

The Effectiveness of the Problem-Based Learning Model Assisted by the PhET Simulation in Improving Students' Learning Outcomes

Qothrunnada^{1*}, Hardiyanti Pratiwi², Atika Suryani³, Fitri Rochana⁴

¹Master's Program in Science Education, Post Graduate Program, Mataram University, Mataram, Indonesia;

²Science Education, fakultas keguruan dan ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Medan, Indonesia;

³Magister of Education, Post Graduate Program, Universitas Islam negeri Mataram;

⁴Physics Program, Faculty of Mathematics and Education, Ahmad Dahlan University.

| Article Info | Abstract |
|--|---|
| <p><i>Article History</i> Received: June 3, 2025 Revised: June 7, 2025 Accepted: June 25, 2025 Published: August 31, 2025</p> <p>*Corresponding Author: Qothrunnada, University of Mataram qothrunnadanida10@gmail.com</p> | <p>Improving students' physics learning outcomes remains a challenge, especially with static fluid materials, which are abstract and difficult to visualize. The purpose of this research is to investigate the impact of integrating the Problem-Based Learning (PBL) approach with PhET simulations on students' achievement in learning static fluid concepts. The research employed a quasi-experimental method using a one-group pretest-posttest design, involving 30 students from class XI science. A multiple-choice test was utilized as the research instrument and analyzed through the N-gain formula to assess learning improvement. The findings revealed an increase in the average score from 52 in the pretest to 81.5 in the posttest, yielding an N-gain value of 0.51, which falls into the moderate category. Implementing the Problem-Based Learning (PBL) model supported by PhET Simulations proved effective in helping students visualize abstract concepts, enhancing their engagement during the learning process, and deepening their understanding of static fluid topics. These results suggest that combining problem-based learning approaches with interactive simulation tools can serve as an innovative method to enhance physics learning outcomes, particularly in conceptually challenging topics.</p> |

Keywords: Learning Outcomes, PhET Simulation, Problem-Based Learning, Static Fluids.

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

PENDAHULUAN

Pembelajaran di abad ke-21 menuntut adanya inovasi dalam metode pengajaran untuk meningkatkan mutu hasil belajar siswa. Salah satu metode yang banyak mendapatkan perhatian adalah Problem-Based Learning (PBL), yaitu pendekatan yang berfokus pada pemecahan masalah nyata sebagai sarana untuk mengasah kemampuan berpikir kritis serta memperdalam pemahaman terhadap konsep. (Ady et al, 2024) (Windari& Yanti 2021). Dalam konteks pembelajaran fisika, PBL Terbukti mampu membantu peserta didik dalam memperdalam pemahaman terhadap materi yang dipelajari. yang kompleks serta melatih kemampuan mereka dalam menerapkan teori ke dalam situasi nyata (Haetami et al, 2023) (Anwar et al, 2024). Namun, dalam implementasinya, PBL sering menghadapi kendala, seperti kesulitan siswa dalam memahami konsep abstrak yang membutuhkan visualisasi lebih lanjut serta keterbatasan sumber daya pembelajaran yang mendukung eksplorasi konsep secara mandiri (Ayu et al, 2024) (Black & Wiliam, 1998). Oleh karena itu, perlu adanya pendekatan inovatif yang dapat mengatasi keterbatasan tersebut dan semakin memperkuat efektivitas PBL dalam pembelajaran fisika.

Upaya yang dapat dilakukan dalam menghadapi permasalahan tersebut salah satunya adalah melalui pemanfaatan PhET Simulation, yaitu simulasi berbasis komputer yang dirancang dalam rangka mendukung pemahaman siswa terhadap materi fisika secara interaktif (Fitria et al, 2023). Sejumlah penelitian mengungkapkan bahwa pemanfaatan PhET Simulation berkontribusi secara signifikan dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik,

terutama dalam hal pemahaman konseptual, keterampilan berpikir kritis, dan motivasi belajar (Fitriani & Rahayu, 2021) (Hmelo-Silver, 2004) Hal ini disebabkan oleh keunggulan PhET Simulation dalam menyajikan visualisasi interaktif yang memungkinkan peserta didik untuk menyesuaikan parameter serta mengamati perubahan secara langsung. Dengan demikian, Siswa menjadi lebih terbantu dalam memahami konsep-konsep fisika serta hubungannya dengan peristiwa nyata di sekitar mereka, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap peningkatan capaian belajar. (Drastisianti., & Dewi, 2024). Oleh karena itu, integrasi PhET Simulation dalam Pendekatan Problem-Based Learning (PBL) diyakini mampu meningkatkan efektivitas pencapaian belajar siswa, khususnya pada topik-topik yang bersifat abstrak dan kompleks seperti materi fluida statis.

