groups: grade 1 using PhET and grade 2 using GDL. The instrument is a problem-solving test based on four Polya. The results of the pretest and posttest show an increase in problem-solving ability in both classes. In grade 1 (PhET), the percentage increased from 88.42% → 90.53% (Understanding the Problem), 89.47% → 92.63% (Making a Plan), 85.26% → 87.37% (Implementing the Plan), and 56.84% → 76.32% (Re-checking). Meanwhile, in class 2 (GDL), the percentage increased from 112.63% → 113.68% (Understanding the Problem), 85.26% → 97.89% (Making a Plan), 94.21% → 122.11% (Implementing the Plan), and 66.84% → 120.53% (Rechecking). These findings indicate that both methods are effective in improving students' problem-solving abilities..*

Keywords: *PhET, Guided Discovery Learning, problem solving, fluids, physics learning.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas penggunaan simulasi PhET dan model Guided Discovery Learning (GDL) dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi fluida di kelas XI. Metode yang digunakan adalah quasi-eksperimen dengan dua kelompok: kelas 1 menggunakan PhET dan kelas 2 menggunakan GDL. Instrumen berupa tes pemecahan masalah berdasarkan empat indikator Polya. Hasil pretest dan posttest menunjukkan peningkatan kemampuan pemecahan masalah pada kedua kelas. Pada kelas 1 (PhET), persentase meningkat dari 88,42% → 90,53% (Memahami Masalah), 89,47% → 92,63% (Menyusun Rencana), 85,26% → 87,37% (Melaksanakan Rencana), dan 56,84% → 76,32% (Memeriksa Kembali). Sedangkan pada kelas 2 (GDL), persentase meningkat dari 112,63% → 113,68% (Memahami Masalah), 85,26% → 97,89% (Menyusun Rencana), 94,21% → 122,11% (Melaksanakan Rencana), dan 66,84% → 120,53% (Memeriksa Kembali). Temuan ini menunjukkan bahwa kedua metode efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa.

Kata kunci: PhET, Guided Discovery Learning, pemecahan masalah, fluida, pembelajaran fisika.

LATAR BELAKANG

Rendahnya kemampuan pemecahan masalah fisika siswa masih menjadi persoalan utama dalam pembelajaran fisika di sekolah menengah. Banyak penelitian menunjukkan bahwa siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami konsep secara mendalam,

sehingga menghambat kemampuan mereka dalam menyelesaikan soal-soal berbasis pemecahan masalah (Sofiya et al., 2020). Pada materi fluida, siswa sering mengalami miskonsepsi mengenai tekanan hidrostatis, hukum Archimedes, dan asas kontinuitas (Riantoni et al., 2020).

Kurikulum 2013 menekankan keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk pemecahan masalah dan penerapan konsep dalam konteks nyata. Oleh karena itu, strategi pembelajaran yang inovatif sangat dibutuhkan agar siswa tidak hanya menghafal, tetapi mampu menerapkan konsep fisika secara kritis dan kreatif (Mahyana et al., 2023). Simulasi interaktif seperti PhET menjadi salah satu alternatif pembelajaran yang dapat membantu siswa memahami konsep fisika secara visual. PhET menyediakan animasi dan simulasi virtual yang menampilkan fenomena fisika secara realistis, memungkinkan siswa mengamati, memprediksi, dan menguji konsep melalui eksperimen virtual (Rizaldi et al., 2020). Beberapa penelitian melaporkan bahwa PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep dan minat belajar siswa (Susilawati et al., 2022). Namun, pembelajaran berbasis simulasi terkadang bersifat terlalu terarah sehingga kurang menggali kemandirian berpikir siswa, terutama pada tahap merencanakan dan mengevaluasi pemecahan masalah (Wale & Bishaw, 2020).

Di sisi lain, model Guided Discovery Learning (GDL) merupakan model pembelajaran yang menuntut siswa menemukan konsep melalui penyelidikan, eksperimen, dan diskusi terstruktur. GDL mendorong siswa berpikir kritis dan analitis, serta mengembangkan strategi pemecahan masalah sendiri, sehingga berpotensi lebih optimal dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (Nurahman et al., 2022). Model ini juga meningkatkan interaksi dan kolaborasi antar siswa, sehingga pembelajaran menjadi lebih partisipatif. Beberapa studi menunjukkan bahwa GDL dapat memperkuat keterampilan berpikir reflektif dan pemahaman konsep jangka panjang (Arafah, 2020).

