

Pengaruh Problem-Based Learning Berbantuan PhET Simulation terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Sekolah Dasar

Parni Indah Lestari*

PGSD, FKIP, Universitas Mataram, parniindahlestari7@gmail.com

Lalu Hamdian Affandi

PGSD, FKIP, Universitas Mataram, hamdian.fkip@unram.ac.id

Ibrahim

PGSD, FKIP, Universitas Mataram, ibrahim@unram.ac.id

Abstract: *Problem-solving ability is an essential skill that must be mastered by elementary school students, yet the ability of fourth-grade students in Sains and Social Studies (IPAS) lessons remains low, particularly on the abstract topic of energy transformation. This quantitative study used a quasi-experimental Non-equivalent Control Group Design involving 43 fourth-grade students of SDN 31 Mataram (22 in the experimental class and 21 in the control class). The experimental class was taught using the Problem-Based Learning (PBL) model assisted by PhET Simulation, while the control class received Direct Learning instruction. Data were collected through pretest and posttest problem-solving instruments and analyzed using Analysis of Covariance (ANCOVA) after the normality, homogeneity, linearity, and regression-slope-homogeneity assumptions were fulfilled. The mean posttest score of the experimental class (85.41) was higher than that of the control class (73.39), and the ANCOVA test showed a significant class effect ($F = 1222.997$, $\text{Sig.} < 0.001$) after controlling for pretest scores. These findings indicate that the PBL model assisted by PhET Simulation significantly improves elementary students' problem-solving ability in IPAS learning and can be considered an alternative instructional approach for abstract topics such as energy transformation.*

Keywords: *Problem Based Learning; PhET Simulation; problem-solving ability; IPAS; sekolah dasar*

Abstrak: Kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan esensial yang harus dimiliki siswa sejak sekolah dasar, namun kemampuan pemecahan masalah siswa kelas IV pada pembelajaran IPAS masih tergolong rendah, khususnya pada materi transformasi energi yang bersifat abstrak. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi experimental* tipe *Non-equivalent Control Group Design* yang melibatkan 43 siswa kelas IV SDN 31 Mataram (22 siswa kelas eksperimen dan 21 siswa kelas kontrol). Kelas eksperimen dibelajarkan menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *PhET Simulation*, sedangkan kelas kontrol dibelajarkan dengan model *Direct Learning*. Data dikumpulkan melalui instrumen tes kemampuan pemecahan masalah berupa *pretest* dan *posttest*, kemudian dianalisis menggunakan uji *Analysis of Covariance* (ANCOVA) setelah asumsi normalitas, homogenitas, linearitas, dan homogenitas kemiringan regresi terpenuhi. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata *posttest* kelas eksperimen (85,41) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (73,39), dan uji ANCOVA menunjukkan pengaruh kelas yang signifikan ($F = 1222,997$; $\text{Sig.} < 0,001$) setelah nilai *pretest* dikendalikan. Temuan ini menunjukkan bahwa model PBL berbantuan *PhET Simulation* berpengaruh signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa sekolah dasar pada pembelajaran IPAS dan dapat dijadikan alternatif pembelajaran, khususnya untuk materi yang bersifat abstrak seperti transformasi energi.

Kata kunci: *Problem Based Learning; PhET Simulation; kemampuan pemecahan masalah; IPAS; sekolah dasar*

PENDAHULUAN

Kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan esensial yang harus dimiliki siswa sejak pendidikan dasar karena digunakan untuk menghadapi

berbagai tantangan nyata dalam kehidupan sehari-hari. Siswa dapat dikatakan mahir dalam menyelesaikan masalah apabila memenuhi indikator memahami masalah, menyusun rencana penyelesaian, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali hasil penyelesaian (Hendriani et al., 2021). Kemampuan pemecahan masalah dapat diasah melalui pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS), yaitu gabungan mata pelajaran IPA dan IPS yang bertujuan mengembangkan kemampuan berpikir kritis serta kepekaan terhadap lingkungan (Evitasari & Aulia, 2022). Namun, tidak semua materi IPAS dapat disajikan secara nyata kepada peserta didik; beberapa materi bersifat abstrak karena mengandung konsep yang tidak dapat diamati langsung oleh indra manusia sehingga sulit dipahami tanpa bantuan media.

Hasil tes awal pada pembelajaran IPAS terhadap 29 siswa kelas IV B SDN 31 Mataram menunjukkan nilai rata-rata sebesar 68,79, di bawah KKM yang ditetapkan sebesar 75. Dari seluruh siswa, hanya 11 orang (38%) yang mencapai standar ketuntasan, sedangkan 18 orang (62%) belum mencapainya. Indikator memeriksa kembali hasil penyelesaian memperoleh persentase terendah (45,52%), menunjukkan siswa belum terbiasa mengevaluasi hasil pekerjaannya. Pengamatan awal juga menemukan bahwa pembelajaran masih didominasi metode ceramah, siswa cenderung pasif, kurang percaya diri, dan jarang berdiskusi dalam kelompok, sehingga peluang siswa mengembangkan kemampuan pemecahan masalah menjadi terbatas.

