

Pengaruh Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Berbantuan *Phet Simulation* Terhadap Hasil Belajar Siswa

¹Soni Nurparijal, ²Irma Fitria Amalia, ³Rizal Adimayuda

¹Fakultas Ilmu Terapan dan Sains, Institut Pendidikan Indonesia Garut, Jl. Terusan Pahlawan No. 32 Sukagalih, Tarogong Kidul-Garut 44151

*Corresponding Author e-mail: soninurparijal03@gmail.com

Received: February 2024; Revised: June 2024; Published: July 2024

Abstrak

Untuk mencapai pembelajaran berkualitas, guru perlu mendorong siswa terlibat aktif serta mandiri sehingga kegiatan pembelajaran tidak hanya bergantung pada guru. Penerapan model pembelajaran menarik serta efektif berperan penting dalam meningkatkan hasil belajar. Penelitian menerapkan *quasi eksperimen* dengan desain *nonequivalent control group desain* dan melibatkan 27 siswa di setiap kelas. Tes yang digunakan pada aspek kognitif berjumlah 20 soal pilihan ganda. Skor *pretest* kelompok eksperimen bernilai 39,25, sedangkan kelompok control bernilai 34,8. Skor *posttest* bernilai 80 pada kelompok eksperimen dan 71,1 pada kelompok control. Uji *Shapiro-Wilk* memperoleh hasil berdistribusi normal. Sementara itu, uji homogenitas *Levene* mengindikasikan bahwa data bersifat homogen. Uji *independent sample t-test* menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, dengan N-Gain termasuk kategori sedang. Hasil ini membuktikan bahwa pembelajaran *Problem Based Learning* Berbantuan *PhET Simulation* cukup efektif terhadap hasil belajar pada konsep tekanan hidrostatik.

Kata kunci: PBL, *PhET Simulation*, Hasil Belajar Siswa, Tekanan Hidrostatik

How to Cite: Nurparijal, S., Amalia, I.F., dan Adimayuda, R. (2026). Pengaruh Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Berbantuan *PhET Simulation* Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Journal of Authentic Research*, 5(2), 1844–1859. <https://doi.org/10.36312/gya0jk58>



<https://doi.org/10.36312/gya0jk58>

Copyright© 2026, Nurparijal et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Pendidikan adalah salah satu aspek kegiatan membutuhkan perhatian khusus terhadap konteks pembangunan nasional, yaitu upaya meningkatkan kualitas kehidupan bangsa. Melalui proses pendidikan, SDM yang berkualitas dapat meningkat terutama dalam melaksanakan pembangunan (Syamsurijal, 2023). Dalam mendukung pembangunan di masa mendatang merupakan pendidikan yang dapat mengidentifikasi serta menyelesaikan berbagai permasalahan pendidikan yang sedang dihadapi (Patandung & Panggua, 2022). Pendidikan harus menyentuh potensi nurani maupun potensi kompetensi siswa (Kiptiyah et al., 2021). Dalam sistem pendidikan, terdapat dua unsur penting yang harus dimiliki, yaitu kepekaan nurani serta kompetensi siswa. Konsep pendidikan tersebut semakin memiliki relevansi tinggi ketika seseorang memasuki kehidupan bermasyarakat atau dunia kerja. Pada kondisi tersebut, seseorang dituntut untuk mampu mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang di dapat di sekolah guna mengatasi permasalahan dalam kehidupan yang nyata, baik sekarang ataupun di masa depan (Djonomiarjo, 2020).

Peningkatan hasil siswa terhadap kegiatan belajar yang masih rendah, terutama pada pelajaran fisika, menjadikan siswa hanya fokus terhadap guru. Oleh sebab itu, kreativitas guru berperan penting dalam menyampaikan konsep belajar (Muhidin & Suparman, 2025). Sebagian besar dalam proses pembelajaran, guru masih menjadikan satu model dalam kegiatan belajar mengajar. Kondisi ini menyebabkan beberapa siswa masih merasa bosan, sehingga menyebabkan siswa takut terhadap mata pelajaran yang bersifat abstrak (Patandean et al., 2023). Dalam menyajikan materi pembelajaran masih monoton, ditambah dengan persepsi fisika sangat sulit untuk menerapkan dalam kehidupan yang nyata, sehingga dapat memperparah keadaan. Masalah ini berdampak menurunnya motivasi serta minat siswa dalam mempelajari materi fisika secara abstrak (Mehora, 2026). Proses belajar di kelas, mayoritas guru menerapkan metode pembelajaran langsung. Pendekatan ini berdampak terhadap siswa menjadi kurang aktif dalam kegiatan belajar siswa, sehingga mengakibatkan beberapa siswa kurang serius dan cenderung bermain-main dalam proses belajar secara langsung (Dachi et al., 2023).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji efektivitas model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *PhET Simulation* dalam meningkatkan hasil belajar dan kemampuan kognitif siswa pada berbagai materi fisika (Muhdantiar & Kasriman, 2025). Fitriani et al., (2025) dalam studinya di SMA Negeri 10 Kendari menunjukkan bahwa penerapan model PBL berbantuan *PhET Simulation* secara signifikan lebih baik dibandingkan model konvensional dalam meningkatkan hasil belajar fisika, dengan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ pada taraf signifikansi 5%. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Qothrunnada et al., (2025) yang menemukan bahwa integrasi PBL dengan *PhET Simulation* pada materi fluida statis mampu meningkatkan rata-rata nilai siswa dari 52 menjadi 81,5 dengan N-Gain sebesar 0,51 dalam kategori sedang. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Molamahu et al., (2025) pada materi cermin menunjukkan bahwa kelas yang menggunakan PBL *Plus PhET* memperoleh rata-rata *posttest* 81,03, jauh lebih tinggi dibandingkan kelas PBL reguler yang hanya mencapai 62,31, dengan N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,58 (sedang). Lebih lanjut, Widyaningsih et al., (2024) dalam penelitian tindakan kelasnya membuktikan bahwa penerapan PBL berbantuan *PhET Simulation* pada materi dinamika gerak partikel secara bertahap meningkatkan ketuntasan belajar siswa dari 30,3% pada pra siklus menjadi 84,8% pada siklus II.

Penelitian lain yang relevan dilakukan oleh Fatmawati & Pertiwi (2024) yang mengkaji efektivitas model ini terhadap literasi sains peserta didik pada materi perubahan iklim, dan menemukan bahwa indikator menafsirkan data dan bukti ilmiah mengalami peningkatan paling tinggi. Secara khusus pada materi tekanan hidrostatik, Ilham et al., (2024) melaporkan bahwa penggunaan *PhET Simulation* menghasilkan hasil belajar siswa yang sangat tinggi dengan 86,36% siswa mencapai nilai sempurna, meskipun motivasi belajar tidak berkorelasi signifikan dengan hasil yang dicapai. Firmasari et al., (2025) juga mengonfirmasi bahwa model PBL berbantuan *PhET Simulation* berpengaruh positif terhadap hasil belajar fisika peserta didik secara umum. Dengan demikian, meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas model ini pada berbagai materi fisika, masih terbatas penelitian yang secara spesifik mengkaji pengaruh PBL berbantuan *PhET Simulation* terhadap hasil belajar siswa pada materi tekanan hidrostatik di tingkat SMA/MA.

