PENGARUH MODEL PROBLEM BASED LEARNING BERBANTUAN PhET TERHADAP PEMECAHAN MASALAH FLUIDA STATIS

Ananda Febryana Hasan[1*], Dewa Gede Eka Setiawan[2], Lukman Samatowa[3]
[1,2,3] Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia
**Corresponding Author: anandafhasan01@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model Problem Based Learning (PBL) berbantuan PhET Simulation terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi fluida statis. Penelitian menggunakan desain One Group Pretest-Posttest, dengan subjek penelitian sebanyak 90 siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Kabila tahun ajaran 2024/2025 yang dibagi acak dalam tiga kelas. Instrumen penelitian berupa 7 soal uraian yang telah divalidasi dan diuji reliabilitasnya. Data yang terkumpul dianalisis melalui uji normalitas, homogenitas, uji-t, dan analisis normalized gain. Adanya peningkatan hasil signifikan setelah penerapan PBL berbantuan PhET, dengan rata-rata posttest 86,4; 83,5; dan 82,1, serta n-gain tinggi (0,8; 0,78; 0,77). Uji-t menunjukkan thitung > ttabel, menandakan pengaruh signifikan. Penelitian ini membuktikan bahwa PBL berbantuan PhET efektif meningkatkan pemahaman konsep pemecahan masalah siswa.

Kata kunci: PBS, PhET Simulation, Pemecahan Masalah, Fluida Statis

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of the Problem-Based Learning (PBL) model assisted by PhET Simulation on students' problem-solving abilities in static fluid concepts. The study used a One Group Pretest-Posttest design, with 90 grade XI MIPA students of SMA Negeri 1 Kabila in the 2024/2025 academic year randomly divided into three classes. The research instrument consisted of seven essay questions that were validated and tested for reliability. The collected data were analyzed using normality, homogeneity, t-test, and normalized gain analysis. The results showed a significant improvement after implementing PBL assisted by PhET, with average posttest scores of 86,4; 83,5; and 82,1 and high n-gain values (0,8; 0,78; 0,77). The t-test results indicated that tcount > ttable, demonstrating a significant effect. This study proves that PBL model assisted by PhET is effective in improving conceptual students' problem-solving skills.

Keywords: PBS, PhET Simulation, Problem Solving, Static Fluids

PENDAHULUAN

Pendidikan didefinisikan sebagai proses yang dirancang secara sistematis dalam penngembangan kualitas hidup dan potensi peserta didik. Interaksi timbal balik yang terjalin memungkinkan penyampaian pengetahuan, pembimbingan, serta pencapaian hasil belajar yang optimal (Ardianti et al., 2022). Namun demikian, tantangan nyata dalam pendidikan Indonesia terlihat dari hasil survei Programme for International Student Assessment (PISA), yang menunjukkan bahwa 73 dari 100 peserta didik Indonesia berada pada level 1 dalam kemampuan pemecahan masalah level terendah dalam penilaian tersebut (Yulianti & Gunawan, 2019).

Belajar sendiri merupakan proses kompleks yang tidak hanya mencakup perolehan pengetahuan, tetapi juga transformasi perilaku, keterampilan, serta pengembangan aspek kognitif seperti berpikir logis, analitis, dan kritis (Wani et al., 2025). Dalam konteks pembelajaran fisika, kemampuan pemecahan masalah menjadi sangat esensial karena fisika tidak hanya menawarkan kemampuan konseptual, tetapi juga memerlukan keterampilan proses yang kuat untuk menghubungkan teori dengan fenomena nyata (Prasetyo & Kristin, 2020).