Salah satu model pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa adalah model *Problem Based Learning* (PBL), yaitu model pembelajaran berpusat pada siswa yang menghadapkan peserta didik pada masalah dunia nyata sebagai pemicu proses belajar (Ardianti et al., 2021). Penelitian Muavi et al. (2024) membuktikan bahwa PBL lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Temuan serupa ditunjukkan oleh D. W. Sari dan Marianus (2022), di mana rerata kemampuan pemecahan masalah siswa pada kelas PBL (82,24) lebih tinggi dibandingkan kelas ekspositori (71,04), serta oleh Ramadhani dan Djulia (2025) yang menunjukkan pengaruh signifikan PBL terhadap kemampuan pemecahan masalah dan sikap ilmiah siswa (Sig. 0,000 < 0,05).

Media pembelajaran turut berperan penting dalam optimalisasi PBL, salah satunya *PhET Simulation* (*Physics Education Technology*), yaitu media berbasis teknologi informasi yang dikembangkan Universitas Colorado untuk membantu siswa memahami konsep abstrak melalui simulasi interaktif (Putri & Ariani, 2024). Pengguna dapat mengubah variabel dan mengamati hasilnya secara langsung, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dan relevan (Noverma et al., 2024). Keunggulan laboratorium virtual PhET adalah kemampuannya menjelaskan konsep abstrak yang sulit dipaparkan hanya dengan kata-kata (Masfaratna, 2022). Penelitian Zulianti (2024) menunjukkan bahwa PBL berbantuan PhET Simulation mampu meningkatkan hasil belajar IPA secara signifikan, dengan nilai rata-rata meningkat dari 59,5 menjadi 80,75 (uji-t 10,858 > 2,02). Demikian pula Satipa et al. (2024) melaporkan rata-rata *posttest* kelas eksperimen (77,00) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (67,91) dengan N-gain

76,11% (kategori tinggi), serta Maharani et al. (2024) yang menyatakan kombinasi PBL dan PhET Simulation efektif meningkatkan kualitas belajar dan motivasi siswa.

Penelitian-penelitian sebelumnya banyak mengkaji hasil belajar dan berpikir kritis, sementara kajian khusus mengenai kemampuan pemecahan masalah siswa sekolah dasar pada pembelajaran IPAS menggunakan PBL berbantuan PhET Simulation masih jarang dilakukan, terutama di SDN 31 Mataram. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *Problem Based Learning* berbantuan *PhET Simulation* terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa kelas IV pada pembelajaran IPAS di sekolah dasar, khususnya pada materi transformasi energi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen. Desain yang digunakan adalah *Quasi Experimental tipe Non-equivalent Control Group Design*, yang melibatkan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dengan *pretest* sebelum perlakuan dan *posttest* sesudah perlakuan (Priadana & Sunarsi, 2021). Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas IV SDN 31 Mataram, terdiri atas kelas IV A sebagai kelas eksperimen (22 siswa) dan kelas IV B sebagai kelas kontrol (21 siswa), dengan total 43 siswa.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model *Problem Based Learning* (PBL), yang diterapkan selama dua pertemuan (3 JP setiap pertemuan) pada kelas eksperimen melalui lima tahap: 1) mengorientasikan masalah pada siswa, 2) mengorganisasikan siswa untuk belajar, 3) membimbing penyelidikan individu dan kelompok, 4) mengembangkan dan menyajikan hasil karya, serta 5) menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Variabel terikat adalah kemampuan pemecahan masalah pada pembelajaran IPAS, dengan indikator mengacu pada langkah-langkah Polya (2004), yaitu memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali hasil penyelesaian. Variabel kontrol mencakup kesamaan materi, guru pengajar, lingkungan belajar, dan instrumen tes pada kedua kelas.

Data dikumpulkan melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran dan tes kemampuan pemecahan masalah berbentuk soal *pretest* dan *posttest*, yang telah diuji validitas isi, validitas konstruk, dan reliabilitasnya sebelum digunakan. Teknik analisis data meliputi uji prasyarat (normalitas Shapiro-Wilk, homogenitas Levene, linearitas, dan homogenitas kemiringan regresi) yang dilanjutkan dengan uji hipotesis menggunakan *Analysis of Covariance* (ANCOVA) untuk mengetahui pengaruh model PBL berbantuan PhET Simulation terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa dengan mengontrol nilai *pretest* sebagai kovariat (Sugiyono, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