Guru berperan sangat penting dalam mewujudkan pendidikan bermutu serta dapat meningkatkan pengetahuan terhadap siswa (Maulansyah et al., 2023). Salah satu tanggung jawab utama guru adalah mendorong siswa agar bersifat aktif, inovatif, dan mampu menemukan informasi yang relevan dengan topik yang dibahas dalam pembelajaran. Dengan pendekatan tersebut, proses kegiatan mengajar tidak hanya didominasi oleh metode ceramah yang menjadikan pusat utamanya hanya terhadap guru. Model pembelajaran seperti ini, guru masih memiliki kontrol penuh atas jalannya pembelajaran di kelas, sementara siswa hanya menerima materi secara pasif. Kondisi ini menyebabkan proses belajar di ruangan kelas tidak berkembang optimal, mengingat siswa tidak bisa mengemukakan pendapat mereka secara bebas ketika menghadapi sesuatu permasalahan tertentu (Chikita et al., 2023).

Metode pembelajaran diterapkan merupakan faktor utama yang dapat menyebabkan rendahnya pencapaian dalam belajar (Putra & Hefni, 2022). Sesuai dengan hasil observasi yang dilakukan kegiatan pembelajaran fisika di kelas pada umumnya menggunakan metode belajar seperti ceramah, tanya jawab, serta siswa melakukan diskusi secara berkelompok. Dengan demikian, guru hanya menekankan pada penyajian materi melalui persamaan matematisnya. Hal ini menjadikan proses belajar masih kurang menarik dan tampak sulit bagi siswa. Situasi ini akhirnya menimbulkan persepsi di kalangan siswa, fisika merupakan pelajaran membosankan. Metode pembelajaran hanya cenderung lebih fokus siswa pada aktivitas menghafal rumus kemudian memasukkan angka ke dalam persamaan matematis dengan menyelesaikan perhitungan (Isti' anah et al., 2024). Akibatnya, mengasah kemampuan matematis siswa tidak hanya benar-benar dalam memahami konsep. Meskipun demikian, upaya guru mengajak siswa agar aktif dalam proses belajar belum memberikan hasil maksimal (Sakdiyah et al., 2024).

Faktor yang menjadi masalah utama dalam menyampaikan bahan ajar, media yang digunakan dalam kegiatan belajar masih sub optimal. kondisi yang menyebabkan sebagian siswa dalam memahami konsep abstrak masih kesulitan, bahkan belum bisa mencerna isi materi yang diberikan guru. Mengatasi permasalahan tersebut guru harus merancang pembelajaran dapat diterapkan secara efektif, sehingga siswa dapat memahami materi secara mendalam, baik dalam aspek teori ataupun praktik (Nursarofah, 2022).

Meningkatkan hasil belajar siswa, seorang guru perlu didukung oleh kompetensi yang memadai seperti dalam proses belajar mengajar yang efektif, serta adanya bantuan dari orang tua. Seorang guru memiliki kualitas yang menggambarkan kemampuan yang dimiliki dalam menyampaikan tugas dengan baik, sehingga hasil karyanya mencerminkan profesionalisme yang tinggi. Kemampuan tersebut wajib tercermin dalam sikap guru yang memungkinkannya menjalankan tugas profesinya secara optimal bukan sekadar melaksanakan rutinitas mengajar semata. Berdasarkan hal tersebut, ada 4 kompetensi yang perlu dimiliki oleh seorang guru yang mencakup kompetensi dalam pedagogis, diri pribadi, profesional, dan sosial. Dalam meningkatkan hasil belajar siswa dapat tercapai melalui proses belajar secara efektif dengan menerapkan model pembelajaran, guru harus menggunakan metode belajar dengan melakukan hal yang dapat memberikan semangat siswa dalam kegiatan belajar (Dakhi, 2020).

Pembelajaran dapat diterapkan dalam kegiatan belajar yaitu model PBL. Model ini adalah pendekatan inovatif dengan menyajikan materi pembelajaran dengan

menempatkan permasalahan nyata (*real world*) sebagai titik awal proses belajar mengajar. Model pembelajaran ini memberikan dorongan kepada siswa supaya belajar lebih aktif melalui kerja sama dalam bentuk tim dan kelompok. Hasil belajar didefinisikan sebagai kemampuan siswa yang diperoleh setelah proses pembelajaran. Khususnya dalam bidang fisika, hasil belajar siswa menggambarkan keterampilan yang tercapai setelah mengikuti kegiatan pembelajaran, serta menjadi unsur paling penting dalam proses pada materi fisika (Sudiatmika, 2023).

Untuk menciptakan proses belajar fisika yang lebih menarik, memerlukan bahan ajar secara optimal dan produktif (Setyabudi & Sunarno, 2013). Untuk memastikan dampak positif terhadap siswa yang dapat mencapai hasil siswa dalam belajar secara optimal, materi yang digunakan yaitu tekanan hidrostatik, peneliti menerapkan kombinasi PBL dengan bantuan simulasi PhET. Guru dapat menerapkan pendekatan ini dengan merancang proses pembelajaran mengenai materi fisika dengan konteks di kehidupan nyata. Media ajar yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti percobaan virtual lab adalah *PhET simulation* (Firmasari et al., 2025). Aplikasi yang menyediakan kegiatan eksperimen dapat dimanfaatkan dalam kegiatan belajar. Media ini dapat membantu untuk memahami konsep fisika bersifat abstrak sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir siswa dalam materi fisika (Zaturrahi et al., 2020). Dengan menerapkan media belajar yang berbasis masalah yang didukung oleh aplikasi PhET dapat memberikan pemahaman melalui tampilan grafis dan intuitif. Keunggulan tersebut menjadikan simulasi ini menjadi lebih mudah digunakan serta sesuai dengan diaplikasikan dalam kegiatan belajar (Hawa et al., 2021).

Perangkat lunak simulasi virtual dimanfaatkan sebagai sarana dalam menampilkan permasalahan fisika berkaitan dengan kehidupan sehari-hari dalam kegiatan belajar mengajar. Simulasi PhET dapat diterapkan dikombinasikan dengan model pembelajaran PBL membuat penyelesaian masalah yang diberikan akan lebih menarik. Kondisi ini dapat memberikan dorongan terhadap siswa dalam belajar (Maharani et al., 2024). Merujuk pada penjelasan tersebut penulis melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Berbantuan *PhET Simulation* Terhadap Hasil Belajar Siswa."