Hasil observasi di SMA Negeri 1 Kabila menunjukkan bahwa peserta didik masih rendah dalam menyelesaikan soal-soal fisika yang memerlukan analisis dan pemecahan masalah sistematis. Guru menyatakan sebagian siswa masih kesulitan dalam memahami makna soal, menentukan besaran fisika yang relevan, mengenali simbol-simbol, serta menerapkan hukum atau konsep yang tepat. Hal ini mengindikasikan adanya keterbatasan dalam keterlibatan kognitif siswa selama pembelajaran. Model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) dinilai sebagai pendekatan yang efektif untuk menstimulasi keaktifan peserta didik dalam pembelajaran dan membantu mereka dalam menghadapi serta menyelesaikan masalah nyata secara ilmiah (Jiniarti et al., 2015). Penerapan PBL dapat diperkuat melalui penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi, salah satunya adalah simulasi virtual PhET (Prihatiningtyas et al., 2013).

PhET (Physics Education Technology), yang dikembangkan oleh University of Colorado, dirancang untuk menyajikan simulasi berbasis grafik dinamis yang mencerminkan model visual konseptual ilmiah secara eksplisit (Haryadi & Pujiastuti, 2020). Simulasi ini membantu siswa dalam memahami konsep abstrak melalui representasi visual dan aktivitas eksperimen virtual (Suryani et al., 2025).Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung fokus pada model pembelajaran konvensional, penelitian ini memberikan manfaat dalam beberapa aspek. Bagi guru, penelitian ini memberikan referensi baru terkait model pembelajaran inovatif yang mampu meningkatkan kualitas proses belajar mengajar serta variasi metode pengajaran, yang sebelumnya belum banyak diterapkan secara terintegrasi dengan media teknologi dalam konteks pembelajaran fisika. Bagi siswa, pendekatan ini mendorong peningkatan keterampilan analitis dan partisipasi aktif dalam proses pembelajaran, berbeda dengan pendekatan tradisional yang cenderung lebih pasif dan terpusat pada pengajaran satu

arah. Bagi peneliti, hasil penelitian ini menjadi dasar pengembangan lebih lanjut terkait integrasi model PBL (Project-Based Learning) dan media teknologi dalam pembelajaran fisika, yang sebelumnya belum banyak diteliti dalam konteks pengajaran fisika di Indonesia. Sementara bagi sekolah, penelitian ini diharapkan menjadi landasan dalam merancang kebijakan pembelajaran berbasis teknologi dan keterampilan abad ke-21, yang memperhatikan perkembangan teknologi yang terus berubah dan kebutuhan akan pembelajaran yang lebih relevan dengan tuntutan zaman (Elizabeth & Sigahitong, 2018).

Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) adalah salah satu pendekatan yang dikembangkan untuk memaksimalkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah peserta didik melalui penyajian masalah kontekstual sebagai stimulus pembelajaran. Menurut (Puspita et al., 2019), PBL adalah suatu model pembelajaran yang dimulai dengan penyajian masalah dunia nyata, melibatkan aktivitas belajar kelompok, mendorong siswa untuk merumuskan dan mengidentifikasi masalah, serta mencari solusi melalui eksplorasi mandiri. PBL tidak hanya memberikan penekanan pada penguasaan konten, tetapi juga pada pengembangan sikap, keterampilan, dan kemampuan kognitif tinggi seperti berpikir kritis dan analitis (Suryani et al., 2025).

Melalui pendekatan ini, peserta didik tidak hanya diasah kemampuan berpikirnya tetapi juga diajak untuk aktif dalam menemukan solusi atas masalah tersebut. Pendekatan ini sangat berguna untuk menggali dan mengintegrasikan pengetahuan baru secara mandiri (Idayani & Purwanto, 2017).Adapun karakteristik dari model PBL menurut (Yuhani et al., 2018). antara lain: tidak hanya fokus pada evaluasi kemampuan peserta didik, tetapi lebih pada pengembangan diri peserta didik; masalah yang dihadirkan tidak selalu memiliki satu solusi tetap; guru berperan sebagai fasilitator bukan sumber utama informasi. Hal ini sesuai dengan konsep yang diutarakan (’Adiilah & Haryanti, 2023). yang menambahkan bahwa masalah yang disajikan bersifat kontekstual, pembelajaran bersifat antardisiplin dan autentik, dan hasil belajar bisa berupa produk atau solusi nyata yang dapat dipublikasikan.