Di Indonesia, beberapa penelitian telah mengkaji efektivitas integrasi PBL dan PhET Simulation dalam pembelajaran fisika, terutama pada berbagai topik seperti gelombang, pemanasan global ataupun listrik statis (Liana et al, 2023) (Kanyesigye, 2022) Misalnya, Studi yang dilakukan oleh Ledjab dan rekan-rekannya (2024) mengungkapkan bahwa penerapan model PBL yang didukung oleh simulasi PhET efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik dalam materi getaran dan gelombang secara signifikan. Selain itu, penelitian oleh Anwar et al. (2024) mengembangkan Media pembelajaran fisika dalam bentuk mobile learning yang mengintegrasikan model PBL dan dukungan simulasi PhET telah terbukti valid, mudah digunakan, serta efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa. Namun, penelitian yang secara khusus menelaah

Citation: 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.

pengaruh integrasi PBL dan PhET Simulation dalam materi fluida statis masih sangat terbatas, meskipun materi ini memiliki tingkat kompleksitas yang cukup tinggi dan sering menjadi kendala bagi siswa dalam menguasai konsep-konsep seperti tekanan hidrostatik, prinsip Pascal, serta hukum Archimedes (Koryataini et al, 2024) (Perkins et al, 2023).

Permasalahan utama dalam penelitian ini berkaitan dengan rendahnya pencapaian belajar siswa pada topik fluida statis. Sebagian besar peserta didik mengalami hambatan dalam memahami konsep-konsep penting seperti tekanan hidrostatik, prinsip Pascal, dan hukum Archimedes, yang memerlukan pemahaman mendalam serta kemampuan menganalisis hubungan sebab-akibat dalam sistem fluida (Fitria et al, 2024) (Ledjab et al, 2024). Metode pembelajaran tradisional yang lebih bersifat instruksional satu arah sering kali tidak cukup efektif dalam membantu siswa memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai materi ini (Malawi et al., 2019). Dengan demikian, dibutuhkan strategi pembelajaran inovatif yang dapat mendorong keterlibatan aktif peserta didik serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih dinamis. Kolaborasi antara model Problem-Based Learning (PBL) dan simulasi PhET diharapkan menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar melalui aktivitas pembelajaran berbasis masalah dan eksplorasi interaktif. (Marianus & Umboh, 2020) (Muazaroh, 2024) Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi apakah terdapat perbedaan yang signifikan dalam hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah penerapan model PBL berbantuan PhET Simulation.

Keunikan penelitian ini ditunjukkan melalui penerapan model Problem-Based Learning yang diintegrasikan dengan PhET Simulation dalam pembelajaran fluida statis, yang masih jarang dikaji secara spesifik dalam penelitian sebelumnya. Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas PBL maupun PhET Simulation secara terpisah, kajian mengenai kombinasi keduanya dalam upaya untuk meningkatkan capaian belajar siswa dalam topik fluida statis masih tergolong minim. (Pratiwi et al, 2019) (Primadoniati, 2020).

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menelaah dampak penerapan model Problem-Based Learning yang didukung oleh PhET Simulation terhadap pencapaian belajar siswa pada topik fluida statis. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangsih yang signifikan terhadap pengembangan pendekatan pembelajaran fisika yang lebih kreatif dan berbasis teknologi, guna mengoptimalkan pemahaman konsep peserta didik. Di samping itu, temuan dari penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan acuan oleh para pendidik dalam merancang pembelajaran interaktif dan berorientasi pada pemecahan masalah, demi meningkatkan mutu pembelajaran fisika di sekolah serta mendukung siswa dalam mengatasi kesulitan memahami konsep-konsep kompleks pada materi fluida statis.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat penelitian

Studi ini dilakukan selama periode Februari sampai April 2025 di SMAN 1 Gerung, Nusa Tenggara Barat. Lokasi ini dipilih karena sekolah tersebut telah menerapkan Kurikulum Merdeka dan memiliki fasilitas TIK yang mendukung pelaksanaan simulasi interaktif.