METODE

Metodologi penelitian yang digunakan adalah *quasi eksperimen*. Metode ini dipilih karena peneliti tidak dilakukan secara random terhadap subjek penelitian, sehingga kelas sudah ada digunakan sebagai penelitian. Penelitian bertujuan untuk menentukan bagaimana pengaruh dari model PBL berbantuan *PhET simulation* terhadap hasil belajar pada konsep yang digunakan.

Desain penelitian yang digunakan *nonequivalent control group desain*. Variabel yang digunakan dalam penelitian yaitu variabel bebas berupa model pembelajaran PBL berbantuan simulasi PhET, sedangkan variabel terikatnya berupa hasil belajar siswa. Desain penelitian yang disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Desain *Nonequivalent Control Group Design*

Kelas	Pretest	Perlakuan	Posttest
K _E	T ₁	X	T ₂
K _K	T ₃	Y	T ₄

Keterangan:

T₁ = *Pretest* kelompok eksperimen

T₂ = *Posttest* kelompok eksperimen

T₃ = *Pretest* kelompok kontrol

T₄ = *Posttest* kelompok kontrol

X = Model pembelajaran PBL berbantuan *PhET Simulation*

Y = Model pembelajaran PBL tanpa *PhET simulation*

Subjek Penelitian

Populasi dan sampel dalam penelitian ini mencakup seluruh siswa kelas 11 di sekolah MA plus Al-Furqon. Sampel ditentukan melalui teknik *purposive sampling* berarti pemilihan dilakukan dengan kriteria sesuai dengan tujuan penelitian. Peneliti secara langsung memilih kelas yang telah memenuhi kriteria yang ditetapkan dengan data yang relevan, sehingga menghasilkan data valid dalam melakukan analisis. Berdasarkan populasi tersebut kemudian dilakukan penentuan kelas supaya dapat membandingkan antara kelas eksperimen dan kontrol tetap valid.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian digunakan dalam penelitian ini berupa pilihan ganda yang dirancang guna mengukur hasil belajar pada aspek kognitif. Dalam menyusun instrumen tes yang sesuai dengan indikator pencapaian pembelajaran ditetapkan dengan kompetensi hanya mengukur aspek kognitif saja sesuai dengan Taksonomi Bloom dimulai dari C1 sampai C4 yang dengan tujuan pembelajaran.

Sebelum tes digunakan, instrumen terlebih dahulu dinilai kelayakannya melalui proses validasi oleh para ahli. proses validasi dinilai oleh dua dosen fisika dan satu guru tingkat SMA dengan proses mengajar dalam jangka waktu yang lama. Penilaian difokuskan pada kesesuaian isis, kualitas soal, kejelasan bahasa, serta keterkaitan antara soal dengan indikator dan aspek kognitif yang diukur, sehingga dapat mengukur hasil belajar secara tepat.

Prosedur Penelitian

Tahapan ini dirancang dengan sistematis agar pelaksanaan penelitian berjalan secara terstruktur. Tahapan-tahapan tersebut meliputi:

1) Tahap awal

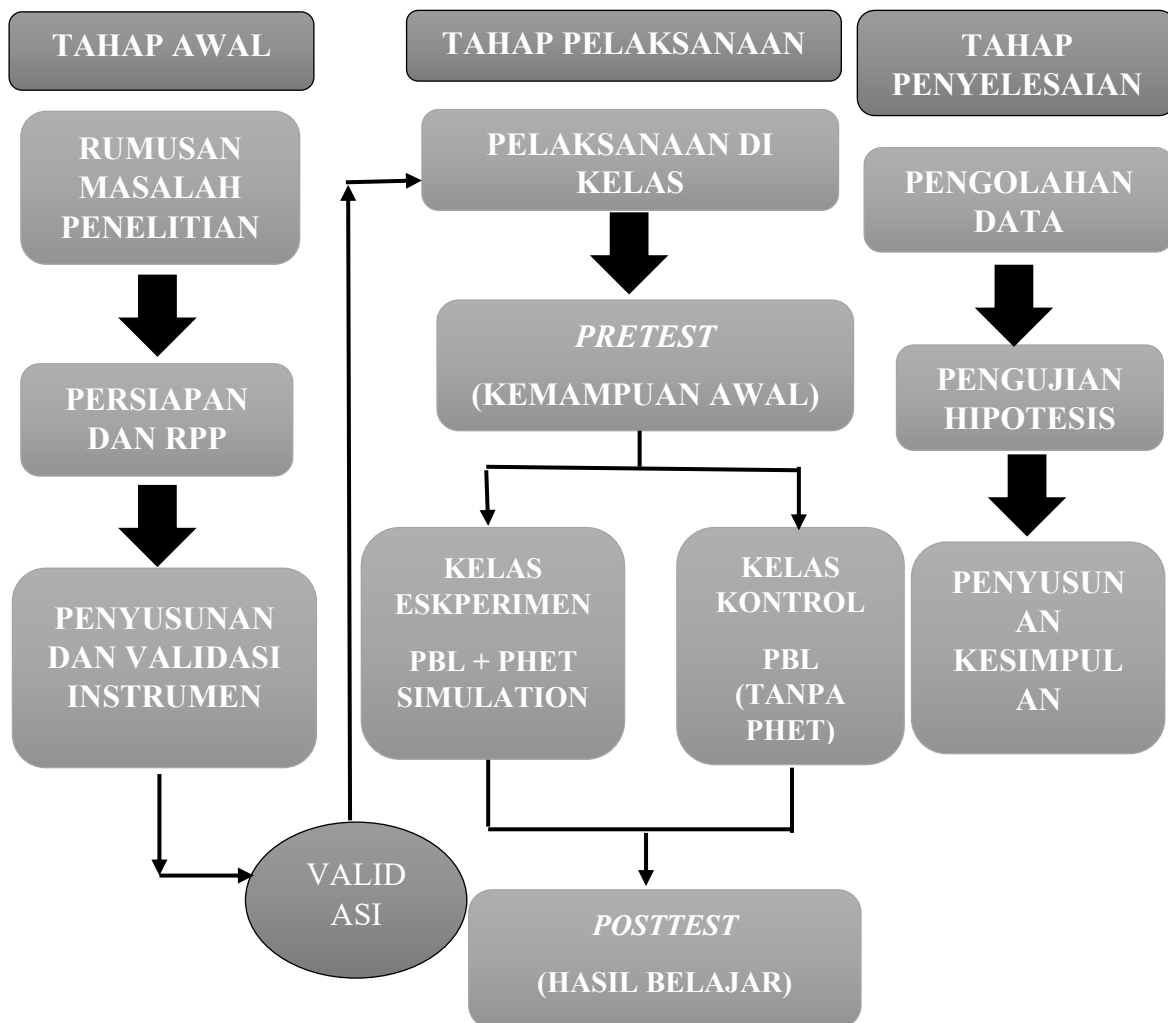
Fase ini mencakup semua aktivitas yang dilakukan sebelum dilaksanakannya penelitian. Kemudian melakukan sejumlah kegiatan yang mencakup perumusan masalah, penentuan sampel yang akan digunakan, penyusunan RPP, serta penyusunan instrument penelitian. Instrument yang telah dirancang akan dilakukan validasi oleh para ahli guna menilai Tingkat kelayakannya. Selanjutnya, hasil validasi tersebut dianalisis dan digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan instrumen sebelum dilaksanakan.