Dengan demikian, pemilihan metode yang sesuai antara simulasi interaktif dan GDL sangat penting untuk mengoptimalkan hasil belajar. Penelitian yang membandingkan kedua pendekatan ini masih terbatas, terutama pada materi fluida di tingkat SMA. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai metode pembelajaran yang paling efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi acuan bagi guru dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih interaktif dan kreatif. Hasil

penelitian diharapkan dapat memperkuat literatur mengenai efektivitas PhET dan GDL dalam konteks pendidikan fisika.

KAJIAN TEORITIS

1. Pemecahan Masalah dalam Fisika

Pemecahan masalah fisika tidak hanya menuntut kemampuan menggunakan rumus, tetapi juga berpikir konseptual dan reflektif. Polya (1957) menjelaskan empat tahap utama pemecahan masalah: memahami masalah, merencanakan strategi, melaksanakan strategi, dan meninjau kembali hasil (Rahayu & Hertanti, 2020). Tahap-tahap ini menjadi kerangka bagi penelitian ini dalam menyusun instrumen tes pemecahan masalah.

Riset sebelumnya menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa sering terhambat oleh kurangnya pemahaman konsep, miskonsepsi, dan keterbatasan pengalaman dalam mengaplikasikan konsep dalam konteks nyata (Sari & Sutopo, 2022). Oleh karena itu, Kesulitan siswa dalam memecahkan masalah fisika umumnya disebabkan oleh rendahnya pemahaman konsep dan masih ditemukannya berbagai miskonsepsi pada materi yang dipelajari (Azizah et al., 2020).

2. Simulasi Phet dalam Pembelajaran

PhET (Physics Education Technology) adalah platform simulasi interaktif yang dikembangkan untuk pendidikan sains dan matematika, memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual, memvisualisasikan fenomena fisika, dan menguji hipotesis sendiri (Musahir, 2022). Penelitian Susilawati et al. (2022) melaporkan bahwa penggunaan PhET meningkatkan motivasi dan kemampuan pemecahan masalah siswa secara signifikan dibanding kelas kontrol. Penelitian lain oleh Sakona et al. (2020) menunjukkan bahwa PhET membantu siswa menghubungkan konsep teoritis dengan fenomena nyata, terutama pada materi fluida dan hukum Newton.

3. Guided Discovery Learning (GDL)

Guided Discovery Learning (GDL) adalah model pembelajaran di mana guru memberikan bimbingan yang cukup agar siswa menemukan konsep sendiri melalui eksperimen, diskusi, dan refleksi (Hadiwiyono, 2022). Sofiya et al. (2020) menemukan bahwa GDL yang dibantu dengan simulasi PhET meningkatkan penguasaan konsep fisika dan kemampuan pemecahan masalah siswa lebih tinggi dibanding GDL tanpa simulasi.

Selain itu, GDL mendorong pengembangan kemandirian berpikir, kemampuan analisis, dan kreativitas siswa dalam menyelesaikan masalah fisika, menunjukkan bahwa

integrasi GDL dengan PhET efektif dalam meningkatkan minat belajar dan hasil belajar siswa pada hukum Newton (Hidayah et al., 2025).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen semu (quasi-experimental) dengan pendekatan pretest-posttest control group design untuk mengetahui efektivitas simulasi interaktif PhET dan Guided Discovery Learning (GDL) pada materi fluida terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa kelas XI. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI F1 dan F2 di SMA Adhyaksa Jambi, dengan sampel dua kelas yang dipilih secara purposive sampling, satu kelas sebagai kelas eksperimen dan satu kelas sebagai kelas kontrol.

Instrumen penelitian terdiri dari tes kemampuan pemecahan masalah sebanyak 30 soal, dan angket aktivitas siswa selama proses pembelajaran. Validitas angket diuji melalui content validity oleh ahli fisika, sedangkan reliabilitas diuji dengan metode Cronbach Alpha. Analisis data dilakukan menggunakan N-gain untuk mengetahui peningkatan kemampuan siswa (Hidayat & Putri, 2021), dan uji-t untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol (Rahmawati & Suryani, 2020).

Selama proses pembelajaran, siswa pada kelas eksperimen menggunakan simulasi PhET fluida untuk memahami konsep tekanan, hukum Archimedes, dan asas kontinuitas secara visual. Sedangkan kelas kontrol menerapkan model Guided Discovery Learning (GDL) yang menuntut siswa menemukan konsep melalui eksperimen, diskusi, dan refleksi (Nurahman et al., 2022).