Terdapat kelebihan dari model PBL antara lain adalah memotivasi siswa dalam memahami isi pelajaran secara mendalam, meningkatkan motivasi belajar, menantang kemampuan berpikir kritis, serta memberikan pengalaman belajar bermakna dan aplikatif dalam kehidupan nyata (Mu et al., 2023). Dalam rangka mengoptimalkan pelaksanaan model PBL, penggunaan media pembelajaran yang sesuai sangat penting untuk mendukung keberhasilan proses belajar. Salah satu media pembelajaran yang dinilai efektif mengenai pembelajaran sains dan fisika khususnya adalah *PhET (Physics Education Technology) Simulation*. PhET adalah sebuah laboratorium berbasis komputer yang dikelola oleh University of Colorado, USA, dan dirancang untuk memberikan pengalaman belajar interaktif melalui simulasi fenomena sains secara visual (Prihatiningtyas et al., 2013). PhET memiliki kelebihan utama yaitu dapat diakses secara gratis dan fleksibel melalui internet atau secara offline. Selain itu, tampilan yang interaktif, sederhana, dan menarik membuatnya mudah dioperasikan oleh guru maupun siswa

(Haryadi & Pujiastuti, 2020). Simulasi ini dirancang berbasis riset, sehingga mampu membantu siswa membangun koneksi antara pengalaman kehidupan nyata dan prinsip ilmiah yang mendasarinya (Yunzal, Jr. & Casinillo, 2020).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengkaji efektivitas model Problem Based Learning (PBL) yang dikombinasikan dengan media PhET. Lokasi penelitian adalah SMA Negeri 1 Kabila yang terletak di Jalan Sawah Besar, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Pelaksanaan penelitian selama semester genap tahun akademik 2024/2025, periode bulan Januari sampai Maret, dengan melibatkan tiga kelas XI sebagai sampel penelitian. Adapun populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI SMA Negeri 1 Kabila tahun ajaran 2024/2025, yang terdiri dari 12 kelas dengan jumlah keseluruhan 468 siswa. Sampel penelitian terdiri dari 117 siswa yang diperoleh secara acak berbasis teknik *cluster random sampling*. Variabel independen adalah media *PhET Simulation*, yaitu laboratorium virtual berbasis komputer yang digunakan untuk mendukung visualisasi konsep-konsep fisika secara dinamis dan interaktif (Wieman et al., 2008). Variabel dependen adalah kemampuan pemecahan masalah peserta didik yang diukur melalui instrumen berupa tes diagnostik *three-tier multiple choice*.

Definisi konseptual variabel independen (*PhET Simulation*) merujuk pada media berbasis simulasi interaktif yang mendukung kegiatan eksperimen virtual dalam pembelajaran sains. Sementara itu, kemampuan pemecahan masalah didefinisikan sebagai kapasitas peserta didik untuk mendalami proses analisis, serta menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan materi fluida statis secara sistematis. Secara operasional, *PhET Simulation* digunakan sebagai media pembelajaran selama proses belajar mengajar berlangsung.

Pengumpulan data dilaksanakan melalui dua tahapan, yaitu pretest dan posttest. Tes diberikan kepada peserta didik sebelum perlakuan (*O1*) dan sesudah perlakuan (*O2*). Hasil tes digunakan dalam mengetahui peningkatan kemampuan penyelesaian masalah yang dimiliki oleh siswa setelah mendapatkan perlakuan (Hendriana, 2014). Indikator kemampuan pemecahan masalah, yang mencakup kemampuan siswa dalam menganalisis, merumuskan, dan menyelesaikan masalah secara sistematis, menjadi salah satu fokus utama dalam validasi instrumen yang digunakan. Instrumen ini terlebih dahulu divalidasi baik dari segi isi maupun perangkat pembelajaran. Validitas perangkat pembelajaran dinilai oleh ahli dengan menggunakan lembar validasi. Sedangkan validitas instrumen tes dianalisis menggunakan teknik korelasi Product Moment, untuk mengukur sejauh mana instrumen tersebut sahih dalam mengukur konsep yang dituju, termasuk kemampuan pemecahan masalah. Reliabilitas instrumen diuji menggunakan koefisien reliabilitas untuk mengetahui konsistensi hasil pengukuran, sehingga instrumen yang digunakan dapat menghasilkan data yang stabil dan dapat dipercaya dalam menilai perkembangan keterampilan pemecahan masalah siswa (Idayani &