2) Tahap pelaksanaan

Pada tahapan ini, dilaksanakannya penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian sampel digunakan diberikan *pretest* untuk menilai kemampuan sebelum diberikan pembelajaran. Proses kegiatan belajar dilaksanakan sesuai dengan rancangan penelitian, untuk kelompok eksperimen menerapkan model PBL tanpa simulasi PhET. Kedua perlakuan tersebut dilaksanakan sesuai dengan langkah-langkah yang sesuai dengan rencana pembelajaran. Setelah pembelajaran selesai, kemudian *pretest* diberikan untuk memperoleh data akhir siswa.

3) Tahap akhir

Tahap akhir penelitian merupakan tahap pengolahan dan analisis data yang telah diperoleh selama pelaksanaan penelitian. Selain itu, peneliti melakukan hipotesis guna mengetahui apakah memiliki dampak dari perlakuan yang diberikan terhadap hasil belajarnya. Berdasarkan hasil analisis serta pengujian yang telah dilakukan, peneliti kemudian menyusun kesimpulan sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah. Di bawah ini merupakan tahapan penelitian berikut ditunjukkan pada Gambar 1, berikut:



Gambar 1. Tahap penelitian

Analisis Data

1. Uji Normalitas

Pengujian ini ditentukan apakah data berasal dari populasi yang terdistribusi normal atau tidak (Sasa, 2023). Pada penelitian ini, pengujian normalitas dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, kriteria yang dilakukan dalam menentukan teknik analisis data, yaitu:

- Jika nilai sig. > 0,05, data terdistribusi normal.
- Jika nilai sig. < 0,05, data tidak terdistribusi normal.

2. Uji Homogenitas

Uji ini bertujuan untuk mengetahui pengujian statistik guna pada kelompok sampel berasal dari populasi memiliki variansi homogen (Hanief, 2018). Adapun kriteria yang dapat digunakan, yaitu:

- a) Jika nilai sig. > 0,05: data bersifat homogen.
- b) Jika nilai sig. < 0,05: data tidak bersifat homogen.

3. Uji Hipotesis

Pengujian ini merupakan pernyataan sementara yang diajukan guna menjawab rumusan masalah penelitian (Halimah & Duskri, 2025). Pengujian hipotesis dari penelitian guna mengetahui perbedaan signifikan terhadap perlakuan. Jika data telah dinyatakan homogen, statistik *independent sample t-test* dilakukan untuk mengetahui perbedaan pembelajaran terhadap hasil belajar. Hipotesis diajukan dalam penelitian, yaitu:

- a) Jika sig. < 0,05: H_0 ditolak H_1 diterima, maka terdapat perbedaan signifikan terhadap hasil belajar.
- b) Jika nilai sig. > 0,05: H_0 diterima H_1 ditolak, maka tidak terdapat perbedaan signifikan terhadap hasil belajar.

4. N-Gain

Nilai N-gain digunakan guna menentukan efektivitas pembelajaran yang diberikan. Pengujian dilaksanakannya guna membandingkan peningkatan kemampuan siswa pada kedua kelas. N-gain di hitung dengan rumus berikut:

$$N-Gain = \frac{Posstest - Pretest}{Skor\ maksimal - Pretest}$$

Kriteria interpretasi N-Gain (Hake, 1999):

Kriteria	Nilai
Tinggi	$g > 0,70$
Sedang	$0,3 \leq g \leq 0,70$
Rendah	$0 < g < 0,30$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di MA plus Al-Furqon pada Tahun ajaran 2025/2026, dengan pelaksanaan dimulai pada tanggal 17-22 November 2025. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI dengan jumlah 62 siswa dan terbagi dalam dua kelas. Karena sejumlah siswa tidak hadir selama kegiatan pembelajaran, dengan demikian jumlah sampel digunakan dalam penelitian terdiri dari 27 siswa dari setiap kelas. Sampel dipilih dengan menggunakan *purposive sampling*, dengan kelompok eksperimen di kelas 11 MIA 1 diterapkan model PBL berbantuan *PhET simulation* dan kelas 11 MIA 2 sebagai kelompok kontrol yaitu diterapkan model PBL tanpa *PhET simulation*.

Dalam penelitian ini, terdapat variabel bebas yang merupakan model pembelajaran *Problem Based Learning* berbantuan *PhET Simulation* dan variabel terikat yaitu hasil belajar siswa. Peneliti mengumpulkan data dari *pretest* dan *posttest* siswa yang dilakukan setelah perlakuan diberikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur hasil belajar siswa sebelum dan sesudah perlakuan diberikan.

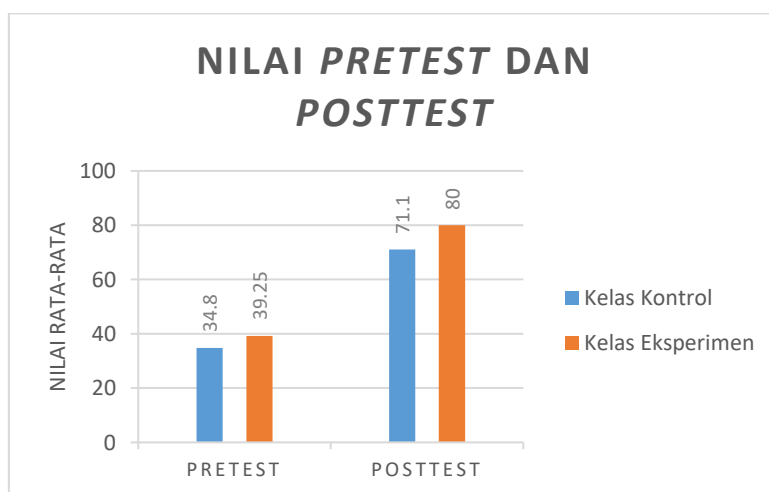
Sebelum mengambil data dari sampel penelitian di kelas eksperimen dan kelas kontrol, peneliti melakukan validasi instrumen oleh 2 ahli dosen pendidikan fisika dan 1 guru fisika terhadap instrumen yang akan digunakan sebagai soal *pretest* dan *posttest*. Selanjutnya peneliti melakukan penelitian dengan mengambil data di lapangan. Data awal diperoleh dengan memberikan *pretest* kepada kelas yang menjadi subjek penelitian.