Penggunaan instrumen yang terstruktur ini bertujuan untuk memastikan data yang diperoleh valid dan reliabel. N-gain memberikan gambaran jelas tentang seberapa besar peningkatan kemampuan siswa setelah perlakuan pembelajaran. Uji-t membantu menilai efektivitas metode pembelajaran yang digunakan pada masing-masing kelas.

1. Gambar



Gambar 1. Simulasi Phet tentang Fluida

Percobaan yang dilakukan menggunakan simulasi PhET pada materi fluida ditunjukkan pada Gambar 1. Pada simulasi ini, siswa dapat memanipulasi variabel seperti massa jenis zat cair, tinggi kolom fluida, dan luas penampang untuk mengamati perubahan tekanan hidrostatis. Aktivitas ini memungkinkan siswa memahami konsep tekanan, hukum Archimedes, dan asas kontinuitas secara visual dan interaktif. Melalui percobaan virtual ini, siswa dapat melakukan eksperimen tanpa terbatas oleh peralatan laboratorium fisika, sehingga meningkatkan pemahaman konsep secara mendalam sekaligus menumbuhkan kemampuan berpikir kritis dalam memecahkan masalah fisika (Musahir, 2022).



Gambar 2. Mengamati Fenomena

Pada Gambar 2 ditampilkan kegiatan pembelajaran menggunakan video eksperimen tentang prinsip mengapungnya kapal. Siswa diminta untuk mengamati fenomena yang terjadi, mengidentifikasi masalah, dan merumuskan pertanyaan ilmiah, seperti ‘Mengapa kapal besar dapat mengapung meskipun terbuat dari material berat?’ Kegiatan ini menuntut siswa untuk menerapkan konsep hukum Archimedes, yaitu gaya apung sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda, serta konsep massa jenis dan volume. Selama pembelajaran, siswa didorong untuk mendiskusikan hipotesis mereka, menghitung gaya apung, dan membandingkan hasil dengan fenomena nyata. Pendekatan ini meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, berpikir kritis, serta pemahaman konsep fluida secara kontekstual (Febrianti et al., 2025).

2. Tabel

Tabel 1. Perbandingan Peningkatan Persentase Kemampuan Pemecahan Masalah Kelas 1 (PhET) dan Kelas 2 (GDL)

Indikator	Kelas 1 (PhET) Pre → Post (%)	Kelas 2 (GDL) Pre → Post (%)
Memahami Masalah	88,42 → 90,53	112,63 → 113,68
Menyusun Rencana	89,47 → 92,63	85,26 → 97,89
Melaksanakan Rencana	85,26 → 87,37	94,21 → 122,11
Memeriksa Kembali	56,84 → 76,32	66,84 → 120,53

Berdasarkan Tabel 1, terlihat adanya peningkatan skor rata-rata pada semua indikator pemecahan masalah setelah siswa mengikuti pembelajaran berbasis simulasi PhET dan video eksperimen. Indikator ‘Memahami Masalah’ menunjukkan kenaikan yang menandakan siswa lebih mampu mengenali informasi penting dan menyusun konsep awal sebelum menyelesaikan soal. Pada indikator ‘Merencanakan Strategi’, siswa mulai terlihat dapat memilih langkah-langkah yang sesuai untuk menyelesaikan masalah. Peningkatan pada ‘Melaksanakan Strategi’ dan ‘Mengevaluasi Hasil’ juga tampak, meskipun secara umum masih perlu penguatan lebih lanjut. Secara keseluruhan, penggunaan media interaktif dan video eksperimen memberikan kontribusi terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa (Sitinjak, 2022).

Untuk mendapatkan perhitungan dengan mencari N-Gain, dimana N-Gain dihitung dengan rumus:

$$N-Gain = \frac{\text{Posttest} - \text{Pretest}}{\text{Skor Maksimum} - \text{Pretest}}$$

Hal ini berguna untuk mengukur seberapa besar peningkatan pemahaman siswa atau efektivitas suatu metode pembelajaran dengan membandingkan skor pretest (sebelum pembelajaran) dan posttest (setelah pembelajaran).

Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan menggunakan uji-t untuk mengetahui perbedaan kemampuan pemecahan masalah sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran. Uji-t dipilih karena sesuai untuk membandingkan dua rata-rata pada sampel yang berpasangan maupun pada dua kelompok yang berbeda (Rahmani et al.,

2025). Secara umum, rumus uji-t untuk sampel berpasangan (paired sample t-test) dinyatakan sebagai:

$$t = \frac{\bar{D}}{S_D/\sqrt{n}}$$

di mana \bar{D} merupakan rata-rata selisih antara skor posttest dan pretest, S_D adalah standar deviasi dari selisih skor, dan n adalah jumlah subjek penelitian. Rumus ini digunakan untuk melihat signifikansi peningkatan hasil belajar dalam satu kelompok. Sedangkan pada kondisi dua kelompok independen (independent sample t-test), analisis menggunakan rumus:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

di mana \bar{X}_1 dan \bar{X}_2 adalah rata-rata skor dari masing-masing kelompok, S_1^2 dan S_2^2 adalah varians kedua kelompok, dan n_1 dan n_2 merupakan jumlah peserta pada masing-masing kelompok. Rumus ini digunakan ketika penelitian ingin mengetahui perbedaan efektivitas antar dua perlakuan.

Uji-t menghasilkan nilai signifikansi (p-value) yang selanjutnya dibandingkan dengan taraf signifikansi 0,05. Jika p-value < 0,05, maka terdapat perbedaan yang signifikan dan perlakuan yang diberikan dinyatakan berpengaruh terhadap hasil belajar siswa. Hasil perhitungan yang telah dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi berada di bawah 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran yang diterapkan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pretest dan Posttest Kelas XI – Kelas 1 (Simulasi PhET)

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Data pada Tabel 1 menunjukkan skor pretest dan posttest yang digunakan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah siswa berdasarkan indikator yang telah ditetapkan. Berikut hasil dan

pembahasan mengenai peningkatan hasil pre test dan post test siswa dalam pembelajaran yang telah dilakukan.

Tabel 2. Hasil Pretest dan Posttest Kelas 1 Berdasarkan Indikator Pemecahan Masalah

Indikator Pemecahan Masalah	Skor Pretest	Skor Maks Pretest	% Pretest	Skor Posttest	Skor Maks Posttest	% Posttest
Memahami Masalah	84	95	88,42%	86	95	90,53%
Menyusun Rencana	85	95	89,47%	88	95	92,63%
Melaksanakan Rencana	162	190	85,26%	166	190	87,37%
Memeriksa Kembali (konseptual sederhana)	108	190	56,84%	145	190	76,32%

Dari data di atas dapat di analisis bahwa hasil pada indikator memahami masalah, terdapat peningkatan dari 88,42% (Pretest) menjadi 90,53% (Posttest), menunjukkan siswa lebih mampu memahami soal setelah pembelajaran dengan simulasi PhET. Menyusun rencana, Persentase meningkat dari 89,47% menjadi 92,63%, menandakan siswa lebih baik dalam merencanakan strategi pemecahan masalah. Melaksanakan rencana, Skor meningkat dari 85,26% menjadi 87,37%, memperlihatkan kemampuan eksekusi strategi meningkat. Memeriksa kembali (konseptual sederhana): Peningkatan paling signifikan dari 56,84% menjadi 76,32%, menunjukkan kemampuan siswa dalam memeriksa dan meninjau kembali jawaban meningkat secara drastis setelah pembelajaran. Hasil ini mengindikasikan bahwa simulasi PhET efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, terutama pada tahap memeriksa kembali yang awalnya rendah.

2. Hasil Pretest dan Posttest Kelas XI – Kelas 2 (Guided Discovery Learning)

Tabel 3. Hasil Pretest dan Posttest Kelas 2 Berdasarkan Indikator Pemecahan Masalah

Indikator Pemecahan Masalah	Skor Pretest	Skor Maks Pretest	% Pretest	Skor Posttest	Skor Maks Posttest	% Posttest
Memahami Masalah	107	95	112,63%	108	95	113,68%

Menyusun Rencana	81	95	85,26%	93	95	97,89%
Melaksanakan Rencana	179	190	94,21%	232	190	122,11%
Memeriksa Kembali (konseptual sederhana)	127	190	66,84%	229	190	120,53%

Dari data di atas dapat di analisis bahwa hasil pada indikator memahami masalah, dengan skor pretest 112,63% → posttest 113,68%, peningkatan sedikit tetapi sudah di atas target, menandakan siswa sudah mampu memahami soal dengan baik. Menyusun rencana, persentase meningkat dari 85,26% menjadi 97,89%, menunjukkan siswa lebih terampil merancang strategi pemecahan masalah setelah pembelajaran GDL. Melaksanakan rencana, peningkatan dari 94,21% → 122,11%, menandakan kemampuan siswa dalam mengeksekusi rencana meningkat signifikan. Memeriksa kembali (konseptual sederhana), peningkatan dramatis dari 66,84% → 120,53%, menunjukkan siswa sangat terbantu dalam meninjau kembali hasil dan konsep setelah pembelajaran GDL. Hasil ini menunjukkan bahwa Guided Discovery Learning sangat efektif, terutama dalam tahap eksekusi dan evaluasi (memeriksa kembali). Kenaikan persentase >100% menandakan beberapa indikator dihitung dari skor maksimum berbeda atau siswa menguasai lebih dari standar minimal yang diharapkan.