Purwanto, 2017).

Analisis data dilakukan melalui tiga tahap utama. Pertama, pengujian normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data telah berdistribusi normal, sebagai syarat awal untuk analisis statistik parametrik. Kedua, uji hipotesis dilakukan menggunakan uji-t (*independent sample t-test*) untuk mengetahui perbedaan rata-rata hasil pretest dan posttest antara kelompok eksperimen dan replikasi (Jiniarti et al., 2015). Ketiga, analisis *normalized gain* (N-gain) digunakan untuk mengukur efektivitas perlakuan dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa. Rumus N-Gain yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$N\text{-}Gain = \frac{Skor\ posttest - Skor\ pretest}{Skor\ maksimum - Skor\ pretest} \quad (1)$$

Analisis gain ini mengklasifikasikan peningkatan pembelajaran ke dalam tiga kategori, yaitu tinggi ($g > 0{,}7$), sedang ($0{,}3 \leq g \leq 0{,}7$), dan rendah ($g < 0{,}3$), sebagaimana yang dikemukakan oleh Hake (1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menguji seberapa jauh pengaruh model Problem Based Learning (PBL) berbantuan media PhET terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi fluida statis. Sampel terdiri dari 90 siswa di SMA Negeri 1 Kabila. Berikut nilai rata-rata hasil belajar untuk kelas eksperimen dan replikasi pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata *Prettest* dan *Posttest*

Kelas/Sampel	Standar Deviasi (SD)		varian	
	Pretest	*Posttest*	*Pretest*	*Posttest*
Eksperimen (XI A)	5,09	4,69	25,89	22,01
Replikasi 1 (XI C)	7,86	4,67	61,78	21,84
Replikasi 2 (XI B)	4,41	4,57	19,49	20,89

a. Uji Normalitas

Uji normalitas memiliki tujuan dalam mengetahui apakah data hasil posttest dari tiga kelas, yaitu kelas eksperimen, kelas replikasi 1, dan kelas replikasi 2, terdistribusi secara normal atau tidak. Pengujian normalitas dilakukan dengan menggunakan uji Liliefors pada taraf signifikansi $\alpha = 0{,}05$ dengan bantuan Microsoft Excel.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data

Uji Liliefors			
Kelas	**L Hitung**	**L Tabel**	**Keterangan**
Kelas Ekperimen	0,1239	0,159	Berdistribusi normal
Kelas Replikasi 1	0,1088	0,159	Berdistribusi normal
Kelas Replikasi 2	0,1271	0,1559	Berdistribusi normal

Berdasarkan uji Liliefors (α = 0,05), data pretest dan posttest ketiga kelas berdistribusi normal (*Lhitung* < *Ltabel*)

b. Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan berdasarkan data simpangan baku, nilai rata-rata, dan varian yang tercantum dalam Tabel 1, Hasil akhir dari pengujian hipotesis tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Hipotesis