Setelah itu, kedua kelas eksperimen dan kontrol diberi perlakuan. Kelas eksperimen diberikan pembelajaran menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* berbantuan *PhET Simulation*, sedangkan kelas kontrol diberikan pembelajaran *Problem Based Learning* tanpa *PhET Simulation*. Setelah perlakuan diberikan, kedua kelas tersebut diberikan *posttest* untuk mengumpulkan data akhir siswa terkait hasil belajar setelah diberikan perlakuan tersebut.

Hasil analisis data *pretest* dan *posttest* pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol sebelum dan setelah perlakuan dalam penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* berbantuan *PhET Simulation* terhadap hasil belajar siswa dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1 Data Hasil Penelitian *Pretest* dan *Posttest*

Data	kelompok Kontrol		Kelompok Eksperimen	
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Jumlah Siswa	27	27	27	27
Skor Ideal	100	100	100	100
Nilai Min	10	50	10	60
Nilai Max	60	95	65	95
Nilai Mean	34,8	71,1	39,2	80



Gambar 1 Nilai Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Berdasarkan data hasil penelitian, kemampuan awal siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dikatakan relatif sama atau tidak berbeda jauh. Hal ini terlihat dari rata-rata nilai *pretest* kelompok eksperimen sebesar 39,25 dan kelompok kontrol sebesar 34,8. Selisih yang kecil tersebut menunjukkan bahwa kedua kelas memiliki kondisi awal yang sebanding sebelum diberikan perlakuan pembelajaran.

Setelah diberikan perlakuan, terjadi peningkatan hasil belajar pada kedua kelas. Pada kelas eksperimen, rata-rata nilai *posttest* mencapai 80, sedangkan pada kelas kontrol sebesar 71,1. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode pembelajaran sama-sama mampu meningkatkan hasil belajar siswa, namun hasil akhir kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol.

Berdasarkan selisih skor hasil belajar mengalami peningkatan bahwa kelompok eksperimen mengalami kenaikan sebesar 40,75 poin, sedangkan kelompok kontrol meningkat sebesar 36,3 poin. Meskipun demikian, adanya peningkatan kedua kelas tidak berbeda jauh dengan selisih nilai sebesar 4,45 poin. Meskipun peningkatan tersebut tidak terlalu besar, hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar pada kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Dengan demikian, penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* berbantuan *PhET Simulation* cukup efektif dibandingkan *Problem Based Learning* tanpa *PhET Simulation*.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Kosim et al., (2024) bahwa penggunaan model pembelajaran berbasis masalah dengan simulasi PhET meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Kelompok eksperimen memperoleh skor 20,29%, sedangkan kelompok kontrol memperoleh skor 17,14%.

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui data berasal dari populasi yang terdistribusi normal. Pada penelitian ini, dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan bantuan IBM SPSS versi 31.0. Hasil data ditunjukkan pada Tabel 2:

Tabel 2 Hasil Uji *Shapiro -Wilk*

Data	Uji <i>Shapiro-Wilk</i>	Kesimpulan
	Sig. > 0,05	
<i>Pretest</i> eksperimen	0,413	Data normal
<i>Posttest</i> eksperimen	0,203	Data normal
<i>Pretest</i> kontrol	0,668	Data normal
<i>Posttest</i> kontrol	0,440	Data normal

Hasil analisis pada Tabel 2, menunjukkan bahwa diperoleh skor *pretest* kelompok eksperimen terdistribusi normal bernilai 0,413 dan skor *posttest* bernilai 0,203. Sementara itu, nilai *pretest* kelompok kontrol bernilai 0,668, sedangkan skor *posttest* bernilai 0,440, dengan hasil dinyatakan terdistribusi normal. Hasil pengujian menghasilkan tingkat sig. > 0,05 untuk semua data. Oleh sebab itu, dapat diasumsikan bahwa seluruh data terdistribusi normal.

Dalam uji homogenitas, digunakan untuk menentukan sampel berasal dari populasi data yang homogen. Pengambilan data dinyatakan homogen jika nilai sig. > 0,05, sementara data dianggap tidak homogen jika sig. < 0,05. Dalam penelitian, data yang digunakan adalah hasil *posttest* dari kedua kelas untuk mengetahui peningkatan hasil belajar. Analisis yang digunakan uji *Levene* dengan bantuan IBM SPSS 31.0. hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Uji Homogenitas Data *Posttest*

Data	Uji <i>Levene</i>	Sig.	Kesimpulan
<i>Posttest</i>	0,833	> 0,05	Homogen

Hasil analisis data pada Tabel 3 didapat bahwa nilai signifikansi *posttest* pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dengan skor sebesar 0,833 yang berarti lebih besar dari nilai signifikansi 0,05 ($0,833 > 0,05$) sehingga dapat diketahui bahwa sampel berasal dari populasi yang homogen.

Penelitian ini menerapkan analisis kuantitatif untuk menguji hipotesis dan menjawab rumusan masalah. Dalam uji hipotesis bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan terhadap hasil belajar siswa. Setelah data dinyatakan berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen, maka pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *Independent Samples t-test* dengan bantuan IBM SPSS 31.0. Uji ini membandingkan nilai *posttest* hasil belajar siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah diberikan perlakuan.

Tabel 4 Rata-rata Nilai *Posttest*

Data <i>Posttest</i>	Mean
Kelompok eksperimen	80
Kelompok kontrol	71,1

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa rata-rata nilai *posttest* kelompok kontrol dengan skor nilai 71,11, sedangkan rata-rata nilai *posttest* kelompok eksperimen adalah 80. Hal ini menunjukkan bahwa hasil belajar siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol, meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan.

Tabel 5 Hasil *Posttest* Uji *Independent Samples t-test*

Data kelompok	Sig. (2-tailed)	Keputusan
<i>Posttest</i> Eksperimen- <i>Posttest</i> Kontrol	0,004	H_0 ditolak H_1 diterima

Hasil uji *Independent Samples t-test* menunjukkan nilai signifikansi (sig. (2-tailed) = 0,004). Karena nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan. Dengan demikian, penggunaan model pembelajaran *Problem Based Learning* berbantuan *PhET Simulation* cukup efektif terhadap hasil belajar pada materi tekanan hidrostatik.