Desain penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan tipe one-group pretest-posttest design (Sugiyono, 2023). Desain ini memberi kesempatan kepada peneliti untuk mengamati perbedaan hasil belajar siswa pada satu kelompok yang sama sebelum dan setelah diberikan perlakuan.

Populasi dan sampel penelitian

Populasi penelitian ini mencakup semua siswa kelas XI IPA pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Sedangkan sampel yang digunakan adalah 30 siswa dari kelas XI IPA-2, yang dipilih melalui teknik purposive sampling, yakni pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu. (Kumara, 2018), dalam hal ini adalah ketersediaan kelas untuk dijadikan subjek eksperimen dan kesiapan mengikuti pembelajaran berbasis TIK. Dalam penelitian ini, terdapat dua variabel utama, yakni: model pembelajaran Problem Based Learning berbantuan PhET Simulation variabel bebas. Dan Variabel terikat yakni hasil belajar peserta didik pada materi fluida statis.

Instrumen Penelitian

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup berbagai komponen yang mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis Problem-Based Learning (PBL) dengan dukungan media simulasi. Perangkat pembelajaran yang disiapkan meliputi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), dan lembar observasi untuk mencatat aktivitas siswa selama proses pembelajaran. Selain itu, komputer atau laptop beserta LCD proyektor digunakan sebagai media penunjang visualisasi materi, khususnya saat menampilkan simulasi interaktif.

Aplikasi yang digunakan dalam pembelajaran adalah PhET Simulation dari University of Colorado, yang menyediakan berbagai simulasi ilmiah berbasis digital untuk memperkuat pemahaman konsep-konsep fisika, termasuk fluida statis. Untuk mengukur hasil belajar siswa, digunakan instrumen tes berupa soal pilihan ganda yang telah divalidasi oleh ahli, guna memastikan kualitas dan kesesuaian isi dengan indikator pembelajaran. Keseluruhan peralatan dan bahan tersebut dirancang agar mendukung pelaksanaan pembelajaran yang efektif dan relevan dengan tujuan penelitian.

Prosedur pelaksanaan penelitian

Langkah-langkah Proses pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan. sebagai berikut; a) tahap persiapan: pembuatan perangkat pembelajaran, instrumen tes, dan validasi instrumen oleh ahli. b) tahap pelaksanaan, yakni melaksanakan pretest pada peserta didik sebelum intervensi guna mengukur hasil belajar awal.

Kemudian pembelajaran dilakukan dengan menerapkan model PBL yang didukung oleh PhET Simulation mengikuti langkah-langkah: (1) orientasi masalah, (2) pengumpulan data, (3) analisis data, (4) penyajian hasil, dan (5) evaluasi. (Savery, 2006), serta memberikan posttest untuk mengetahui peningkatan hasil belajar setelah perlakuan. c) tahap akhir: menganalisis data dan menarik kesimpulan.

Teknik analisis data penelitian

Analisis data hasil belajar dilakukan dengan menggunakan uji N-gain melalui rumus berikut: $N - gain = \frac{(Skor\ posttest - Skor\ pretest)}{(Skor\ maksimum - Skor\ pretest)}$. Interpretasi kategori N-gain mengikuti pedoman yang ditetapkan oleh Sukarelawan et al. (2024), yaitu tinggi untuk nilai $g > 0,7$, sedang untuk $0,3 < g \leq 0,7$, dan rendah untuk $g \leq 0,3$. Selain itu, analisis statistik deskriptif diterapkan untuk memperoleh nilai rata-rata, minimum, dan maksimum. Analisis dilakukan menggunakan bantuan Microsoft Excel dan SPSS versi 27.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil Pretest dan Posttest Hasil Belajar Peserta Didik

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas penerapan model Problem-Based Learning (PBL) yang didukung oleh media PhET Simulation terhadap hasil belajar peserta didik pada materi fluida statis. Sebelum perlakuan, dilakukan pretest guna mengukur kemampuan awal peserta didik. Nilai rata-rata pretest yang diperoleh adalah 52, dengan nilai tertinggi 70 dan nilai terendah 20. Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik belum memahami materi dengan baik sebelum diberi perlakuan melalui pendekatan PBL dan simulasi.