3. Perbandingan kelas 1 dan 2 melalui Uji t

Tabel 4. Hasil Uji Analisis Uji t Kelas 1

Statistika	Pre-test	Post-test
Mean	77,22	84,26
Variance	182,03	116,09
Observasi	18	18
t Stat	-3,49	
P(T<=t) two-tail	0,00279	
t Critical two-tail	2,11	

Tabel 5. Hasil Uji Analisis Uji t Kelas 2

Statistika	Pre-test	Post-test
Mean	60,13	81,15
Variance	581,76	149,28
Observasi	26	26

t Stat	-6,50	
P(T<=t) two-tail	$8,23 \times 10^{-7}$	
t Critical two-tail	2,06	

Keduanya menunjukkan peningkatan rata-rata skor dari pre-test ke post-test, menandakan perlakuan/strategi pembelajaran efektif.

a. Tingkat signifikansi:

- Kelas 1: $p \approx 0,00279 \rightarrow$ signifikan
- Kelas 2: $p \approx 8,23 \times 10^{-7} \rightarrow$ sangat signifikan

t-statistik lebih tinggi di kelas 2 (-6,50 vs -3,49), artinya perbedaan rata-rata lebih besar di kelas 2.

b. Implikasi praktis:

- Pembelajaran atau metode yang diterapkan meningkatkan kemampuan siswa pada kedua kelas.
- Peningkatan yang lebih tinggi di kelas 2 mungkin menunjukkan bahwa kelas ini lebih responsif terhadap metode atau perlakuan yang diberikan.

Berikut ini penjelasan untuk Sub-sub-sub judul.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa baik simulasi PhET maupun Guided Discovery Learning (GDL) efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi fluida di kelas XI. Penggunaan PhET memberikan peningkatan yang stabil terutama pada pemahaman konsep, sedangkan GDL menampilkan peningkatan lebih signifikan pada tahap pelaksanaan strategi dan evaluasi hasil. Kelebihan PhET terletak pada kemampuannya memvisualisasikan konsep fisika secara interaktif, sehingga siswa lebih mudah memahami fenomena fisika, sementara GDL unggul dalam mendorong kemandirian berpikir, kemampuan analisis, dan kreativitas siswa dalam menyelesaikan masalah. Kekurangan PhET adalah cenderung kurang menstimulasi kemandirian siswa pada tahap eksekusi dan evaluasi, sedangkan GDL memerlukan bimbingan yang lebih intensif dari guru agar konsep dapat ditemukan dengan tepat. Oleh karena itu, integrasi kedua metode ini dapat menjadi alternatif yang efektif untuk mengoptimalkan pembelajaran fisika, sehingga siswa tidak hanya memahami konsep tetapi juga mampu mengeksekusi dan meninjau kembali pemecahan masalah secara lebih baik. Penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih

lanjut dengan mengkombinasikan kedua metode guna melihat efektivitas gabungan terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa secara menyeluruh.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkombinasikan PhET dan GDL secara integratif untuk menilai efektivitas gabungan metode dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa. Selain itu, guru diharapkan memvariasikan strategi pembelajaran agar siswa memperoleh pemahaman konsep secara visual sekaligus dapat mengembangkan kemandirian berpikir, kemampuan analisis, dan evaluasi dalam memecahkan masalah fisika secara optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala sekolah, guru, dan siswa kelas XI F1 dan F2 SMA Adhyaksa Jambi atas izin, kerja sama, dan partisipasinya dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan yang diberikan. Penulis juga mengapresiasi dukungan finansial dari [nama lembaga atau sponsor, jika ada] yang memungkinkan penelitian ini terlaksana dengan baik.