N-Gain dilakukan untuk mengetahui efektivitas pembelajaran dengan mempertimbangkan *pretest* dan *posttest* siswa. Hasil uji N-Gain dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Uji N-Gain

Rata-rata N-Gain		Kategori
Eksperimen	Kontrol	
0,66	0,56	Sedang

Berdasarkan data diperoleh pada Tabel 6, bahwa rata-rata skor n-gain kelompok eksperimen yang menerapkan model pembelajaran *problem based learning* berbantuan *PhET simulation* dengan skor 0,66. Sesuai kriteria n-gain, bahwa nilai tersebut berada pada kategori sedang.

Sementara itu, hasil perhitungan pada kelas kontrol yang menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* tanpa *PhET Simulation* memperoleh rata-rata sebesar 0,56. Hal ini menunjukkan bahwa pada kelas kontrol termasuk dalam kategori sedang. Hasil tersebut disimpulkan bahwa pembelajaran yang digunakan tergolong cukup efektif dalam meningkatkan hasil belajar. Namun demikian, jika dibandingkan antar kelompok eksperimen lebih besar daripada kelompok kontrol, meskipun selisihnya hanya sebesar 0,1. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan model *problem based learning* berbantuan *PhET simulation* memberikan dampak positif daripada penerapan model PBL tanpa simulasi virtual.

Analisis data mengungkapkan peningkatan hasil belajar pada kategori sedang. Proses pembelajaran pada kelompok eksperimen menunjukkan perilaku belajar lebih aktif. Pada awalnya, siswa diberikan permasalahan atau tugas tentang konsep tekanan hidrostatik. Permasalahan tersebut disajikan dari kehidupan sehari-hari, sehingga dapat memberikan pemahaman terhadap konteks yang diberikan. Kelompok eksperimen berpartisipasi lebih aktif dalam diskusi, mengidentifikasi permasalahan, menggunakan simulasi PhET untuk eksplorasi dan mengembangkan solusi. Di sisi lain, kelompok kontrol berperilaku lebih pasif, dan proses pembelajaran tetap berpusat pada guru. Hal tersebut menunjukkan bahwa penerapan model *problem based learning* berbantuan *PhET simulation* cukup efektif terhadap hasil belajar siswa dibandingkan dengan model PBL tanpa simulasi PhET.

Meskipun kelompok kontrol yang menerapkan model PBL tanpa bantuan *PhET Simulation* memperoleh peningkatan hasil belajar yang lebih rendah dibandingkan kelompok eksperimen, penting untuk dicermati bahwa kelompok kontrol juga menunjukkan peningkatan yang bermakna, yaitu dari rata-rata *pretest* 34,8 menjadi 71,1 pada *posttest*, dengan nilai N-Gain sebesar 0,56 yang termasuk dalam kategori sedang. Peningkatan ini menunjukkan bahwa model PBL itu sendiri, meskipun tanpa dukungan media simulasi virtual, tetap memiliki kontribusi positif terhadap hasil belajar siswa. Hal ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang mendasari model PBL, di mana pembelajaran berpusat pada siswa, masalah autentik menjadi pemicu pembelajaran, serta proses kolaborasi dan diskusi kelompok mendorong siswa untuk secara aktif membangun pengetahuannya sendiri (Hakim, 2022; Panjaitan, 2021).

Beberapa faktor spesifik yang diduga menjadi penyebab peningkatan hasil belajar pada kelompok kontrol antara lain:

Pertama, penerapan sintaks PBL yang sistematis, dimulai dari orientasi masalah, pengorganisasian siswa untuk belajar, pembimbingan penyelidikan individual maupun kelompok, pengembangan dan penyajian hasil karya, hingga analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah. Setiap tahapan dalam PBL secara inheren mendorong siswa untuk berpikir kritis, mengidentifikasi informasi yang relevan, dan merumuskan solusi atas permasalahan yang diberikan. Keaktifan yang muncul dari proses diskusi kelompok memungkinkan siswa untuk saling bertukar pemikiran, mengoreksi kesalahan konsep, dan memperdalam pemahaman melalui interaksi sosial, sebagaimana ditegaskan oleh Sudiatmika (2023) bahwa PBL mampu

meningkatkan motivasi dan hasil belajar fisika melalui pembelajaran berbasis masalah nyata.

Kedua, penggunaan permasalahan kontekstual dalam kehidupan sehari-hari pada materi tekanan hidrostatik, seperti fenomena air yang tumpah dari lubang drum, perbedaan tekanan saat menyelam di kedalaman yang berbeda, hingga desain bendungan yang semakin lebar di bagian dasar. Masalah-masalah ini membuat siswa lebih mudah mengaitkan konsep fisika dengan pengalaman nyata yang mungkin pernah mereka alami, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (*meaningful learning*) dibandingkan dengan sekadar menghafal rumus atau mengerjakan soal matematis. Sebagaimana dikemukakan oleh Djonomiarjo (2020), pendidikan harus menyentuh potensi kompetensi siswa untuk menerapkan apa yang dipelajari di sekolah dalam menghadapi masalah kehidupan sehari-hari.

Ketiga, peran guru sebagai fasilitator dalam kelas kontrol tetap berjalan dengan baik. Meskipun tanpa bantuan *PhET Simulation*, guru secara konsisten membimbing siswa dalam mengidentifikasi masalah, mengarahkan diskusi kelompok, memberikan pertanyaan-pertanyaan pemantik (*scaffolding*), serta memastikan setiap kelompok memperoleh kesempatan untuk mempresentasikan hasil diskusinya. Proses scaffolding ini membantu siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep tekanan hidrostatik, terutama pada hubungan kausal antara variabel kedalaman, massa jenis fluida, dan tekanan. Selain itu, pemberian umpan balik (*feedback*) secara langsung oleh guru terhadap hasil presentasi siswa memungkinkan terjadinya koreksi terhadap miskonsepsi yang mungkin muncul selama proses diskusi (Yelsi & Afriani, 2023).

Keempat, karakteristik siswa kelas XI MIA 2 sebagai kelas kontrol yang memiliki motivasi belajar yang cukup baik. Meskipun tidak ada perlakuan khusus dengan media simulasi, siswa menunjukkan antusiasme dalam mengikuti setiap tahapan PBL. Keingintahuan (*curiosity*) terhadap fenomena tekanan hidrostatik yang disajikan dalam bentuk masalah-masalah kontekstual mendorong mereka untuk aktif mencari informasi dari berbagai sumber, baik dari buku teks, diskusi dengan teman, maupun melalui penjelasan guru. Sebagaimana diungkapkan oleh Sakdiyah et al., (2024), efektivitas PBL sangat dipengaruhi oleh kesiapan dan motivasi internal siswa dalam menghadapi proses pemecahan masalah.