Setelah proses pembelajaran dilakukan dengan menerapkan model PBL yang dilengkapi dengan simulasi PhET, dilakukan posttest untuk mengukur perubahan hasil belajar. Nilai rata-rata posttest meningkat signifikan menjadi 81,5, dengan skor tertinggi mencapai 90 dan skor terendah menjadi 35. Kenaikan skor ini memberikan gambaran awal bahwa pendekatan pembelajaran yang diterapkan berhasil meningkatkan capaian kognitif siswa, baik yang memiliki kemampuan tinggi maupun rendah. Kenaikan nilai rata-rata dari pretest sebesar mencerminkan adanya dampak positif dari penerapan model Problem Based Learning (PBL) yang dipadukan dengan bantuan PhET Simulation. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan dalam proses kognitif peserta didik dalam memahami materi pelajaran, khususnya konsep tekanan dalam fluida.

Hasil Analisis N-Gain Hasil Belajar

Untuk mengetahui efektivitas peningkatan hasil belajar secara lebih objektif, dilakukan analisis menggunakan rumus N-Gain. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata nilai N-Gain peserta didik adalah sebesar 0,51. Berdasarkan klasifikasi yang dikemukakan oleh Sukarelawan et al. (2024), nilai ini termasuk dalam kategori sedang, yang berarti bahwa peningkatan hasil belajar berada pada tingkat yang cukup baik namun belum optimal.

Rincian perhitungan nilai pretest, posttest, dan N-Gain dapat dilihat pada Tabel 1. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan PBL berbantuan simulasi PhET mampu meningkatkan hasil belajar secara signifikan, meskipun masih ada ruang untuk peningkatan lebih lanjut dalam penerapan pembelajaran ini, misalnya dari aspek waktu, kedalaman materi, atau pendampingan siswa secara individual.

Tabel 1. Skor N-Gain Hasil Belajar Siswa

| No | Aspek | Rata- rata | Kategori |
|----|----------|------------|----------|
| 1. | Pretest | 52 | Sedang |
| 2. | Posttest | 81,5 | |
| 3. | N - Gain | 0,51 | |

Penelitian oleh Widiyatmoko & Shimizu (2021) menemukan bahwa pembelajaran berbasis simulasi interaktif memberikan N-gain rata-rata sebesar 0,5 pada topik-topik sains menengah. Nilai N-gain dalam kategori sedang mengindikasikan bahwa meskipun belum maksimal, pendekatan ini menunjukkan pengaruh positif yang dapat diukur terhadap pencapaian belajar siswa. Guru dapat menggunakan kombinasi PBL dan simulasi untuk Pendekatan ini mendukung prinsip pembelajaran berdiferensiasi sebagaimana ditekankan dalam Kurikulum Merdeka, memungkinkan seluruh siswa memperoleh pemahaman yang lebih baik meskipun dengan tingkat akademik yang berbeda.

Perbandingan Kenaikan Nilai Peserta Didik

Data pretest dan posttest menunjukkan bahwa nilai tertinggi siswa meningkat dari 70 menjadi 90, sedangkan nilai terendah meningkat dari 20 menjadi 35. Peningkatan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran yang digunakan tidak hanya berdampak pada siswa yang memiliki tingkat pemahaman tinggi, tetapi juga memberikan perubahan pada siswa yang sebelumnya memiliki kemampuan rendah.

Peningkatan nilai pada dua kutub kemampuan ini merupakan indikator penting dalam keberhasilan model PBL berbantuan simulasi. Pendekatan ini terbukti mampu menjangkau kebutuhan belajar siswa dengan kemampuan akademik yang beragam, yang selaras dengan prinsip pembelajaran berdiferensiasi sebagaimana yang ditekankan dalam Kurikulum Merdeka.