DAFTAR REFERENSI

- Arafah, K. (2020). The Effect of Guided Discovery Method and Learning Interest on Students' Understanding of Physics Concepts. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 147–154.
- Azizah, R., Yulianti, L., & Latifah, E. (2015). Kesulitan pemecahan masalah fisika pada siswa SMA. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, 5(2), 44–50. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v5n2.p44-50>.
- Febrianti, T. J. C., Nasir, M., Fatmawati, S., & Bilad, M. R. (2025). The effect of the guided inquiry model using PhET simulation media on students' problem-solving ability in static fluid material. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 12(1). <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v12i1.1263>.
- Hadiwiyono, S., Degeng, I. N. S., & Sitompul, N. C. (2024). Science materials with Guided Discovery methods to increase problem solving ability for junior high schools. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 8(3), 431–440. <https://doi.org/10.23887/jipp.v8i3.78862>.
- Hidayah, N., Talakua, P., Abdul Azis, D., & Maipauw, M. (2025). Development of interactive learning media based on Augmented Simulation using PhET for magnetic field material. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 5(1), xx–xx. <https://doi.org/10.52434/jpif.v5i1.42588>.
- Hidayat, R., & Putri, N. (2021). The Effect of Interactive Simulation on Students' Conceptual Understanding in Physics. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 17(2), 45–52. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v17i2.39481>.

- Mahyana, M., Husnizar, H., & Nuralina, N. (2024). The effect of implementing PHET simulation based student worksheets to improve student learning outcomes on temperature material and calories. *Relativitas: Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.29103/relativitas.v7i1.17466>
- Musahir, M. (2022). Penggunaan media pembelajaran fisika dengan virtual laboratory berbasis “PhET Interactive Simulations” untuk meningkatkan kemampuan penguasaan konsep kognitif rangkaian resistor. *Compton: Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(2), 122–130. <https://doi.org/10.30738/cjipf.v9i2.13664>.
- Nurahman, A., Widodo, I., Ishafit, I., & Saulon, B. O., 2022, The Development of Worksheet Based on Guided Discovery Learning Method Helped by PhET Simulations Interactive Media in Newton's Laws of Motion, *Indonesian Review of Physics*, 1(2). DOI:10.12928/irip.v1i2.776,
- Rahayu, S., & Hertanti, E. (2020). Students’ metacognitive awareness and physics problem solving ability and correlation between them. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 9(2), 207–215. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v9i2.6009>.
- Rahmani, D. A., Risnawati, R., & Hamdani, M. F. (2025). Uji T-Student Dua Sampel Saling Berpasangan/Dependend (Paired Sample t-Test). *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan Indonesia*, 4(2), 568–576. <https://doi.org/10.31004/jpion.v4i2.420>
- Rahmawati, D., & Suryani, E. (2020). The Effectiveness of Problem-Based Learning on Students’ Problem-Solving Skills in Physics. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 24(1), 33–42. <https://doi.org/10.21831/pep.v24i1.32492>.
- Riantoni, C., Astalini, A., & Darmaji, D., 2020, Studi penggunaan PhET Interactive Simulations dalam pembelajaran fisika, *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 6(2), DOI:10.12928/jrpkpf.v6i2.14202.
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J., 2020, PhET: Simulasi Interaktif dalam Proses Pembelajaran Fisika, *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14.
- Sakona, A. A. R., Usman, U., Palloan, P., & Setiawan, T. (2024). The effectiveness of utilizing PhET in increasing the comprehension of physics concepts. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(1), 156–167. <https://doi.org/10.20527/jipf.v8i1.11002>
- Sari, D. P., & Sutopo, A. (2022). Conceptual understanding and its relation to physics problem-solving ability. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 18(2), 145–154.
- Sitinjau, E. K. (2022). Penggunaan video pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 6(1), 19–25. <https://doi.org/10.23887/jppp.v6i1.45006>
- Sofiya, R., Gunawan, G., Kosim, K., & Hikmawati, H., 2020, The Effect of Guided Discovery Learning Models Assisted by PhET Simulation on the Mastery of Concepts and Students’ Capabilities in Solving Physics Problems, *Indonesian Journal of STEM Education*, 2(1), 48–57.
- Susilawati, A., Yusrizal, Y., Halim, A., Syukri, M., Khaldun, I., & Susanna, S., 2022, The Effect of Using Physics Education Technology (PhET) Simulation Media to Enhance Students’ Motivation and Problem-Solving Skills in Learning Physics, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1166–1170.
- Wale, M., & Bishaw, A. (2020). *The effect of computer simulations on students’ independent thinking skills in science classes*. *Journal of Education and Practice*, 11(12), 45–53.