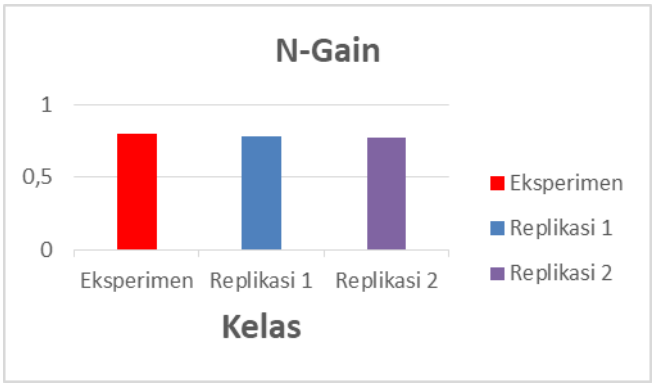
Kelas	thitung	ttabel	Status
Ekperimen	13,602	1,699	H_0 Ditolak
Replikasi 1	10,261	1,699	H_0 Ditolak
Replikasi 2	8,82	1,699	H_0 Ditolak

Berdasarkan hasil pada Tabel 3, seluruh kelas sampel menunjukkan bahwa nilai t_{hitung} melebihi nilai t_{tabel} pada taraf $\alpha = 0,05$. Hal ini menunjukkan H_0 ditolak dan alternatif H_1 diterima. Dengan demikian, terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil yang diperoleh siswa dan nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75.

c. Analisis N-Gain

Analisis n-gain bertujuan untuk melihat besar peningkatan hasil belajar siswa melalui

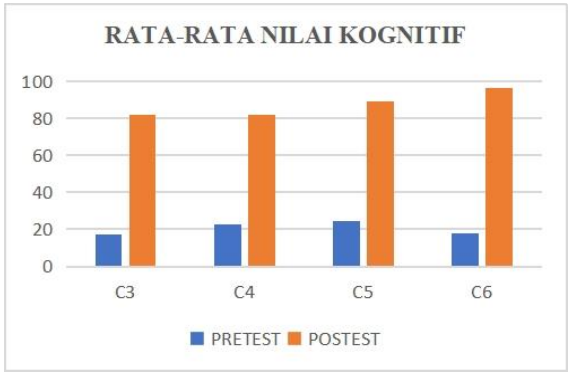
pretest dan posttest.



Gambar 1. Normalized Gain Kelas Eksperimen & Kelas Replikasi

Berdasarkan pada Gambar 1, nilai n-gain diperoleh oleh seluruh kelompok sampel termasuk dalam kategori tinggi. Temuan ini mengindikasikan adanya pengaruh yang signifikan terhadap kelas eksperimen maupun kelas replikasi setelah diterapkannya model pembelajaran PBL didukung oleh media PhET Simulation dalam pembelajaran fisika pada topik fluida statis.

Pemecahan masalah adalah kemampuan mendasar yang esensial bagi siswa dalam proses pembelajaran. Memberikan tugas atau tantangan kepada siswa sangatlah penting karena hal tersebut membantu melatih kemampuan mereka dalam berpikir kreatif untuk menemukan solusi atas permasalahan tersebut. Setiap siswa memiliki keunikan dalam cara menyelesaikan suatu masalah, yang ditentukan oleh tingkat kemampuan kognitifnya. Kemampuan kognitif ini mencakup aspek berpikir dan kemampuan dalam menemukan solusi atas suatu masalah (Yustinaningrum et al., 2022).



Gambar 2. Rata-rata nilai pada tingkat kognitif kelas Eksperimen

Gambar 2. menunjukkan peningkatan hasil belajar kognitif dilihat dari masing-masing siswa pada kelas eksperimen setelah mendapatkan perlakuan, serta penggunaan model

pembelajaran PBL dengan bantuan PhET Simulation.