Pembahasan

Efektivitas Penerapan PBL dan PhET terhadap Hasil Belajar

Terjadinya peningkatan hasil belajar yang cukup signifikan tercermin dari perbedaan rata-rata skor pretest dan posttest. Hal ini mengindikasikan bahwa penerapan model Problem Based Learning (PBL) dengan dukungan PhET Simulation berdampak positif terhadap pemahaman konsep siswa. PBL menempatkan siswa sebagai subjek utama dalam proses pembelajaran, di mana mereka dilibatkan secara aktif dalam pemecahan masalah dan kegiatan diskusi kelompok, dan membangun pengetahuan secara konstruktif. Dukungan media interaktif seperti PhET Simulation membantu mengilustrasikan konsep-konsep abstrak fisika, dalam hal ini tekanan, sehingga peserta didik lebih mudah memahami melalui visualisasi dan eksperimen virtual (Sari et al., 2022).

Penelitian oleh Sari et al. (2022) turut mendukung temuan ini dengan menyatakan bahwa PBL dengan dukungan PhET mampu membantu peserta didik dengan rentang kemampuan yang beragam untuk meningkatkan hasil belajar. Selain itu, temuan ini diperkuat oleh studi Sari et al. (2022) yang menunjukkan bahwa PBL dengan dukungan PhET mampu membantu peserta didik dengan rentang kemampuan yang beragam untuk meningkatkan hasil belajar. Hal yang sama juga diungkapkan dalam studi yang dilakukan oleh Sari dan Wulandari (2020), yang mengungkapkan bahwa penggunaan simulasi PhET mampu memberikan kontribusi dalam peningkatan keterlibatan dan pemahaman konsep dalam pembelajaran sains. Begitu juga dengan temuan Yuliani (2019) yang menunjukkan bahwa PBL mendorong peningkatan hasil belajar secara signifikan dibandingkan metode konvensional.

Beberapa faktor diduga menjadi penyebab utama peningkatan capaian hasil belajar. Pertama, partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran yang berfokus pada penyelesaian masalah memberikan pengaruh positif terhadap penguasaan konsep. Dalam penerapan model PBL, siswa didorong untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, dan menyelesaikan permasalahan secara kolaboratif. Aktivitas ini memicu proses berpikir kritis dan membangun pengetahuan secara bermakna, berbeda dengan pembelajaran konvensional yang cenderung bersifat pasif. Pembelajaran yang berorientasi pada pemecahan masalah nyata memberikan konteks belajar yang relevan, sehingga konsep lebih mudah dipahami dan diingat (Susanti & Suarsana, 2020).

Kedua, penggunaan PhET Simulation sangat mendukung siswa untuk memudahkan pemahaman konsep-konsep yang bersifat abstrak. Materi mengenai tekanan dan fluida merupakan topik yang sulit dipahami hanya melalui ceramah atau buku teks. Melalui simulasi interaktif PhET, peserta didik dapat melihat bagaimana tekanan bekerja dalam berbagai kondisi, serta mengamati perubahan variabel secara langsung. Visualisasi ini membantu mengurangi beban kognitif dan meningkatkan daya serap terhadap konsep ilmiah (Wieman et al., 2010).

Ketiga, pembelajaran dengan pendekatan PBL dan dukungan media interaktif meningkatkan motivasi belajar peserta didik. Kombinasi antara tantangan intelektual dalam PBL dan kesenangan dalam berinteraksi dengan simulasi digital membuat Siswa menunjukkan minat dan semangat yang lebih tinggi saat mengikuti proses pembelajaran. Sardiman (2012) menyatakan bahwa motivasi belajar termasuk faktor internal yang memiliki pengaruh besar terhadap keberhasilan seseorang dalam belajar.

Keempat, pembelajaran ini bersifat student-centered, sejalan mengacu pada landasan Kurikulum Merdeka yang memberikan penekanan pada pembelajaran berdiferensiasi. Dengan memberikan kebebasan kepada peserta didik guna menggali informasi serta merumuskan penyelesaian terhadap permasalahan yang disajikan, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan disesuaikan dengan kebutuhan serta kemampuan masing-masing individu. Kelima, pengalaman belajar yang diperoleh melalui interaksi langsung dengan simulasi memberikan umpan balik instan. Peserta didik dapat mencoba berbagai variabel, mengamati dampaknya, dan membangun pemahaman dari hasil pengamatan tersebut. Hal

ini menciptakan siklus belajar aktif yang efektif dalam meningkatkan hasil belajar (Sekerci & Can, 2019).