Namun demikian, peningkatan pada kelompok kontrol tetap lebih rendah dibandingkan kelompok eksperimen dengan selisih N-Gain sebesar 0,1. Hal ini terutama disebabkan karena tanpa bantuan *PhET Simulation*, siswa di kelas kontrol harus mengandalkan imajinasi dan gambar statis di papan tulis atau buku teks untuk memvisualisasikan konsep tekanan hidrostatik yang sifatnya abstrak. Materi tekanan hidrostatik melibatkan pemahaman tentang distribusi tekanan dalam fluida yang tidak dapat diamati secara langsung oleh indra penglihatan. Keterbatasan dalam visualisasi ini menyebabkan sebagian siswa masih mengalami miskonsepsi, misalnya menganggap bahwa tekanan hidrostatik hanya bergantung pada kedalaman tanpa mempertimbangkan massa jenis fluida, atau meyakini bahwa tekanan pada dasar bejana selalu sama meskipun bentuk bejana berbeda. Pada kelas eksperimen, *PhET Simulation* mampu menjembatani kesenjangan ini dengan menyediakan representasi visual yang dinamis dan interaktif, sehingga siswa dapat secara langsung mengamati perubahan tekanan ketika variabel kedalaman, massa jenis, atau gravitasi diubah secara real-time (Zaturrahmi et al., 2020; Laila, 2020).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model PBL tanpa *PhET Simulation* tetap efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa karena dukungan dari sintaks PBL itu sendiri, permasalahan kontekstual, scaffolding guru, serta motivasi siswa. Akan tetapi, efektivitasnya tidak setinggi model PBL yang dipadukan dengan *PhET Simulation* karena keterbatasan visualisasi konsep abstrak pada kelas kontrol yang hanya mengandalkan imajinasi dan gambar statis. Temuan ini memperkuat argumen bahwa media simulasi virtual seperti *PhET* memiliki nilai tambah yang signifikan dalam pembelajaran fisika pada materi yang bersifat abstrak dan memerlukan demonstrasi dinamis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian, disimpulkan bahwa penerapan model PBL berbantuan *PhET simulation* memberikan dampak positif dalam meningkatkan hasil belajar pada konsep tekanan hidrostatik. Hasil tersebut dibuktikan dengan uji hipotesis, mengindikasikan terdapat perbedaan terhadap hasil belajar antara kedua kelas. Hasil penelitian dibuktikan melalui analisis *n-gain*, yang dikategorikan kedua kelas termasuk kategori sedang.

Hasil analisis berdasarkan kemampuan tingkat kognitif juga menunjukkan bahwa model pembelajaran yang digunakan memberikan dampak positif. Analisis hasil penelitian mengindikasikan bahwa model pembelajaran *problem based learning* berbantuan *PhET simulation* cukup efektif terhadap hasil belajar siswa, karena lebih aktif mengidentifikasi permasalahan fisika, menunjukkan keaktifan dalam berdiskusi, serta mengembangkan solusi terhadap permasalahan yang diberikan melalui bantuan simulasi *PhET*. Berbeda dengan model PBL tanpa *PhET simulation* masih cenderung monoton dalam belajar serta kegiatan masih berpusat terhadap guru.

REKOMENDASI

Berdasarkan temuan dari data yang diperoleh, guru direkomendasikan untuk menerapkan model pembelajaran PBL berbantuan simulasi *PhET* sebagai aktivitas alternatif pembelajaran pada konsep fisika. Hal tersebut terbukti dapat meningkatkan hasil belajar. Agar pelaksanaannya lebih optimal, guru menyusun kegiatan diskusi yang terarah serta mengukur alokasi waktu secara efektif sehingga tahapannya dapat terlaksana dengan baik.

KETERBATASAN

Di dalam penelitian terdapat kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Pertama, hanya menggunakan dalam satu materi saja yaitu tekanan hidrostatik sehingga hasil diperoleh belum tentu menunjukkan pengaruh yang sama pada materi fisika lainnya. Kedua, keterbatasan ruang yang disediakan kurang luas terutama pada kelompok eksperimen sehingga pembelajaran masih kurang efektif. Selain itu, dalam melakukan penelitian hanya mengukur hasil belajar pada ranah kognitif, tanpa mempertimbangkan aspek lain yang juga berperan dalam proses pembelajaran. Keterbatasan waktu pelaksanaan penelitian juga menyebabkan pengamatan terhadap

perkembangan kemampuan belum dapat dialihkan secara mendalam dalam waktu yang lebih panjang.

REFERENSI

- Chikita, D., Sari, D. P., & Puspitasari, R. (2023). Penerapan perencanaan model pembelajaran teacher center di MTs Negeri 2 Rejang Lebong. *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 2(3).
- Dachi, Y. A., Zega, L. J. P., Tampubolon, R., Siboro, A., & Panjaitan, J. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) Berbantuan Media PhET Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Vektor Di Kelas X Semester I SMA Gajah Mada Medan Timur TA 2022/2023. *Jurnal Penelitian Fisikawan*, 6(1), 25-38.
- Dakhi, A. S. (2020). Peningkatan hasil belajar siswa. *Jurnal Education and development*, 8(2), 468-468. 8(2), 468-470.
- Djonomiarjo, T. (2020). Pengaruh model *Problem Based Learning* terhadap hasil belajar. *Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, 5(1), 39-46. <http://dx.doi.org/10.37905/aksara.5.1.39-46.2019>
- Fatmawati, T., & Pertiwi, P. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Inquiry Learning Berbantuan *PhET Simulation* terhadap Literasi Sains Peserta Didik. *OMEGA: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Sains Fisika*, 3(1), 95-102. <https://doi.org/10.47650/omega.v3i1.1206>
- Firmasari T., Verawati, N. N. S. P., Makhrus, M. & G. (2025). Pengaruh Model *Problem Based Learning* Berbantuan Media *PhET Simulation* Terhadap Hasil Belajar Fisika Peserta Didik. 6(1). <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v6i1.515>
- Fitriani, W. O., Kadir, A., & Halmuniati, H. (2025). Studi Perbandingan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Fisika yang Menggunakan Model PBL (*Problem Based Learning*) Berbantuan Simulasi PHET dan Konvensional pada Siswa SMA Negeri 10 Kendari. *FIRE: Journal of Faith-based Integrated Research on Education in Physics*, 1(1), 45-55.
- Hake R. R. (1999) *Analyzing change/gain scores*. Unpublished.[online] URL: <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>.
- Halimah, S., & Duskri, M. (2025). Hipotesis dan uji hipotesis dalam bidang pendidikan. *Journal of Innovative and Creativity*, 5(2), 10895-10906.
- Hakim, L. N. (2022). Model pembelajaran *problem-based learning* (PBL) dalam pelajaran matematika di sekolah dasar. In *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series* (Vol. 5, No. 6, pp. 1311-1316). <https://doi.org/10.20961/shes.v5i6.84730>
- Hanief, Y. N., & Himawanto, W. (2017). *Statistik pendidikan*. Deepublish.
- Hawa, A. A., Supriadi, B., & Prastowo, S. H. B. (2021). Efektivitas pengembangan perangkat pembelajaran model PBL berbantuan simulasi PhET pada materi termodinamika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *Orbita*, 7(2), 327-334.
- Ilham, M., Husniati, A., & Muzaini, M. (2024). Implikasi Model *Problem Based Learning* Berbantuan Media *PhET Simulations* terhadap Aktivitas dan Hasil Belajar Matematika Siswa. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 4(4), 1502-1518. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i4.2041>
- Isti'anah, I. A., Zaini, T. B., & Ilmiati, A. (2024). IMPLEMENTASI STRATEGI MINDS UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN DALAM PEMBELAJARAN