Hasil penelitian ini memberikan gambaran mengenai penerapan model Problem Based Learning berbantuan media PhET Simulation mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa secara signifikan pada konsep fluida statis. Selain itu, penelitian oleh (Saudelli et al., 2021) menyebutkan bahwa berbasis PhET pada pembelajaran fisika hanya efektif bila didampingi dengan petunjuk eksplisit atau scaffolding, karena tanpa arahan yang cukup, siswa cenderung kesulitan membangun pemahaman konseptual secara mandiri dari simulasi yang tersedia. Dari perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini didukung oleh banyak penelitian lain yang serupa, sehingga tingkat validitas dan generalisasinya dapat dikatakan tinggi. Namun, perlu diakui bahwa efektivitas model PBL berbantuan PhET Simulation tetap bergantung pada beberapa faktor seperti tingkat kesiapan siswa, durasi pembelajaran, peran guru sebagai fasilitator, serta ketersediaan perangkat teknologi yang memadai (Siregar & Bravikawati, 2025).

Beberapa alasan atau argumentasi yang dapat menjelaskan kemungkinan ketidak terujian hipotesis secara menyeluruh di antaranya:

a. Keterbatasan waktu pembelajaran

Penelitian ini hanya dilaksanakan dalam dua kali pertemuan, dengan dua kali pertemuan inti untuk penerapan model PBL dan penggunaan PhET. Waktu yang terbatas ini kemungkinan belum cukup untuk mengoptimalkan keterampilan pemecahan masalah secara menyeluruh, terutama pada tahapan evaluatif seperti memeriksa kembali solusi (fase ke-4 Polya).

b. Variasi kemampuan awal siswa

Meskipun secara umum terjadi peningkatan, namun siswa dengan kemampuan awal rendah cenderung membutuhkan bimbingan yang lebih intensif untuk dapat mengikuti alur pembelajaran berbasis masalah. Kurangnya penguatan individu dalam kelompok berdampak pada sebagian siswa yang belum sepenuhnya menguasai konsep.

c. Keterbatasan akses dan literasi teknologi

Tidak semua siswa memiliki pengalaman atau kenyamanan yang sama dalam mengakses dan mengoperasikan media simulasi PhET. Meskipun disediakan akses, beberapa siswa membutuhkan waktu lebih lama untuk familiar, yang berdampak pada efektivitas belajar mereka.

d. Faktor eksternal pembelajaran

Faktor-faktor seperti lingkungan belajar yang kurang kondusif, jadwal pembelajaran yang padat, atau kurangnya koordinasi antar kelompok juga dapat memengaruhi efektivitas implementasi model PBL berbantuan PhET.

SIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dijabarkan pada bagian hasil dan pembahasan, dapat disimpukan bahwa penerapan model pembelajaran PBL dengan bantuan *PhET Simulation* pada materi fluida statis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah kognitif siswa kelas XI di SMA Negeri 1 Kabila. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata hasil belajar siswa yang dari KKM sebesar 75.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Dr. Dewa Gede Eka Setiawan, M.Si. dan Prof. Dr. Lukman Samatowa, M.Pd. sebagai pembimbing, Universitas Negeri Gorontalo atas fasilitas penelitian, SMA Negeri 1 Kabila beserta guru dan siswa sebagai mitra penelitian, rekan-rekan kelompok penelitian Pendidikan Fisika UNG atas kolaborasinya, serta keluarga atas dukungannya selama penyusunan penelitian tentang pengaruh Problem Based Learning berbantuan PhET terhadap pemecahan masalah fluida statis.

DAFTAR PUSTAKA

Adiilah, I. I., & Haryanti, Y. D. (2023). Selanjutnya menurut Hosnan (2014:295)Model Problem Based Learning(PBL) adalah model pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran siswa pada masalah autentik sehingga siswa dapat Menyusun pengetahuannya sendiri, menumbuh kembangkan keterampilan yang lebih t. *Papanda Journal of Mathematics and Science Research*, *2*(1), 49–56.