Selain itu, permasalahan yang digunakan dalam model PBL umumnya memiliki keterkaitan langsung dengan situasi nyata dalam kehidupan, sehingga memungkinkan peserta didik mengaitkan konsep teoretis dengan pengalaman pribadi mereka. Ini sangat penting dalam pembelajaran sains, karena mendorong terjadinya transfer pengetahuan dari konteks akademis ke dunia nyata. Penelitian lain seperti Fitriani dan Rahayu (2021) juga menunjukkan bahwa penerapan PBL berbantuan media interaktif memberikan peningkatan signifikan pada pengetahuan konseptual dalam bidang fisika.

Berdasarkan hasil perhitungan N-gain, termasuk dalam klasifikasi tingkat menengah, dapat dikatakan bahwa pendekatan ini telah berhasil meningkatkan hasil belajar secara terukur, sekaligus menjadi alternatif inovatif yang dapat diterapkan di kelas. Hal ini memberikan bukti kuat bahwa kombinasi PBL dengan PhET Simulation tidak hanya relevan, tetapi juga cukup efektif untuk diterapkan pada materi yang bersifat abstrak (Çalışkan & Serçe, 2023).

Dari seluruh temuan yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penerapan model Problem Based Learning yang dipadukan dengan media PhET Simulation efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Pendekatan ini tidak hanya memperdalam pemahaman konsep, tetapi juga meningkatkan partisipasi aktif, motivasi, serta kemampuan berpikir kritis dalam proses pembelajaran sains (Gómez et al., 2020).

Peran Simulasi PhET dalam Pemahaman Konsep Fluida

Simulasi interaktif PhET memberikan dukungan visual yang memudahkan siswa memahami konsep tekanan, hukum Pascal, dan hukum Archimedes. Peserta didik dapat memanipulasi variabel dan mengamati efeknya secara langsung. Wieman et al. (2020) menegaskan bahwa media simulasi berbasis visual interaktif membantu meningkatkan keterlibatan siswa dan memperkuat pemahaman konseptual pada topik-topik sains.

Penggunaan PhET sebagai media pembelajaran mampu membentuk suasana belajar yang interaktif dan menarik, serta memberikan pengaruh nyata terhadap pencapaian hasil belajar siswa. Oleh karena itu, pendidik dianjurkan untuk memanfaatkan media ini khususnya dalam penyampaian materi fisika yang kompleks dan sulit untuk divisualisasikan. Hal ini menunjukkan adanya perubahan yang signifikan secara kognitif setelah pembelajaran berlangsung. Hasil ini konsisten dengan studi yang dilakukan oleh Yuliani & Saputra (2022) yang menunjukkan peningkatan signifikan hasil belajar pada pembelajaran PBL berbantuan PhET Simulation. Pendekatan ini memberikan pembelajaran yang bermakna dan berdampak pada peningkatan hasil belajar.

Pengaruh PBL terhadap Motivasi dan Keterlibatan Belajar

Selain aspek kognitif, penerapan PBL mendorong peningkatan motivasi dan keterlibatan siswa. Siswa lebih tertantang untuk menyelesaikan masalah dan aktif berdiskusi dalam kelompok. Masliyah et al. (2023) menemukan bahwa peserta didik yang dibelajarkan menggunakan model Problem Based Learning (PBL) menunjukkan kemampuan numerasi yang lebih baik