- FISIKA PADA SISWA SMP. *Edupesantren: Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Berbasis Pesantren dan Madrasah*, 3(1), 79-87.
- Kiptiyah, M., Sukarno, S., & El Widdah, M. (2021). Sejarah Perkembangan Kurikulum Pendidikan Islam di Indonesia (Analisis Kebijakan Kurikulum Pendidikan Islam). *Jurnal literasiologi*, 6(2), 556570. <https://doi.org/10.47783/literasiologi.v6i2.256>
- Kosim, K., Gunawan, G., & Gunada, I. W. (2024). The Effect of Problem-Based Learning Model Assisted by PhET Media on Students' Critical Thinking Skills. *Indonesian Journal of STEM Education*, 6(2), 86-101.
- Laila, S. I. (2020). Keefektifan penerapan laboratorium virtual (PhET) Berbasis STEM dan keterampilan penyelesaian masalah. 97-103.
- Maharani, N. N., Hikmawati, H., Susilawati, S., & Gunada, I. W. (2024). Pengaruh model *Problem Based Learning* berbantuan media *PhET Simulation* terhadap hasil belajar pada materi usaha dan energi. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 539-545. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1983>
- Maulansyah, R., Febrianty, D., & Asbari, M. (2023). Peran guru dalam peningkatan mutu pendidikan: Penting dan genting!. *Journal of Information Systems and Management (JISMA)*, 2(5), 31-35. <https://doi.org/10.4444/jisma.v2i5.483>
- Mehora, S. (2026). ANALISIS MINAT BELAJAR SISWA TERHADAP MATA PELAJARAN FISIKA DI SMA. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 11(04), 246-256. <https://doi.org/10.36989/didaktik.v11i04.9038>
- Molamahu, D., Buhungo, T. J., Payu, C. S., & Arbie, A. (2025). The Influence of the *Problem Based Learning* (PBL) Model Assisted by *PhET Simulation* on Students' Learning Outcomes in Parabolic Motion Material. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 8(1), 133-146. <https://doi.org/10.37891/kpej.v8i1.821>
- Muhdantiar, W., & Kasrman, K. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Berbantuan Media PhET dalam Pembelajaran Matematika Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Media Pendidikan Matematika*, 13(1), 183-195. <https://doi.org/10.33394/mpm.v13i1.16028>
- Muhidin, M., & Suparman, S. (2025). Penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar Fisika siswa kelas XI SMA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 15(2), 871-877. <https://doi.org/10.37630/jpm.v15i2.3097>
- Nursarofah, N. (2022). Meningkatkan kualitas pendidikan anak usia dini melalui pembelajaran kontekstual dengan pendekatan merdeka belajar. *Journal Ashil: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 2(1), 38-51. <https://doi.org/10.33367/piaud.v2i1.2492>
- Panjaitan, M. A. (2021). Kajian Analisis Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Terhadap Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa. *Jurnal Fibonacci: Jurnal Pendidikan Matematika*. 4-19.
- Patandean, A. J., Natalia, N., & Swandi, A. (2023). Analisis kesulitan belajar fisika siswa SMK di Halmahera Barat. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 23(2), 317-325. <https://doi.org/10.35965/eco.v23i2.2856>
- Patandung, Y., & Panggua, S. (2022). Analisis masalah-masalah pendidikan dan tantangan pendidikan nasional. *Jurnal Sinestesia*, 12(2), 794-805.
- Putra, D. E., Hefni, E., & Erningsih, E. (2022). Faktor penyebab rendahnya hasil belajar siswa dan strategi guru meningkatkan pemahaman konsep siswa. *Jurnal Pendidikan Tembusai*, 6(2), 14942-14958.

- Qothrunnada, Q., Pratiwi, H., Suryani, A., & Rochana, F. (2025). The Effectiveness of the *Problem-Based Learning Model Assisted by the PhET Simulation* in Improving Students' Learning Outcomes. *Indonesian Journal of Educational Innovation*, 1(2), 13-18.
- Sakdiyah, K., Hartanto, T. J., & Mustika, M. (2024). Penerapan *Problem Based Learning* Berbantuan Media PhET Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Pada Materi Listrik Statis. *Bahana Pendidikan: Jurnal Pendidikan Sains*, 6(1), 35-40. 6(1), 35-40.
- SASA, O. D. (2023). Pengaruh *Problem Based Learning (PBL)* Berbantuan Phet Simulation Pada Pembelajaran Elastisitas dan Hukum Hooke terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik.
- Setyabudi, S., & Sunarno, W. (2013). Pembelajaran Fisika Model *Problem Based Learning* Melalui Media Animasi Dan Modul Interaktif Ditinjau Dari Kemampuan Awal Dan Gaya Belajar Siswa. *Inkuiri*, 65469. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v2i03.9816>
- Sudiatmika, I. K. (2023). *PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM BASED LEARNING DALAM MENINGKATKAN MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR FISIKA MATERI GERAK MELINGKAR PADA SISWA KELAS X.B SMA NEGERI 1 SELEMADEG*. 24(1), 138-147. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7813562>
- Syamsurijal, S. (2023). Titik temu pendidikan dan pembangunan sumber daya manusia berdaya saing. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 3(03), 545-553. <https://doi.org/10.47709/educendikia.v3i03.3398>
- Widyaningsih, S. W., Rumansara, T. H., & Yenusi, K. A. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi PhET Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Dan Aktivitas Fisika Di Smas Advent Manokwari. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.37478/optika.v8i1.3383>
- Yelsi, S., & Afriani, G. (2023). Hasil belajar siswa: Studi eksperimen gaya mengajar guru di SMA Negeri 12 Pekanbaru. *Instructional Development Journal*, 6(1), 61-67.
- Zaturrahmi, Z., Festiyed, F., & Ellizar, E. (2020). The utilization of virtual laboratory in learning: A meta-analysis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 3(2), 228-236. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v3i2.6474>