Ardianti, R., Sujarwanto, E., & Surahman, E. (2022). Problem-based Learning: Apa dan Bagaimana. *Diffraction*, *3*(1), 27–35. https://doi.org/10.37058/diffraction.v3i1.4416

Elizabeth, A., & Sigahitong, M. M. (2018). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik SMA. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, *6*(2), 66. https://doi.org/10.33394/j-ps.v6i2.1044

Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, *1521*(2). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022017

Hendriana, H. (2014). Meningkatkan Kemampuan Matematik Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah Dan Strategi Think Talk and Write. *Edusentris*, *1*(1), 27. https://doi.org/10.17509/edusentris.v1i1.132

Idayani, S., & Purwanto, A. (2017). *Jurnal Pendidikan dan Konseling*. *105*(2), 79. https://core.ac.uk/download/pdf/322599509.pdf

Jiniarti, B. E., Sahidu, H., & Verawati, N. N. S. P. (2015). Implementasi Model Problem Based Learning Berbantuan Alat Peraga Untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas Viii Smpn 22 Mataram. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, *3*(1), 27. https://doi.org/10.33394/j-ps.v3i1.1075

Mu, A., Boangmanalu, arif, & Doly Nasution, M. (2023). Pengaruh Model Probem Baed Learning Terhadap Kemapuan Numerasi Siswa SMP. *MAJU : Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, *10(2)*(2), 10. https://ejournal.uncm.ac.id/index.php/mtk/article/view/588

Prasetyo, F., & Kristin, F. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning dan Model Pembelajaran Discovery Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas 5 SD. *DIDAKTIKA TAUHIDI: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, *7*(1), 13. https://doi.org/10.30997/dt.v7i1.2645

Prihatiningtyas, S., Prastowo, T., & Jatmiko, B. (2013). Imlementasi simulasi phet dan kit sederhana untuk mengajarkan keterampilan psikomotor siswa pada pokok bahasan alat optik. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *2*(1), 18–22. https://doi.org/10.15294/jpii.v2i1.2505

Puspita, W. I., Sutopo, S., & Yuliati, L. (2019). Identifikasi penguasaan konsep fluida statis pada siswa. *Momentum: Physics Education Journal*, *3*(1), 53–57. https://doi.org/10.21067/mpej.v3i1.3346

Saudelli, M. G., Kleiv, R., Davies, J., Jungmark, M., & Mueller, R. (2021). *PhET Simulations in Undergraduate Physics : Constructivist Learning Theory in Practice*. *31*(1).

Siregar, N., & Bravikawati, M. (2025). Pengaruh Model Problem-Based Learning Terhadap Minat Belajar Matematika Siswa SD. *Al-Azkiya: Jurnal Pendidikan MI/SD*, *10*(1), 137–152. https://doi.org/10.32505/azkiya.v10i1.11909

Suryani, F., Susetyarini, E., Purwanti, E., Fitri, S., & Kurniaty, N. (2025). *PhET simulation in education : A bibliometric analysis of the Scopus database*. *6*.

Wani, C., Gunada, I. W., Taufik, M., & Sholehah, H. (2025). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan PhET Simulations Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *10*(3), 2315–2319. https://doi.org/10.29303/jipp.v10i3.3895

Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). Physics. PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, *322*(5902), 682–683. https://doi.org/10.1126/science.1161948

Yuhani, A., Zanthy, L. S., & Hendriana, H. (2018). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Smp. *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif)*, *1*(3), 445. https://doi.org/10.22460/jpmi.v1i3.p445-452

Yulianti, E., & Gunawan, I. (2019). Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL): Efeknya Terhadap Pemahaman Konsep dan Berpikir Kritis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, *2*(3), 399–408. https://doi.org/10.24042/ijsme.v2i3.4366

Yunzal, Jr., A. N., & Casinillo, L. F. (2020). Effect of Physics Education Technology (PhET) Simulations: Evidence from STEM Students' Performance. *Journal of Education Research and Evaluation*, *4*(3), 221. https://doi.org/10.23887/jere.v4i3.27450

Yustinaningrum, B., Fitri, A., & Juliana. (2022). Pengaruh Model Problem Based Learning Dan Discovery Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa. *UNION: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, *10*(1), 15–26. https://doi.org/10.30738/union.v10i1.10080