dibandingkan dengan mereka yang mengikuti pembelajaran konvensional. Penerapan PBL tidak hanya berdampak positif terhadap hasil belajar, tetapi juga mampu membangun suasana belajar yang lebih interaktif dan mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan model Problem Based Learning (PBL) yang didukung oleh PhET Simulation secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa pada materi fluida statis. Hal ini terlihat dari kenaikan rata-rata nilai pretest sebesar 52 menjadi rata-rata posttest 81,5, serta nilai rata-rata N-gain sebesar 0,51 yang termasuk dalam kategori sedang. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa perpaduan antara model PBL dan media PhET Simulation tidak hanya mempermudah pemahaman konsep abstrak, tetapi juga meningkatkan keterlibatan aktif, motivasi, dan kemampuan berpikir kritis siswa. Oleh karena itu, integrasi PBL dengan PhET Simulation direkomendasikan sebagai strategi pembelajaran yang inovatif dan sesuai untuk materi sains yang kompleks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Universitas Mataram, terutama Program Studi Magister Pendidikan IPA, atas segala bentuk dukungan akademik dan penyediaan fasilitas yang telah diberikan selama berlangsungnya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kepala sekolah dan rekan – rekan SMA Negeri 1 Gerung yang telah memberikan persetujuan serta dukungan dalam proses pengumpulan data selama penelitian berlangsung. Penulis juga menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu dosen pembimbing atas arahan dan saran yang sangat berharga, serta kepada para peserta didik dan teman-teman mahasiswa yang turut berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan pembelajaran dan proses pengumpulan data.

REFERENSI

- Ady, W. N., Muhajir, S. N., & Irvani, A. I. (2024). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA melalui model problem based learning berbantuan permainan tradisional. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 14(3), 772–785. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i3.1782>
- Anwar, I., Zahrotin, A., & Putra, A. A. I. A. (2024). Pengembangan mobile learning berbasis problem based learning pada getaran dan gelombang untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 14(2), 556–566. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i2.1610>
- Ayu, H. D., Kurniawati, M. P., Purwanti, P. F., Lukitawanti, S. D., & Huda, M. N. (2024). Problem-based learning (PBL) solusi efektif meningkatkan pemahaman konsep peserta didik: Systematic literature review. *Pedagogy: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 11(2), 12–35. <https://doi.org/10.51747/jp.v11i2.1452>
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Çalışkan, S., & Serçe, F. C. (2023). Effects of problem-based learning on students' academic achievement, attitudes, and motivation: A meta-analysis study. *Education and Information Technologies*, 28, 2741–2772. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11582-4>
- Drastisianti, A., & Dewi, A. K. (2024). Effectiveness of guided inquiry learning with PhET simulation to improve students' critical thinking ability and understanding of reaction rate concepts. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 8(2), 235–252. <https://doi.org/10.20961/ijpte.v8i2.93924>
- Fitria, N., Aziizi, M. K. R., Hardoyo, T., Supriadi, B., Harjianto, A., & Junaidi, M. R. (2023). Penggunaan PhET simulation untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa SMP Islam Panggul. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 428–438. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3394>
- Fitriani, N., & Rahayu, S. (2021). Pengaruh model problem based learning berbantuan media interaktif terhadap pemahaman konsep fisika peserta didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 17(2), 152–160. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v17i2.45123>
- González-Gómez, D., Jeong, J. S., Cañada-Cañada, F., & Gallego-Picó, A. (2020). Performance and perception in learning with a simulation tool in engineering education. *Education and Information Technologies*, 25, 3415–3435. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10123-w>
- Haetami, A., Zulvita, N., Dahlan, M., Maysara, A., Marhadi, M. A., & Santoso, T. (2023). Investigation of problem-based learning (PBL) on Physics Education Technology (PhET) simulation in improving student learning outcomes in acid-base material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9738–9748. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.4820>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Kanyesigye, S. T., Uwamahoro, J., & Kemeza, I. (2022). Effect of problem-based learning on students' attitude towards learning physics: A cohort study. *F1000Research*, 11, 1240. <https://doi.org/10.12688/f1000research.125085.1>
- lailatul Fitria, Muhammad Arqan Syafiq, Sarah Davina, Butar, WPS, & Ahmad Mukhlisin. (2024). Inovasi Manajemen Pendidikan Islam Dalam Menghadapi Tantangan Modern. *Filosofiamundi*, 2 (3). Diambil dari

- <https://philosophiamundi.id/index.php/philosophia/article/view/58>
- Ledjab, F. A. W., Koli, K., Tahu, M. V. F., & Dewa, E. (2024). Inovasi Pembelajaran Fisika: Integrasi Problem Based Learning dan Simulasi PhET pada Materi Gelombang Bunyi. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 2(2), 112–119. <https://doi.org/10.30822/magneton.v2i2.3519>
- Liana, L., Kosim, K., & Taufik, M. (2023). The effect of problem-based learning model assisted by PhET simulations on students' physics problem-solving abilities. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 9(2), 262–267. <https://doi.org/10.29303/jpft.v9i2.5285>
- Marianus, M., & Umboh, S. I. (2020). Efektivitas Model PBL Berbantuan Media PhET terhadap Proses dan Hasil Belajar Siswa. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(2), 39–43. <https://doi.org/10.53682/charmsains.v1i2.7>
- Muazaroh, S. (2024). Efektivitas Pembelajaran Berbasis Computer Simulation terhadap Hasil Belajar Peserta Didik. *Catha: Journal of Creative and Innovative Research*, 1(3), 75–83. <https://doi.org/10.58905/catha.v1i3.30>
- Perkins, K. K., Adams, W. K., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., & Wieman, C. E. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *Physics Teacher*, 44(1), 18–23. <https://doi.org/10.1119/1.2160880>
- Pratiwi, S. N., Cari, C., & Aminah, N. S. (2019). Pembelajaran IPA abad 21 dengan literasi sains siswa. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 9(1), 34–42 <https://doi.org/10.20961/jmpf.v9i1.31612>
- Primadoniati, A. (2020). Pengaruh Metode Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Peningkatan Hasil Belajar Pendidikan Agama Islam. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 9(1), 77–97. <https://doi.org/10.30863/aqym.v2i2.650>
- Sari, D. P., Widodo, A., & Suhandi, A. (2022). Integrating PhET simulations in problem-based learning: Impact on students' critical thinking skills and conceptual understanding in physics. *International Journal of Instruction*, 15(1), 273–290. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15116a>
- Sekerci, A. R., & Can, M. (2019). The effect of problem-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis study. *Eurasian Journal of Educational Research*, 19(80), 221–246. <https://doi.org/10.14689/ejer.2019.80.11>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta. https://books.google.com/books/about/Metode_Penelitian_Pendidikan_Pendekatan.html?id=8UZTDwAAQBAJ
- Sukarelawan, M. I., Indratno, T. K., & Ayu, S. M. (2024). N-Gain Vs Stacking. <https://eprints.uad.ac.id/54302/1/Dummy%20NGain-Stacking.pdf>
- Susanti, E., Widodo, A., & Suarsana, I. M. (2020). Enhancing students' conceptual understanding and science process skills through PhET simulation-assisted inquiry learning. *International Journal of Instruction*, 13(2), 1–16. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.1321a>
- Trisnawati, T., Ardhuha, J., Verawati, N. N. S. P., & Hikmawati, H. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media Animasi Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik pada Materi Fluida Dinamis. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(4), 2597–2607. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i4.2791>
- Ulumiyah, W., Masturoh, L., & Nuraini, L. (2022). Efektivitas Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning Disertai PhET Simulation Pada Pokok Bahasan Elastisitas dan Hukum Hooke di SMA. *Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapan*, 7(1), 71–74. <https://doi.org/10.22373/phi.v7i1.11066>
- Weimer, M. (2013). Learner-centered teaching: Five key changes to practice. Jossey-Bass. <https://dfpa.ksu.edu.sa/sites/tlap.ksu.edu.sa/files/attach/ref17.pdf>
- Widayanthi, D. G. C., Subhaktiyasa, P. G., Hariyono, H., Wulandari, C. I. A. S., & Andriani, V. S. (2024). *Teori Belajar dan Pembelajaran*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia. https://books.google.co.id/books/about/Teori_Belajar_dan_Pembelajaran.html?hl=id&id=kWQXEQAQBAJ&redir_esc=y
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2010). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- Windari, C. O., & Yanti, F. A. (2021). Penerapan model problem based learning untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, 9(1), 61–70 <https://doi.org/10.23971/eds.v9i1.2716>
- Yuliani, L., & Saputra, H. (2022). The effectiveness of PhET-assisted problem-based learning in physics: A quasi-experimental study. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 18(2), 102–110. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v18i2.54632>