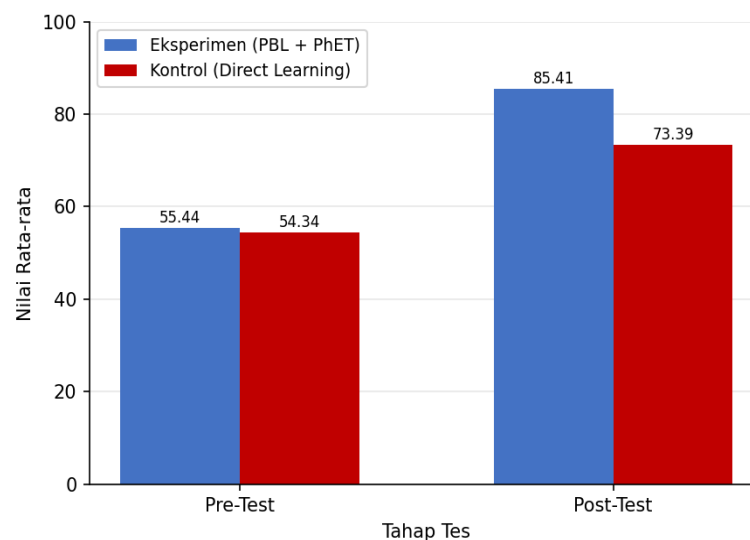
Hasil observasi menunjukkan keterlaksanaan pembelajaran model PBL berbantuan PhET Simulation pada kelas eksperimen tergolong sangat baik, dengan persentase 97% pada pertemuan pertama dan meningkat menjadi 100% pada pertemuan kedua, sehingga rata-rata keterlaksanaan mencapai 99%. Data nilai

pretest dan *posttest* kemampuan pemecahan masalah kedua kelas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Nilai *Pre-Test* dan *Post-Test* Kelas Eksperimen dan Kontrol

Kelompok	N	Mean Pre-Test	Mean Post-Test	Std. Deviation
Eksperimen	22	55,44	85,41	6,459
Kontrol	21	54,34	73,39	6,256

Nilai rata-rata *pretest* kelas eksperimen (55,44) dan kelas kontrol (54,34) menunjukkan kondisi awal kemampuan pemecahan masalah kedua kelas relatif setara (selisih 1,1). Setelah diberikan perlakuan, nilai rata-rata *posttest* kelas eksperimen meningkat menjadi 85,41 (selisih peningkatan 29,97), sedangkan kelas kontrol meningkat menjadi 73,39 (selisih peningkatan 19,05). Peningkatan nilai rata-rata kedua kelas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Nilai Rata-Rata *Pre-Test* dan *Post-Test* Kelas Eksperimen dan Kontrol

Sebelum pengujian hipotesis, uji prasyarat analisis menunjukkan seluruh asumsi terpenuhi. Uji normalitas Shapiro-Wilk menghasilkan nilai signifikansi 0,951 (*pretest* eksperimen), 0,534 (*pretest* kontrol), 0,996 (*posttest* eksperimen), dan 0,328 (*posttest* kontrol), seluruhnya lebih besar dari 0,05 sehingga data berdistribusi normal. Uji homogenitas Levene menghasilkan signifikansi 0,806 (*pretest*) dan 0,795 (*posttest*), menunjukkan varians data homogen. Uji linearitas menghasilkan $F = 4,037$ dengan signifikansi 0,375 yang menunjukkan hubungan linear antara *pretest* dan *posttest*, sedangkan uji homogenitas kemiringan regresi menghasilkan $F = 0,977$ dengan signifikansi 0,329 ($> 0,05$), menunjukkan tidak terdapat interaksi signifikan antara kelas dan *pretest*.

Tabel 2. Hasil Uji Hipotesis ANCOVA

Source	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Pretest	1	1.617,254	1.549,075	< 0,001	0,975
Kelas	1	1.276,825	1.222,997	< 0,001	0,968
Error	40	1,044	-	-	-

Berdasarkan hasil uji ANCOVA, variabel *pretest* menunjukkan nilai $F = 1.549,075$ dengan signifikansi $< 0,001$, yang menunjukkan bahwa nilai *pretest* berpengaruh signifikan terhadap nilai *posttest* sebagai kovariat dalam model. Pada variabel kelas diperoleh nilai $F = 1.222,997$ dengan signifikansi $< 0,001$. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, terdapat pengaruh yang signifikan model *Problem Based Learning* berbantuan *PhET Simulation* terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada pembelajaran IPAS setelah nilai *pretest* dikendalikan secara statistik. Selisih rata-rata *posttest* kedua kelas yang jauh lebih besar (12,02) dibandingkan selisih rata-rata *pretest* (1,1) memperkuat kesimpulan bahwa perbedaan hasil bersumber dari perlakuan pembelajaran, bukan dari kemampuan awal siswa.

Pengaruh signifikan yang ditemukan tidak terlepas dari karakteristik sintaks PBL yang diterapkan bersama *PhET Simulation*. Hal ini sejalan dengan pendapat Affandi (2023) yang menyatakan bahwa PBL menuntut siswa untuk menerapkan pengetahuan yang dimilikinya dalam menyelesaikan masalah yang disajikan guru sekaligus memperoleh pengetahuan baru. Pada tahap orientasi masalah, peneliti menayangkan video mengenai sumber energi dan mengajukan pertanyaan pemantik terkait fenomena sehari-hari, yang membangkitkan rasa ingin tahu siswa terhadap permasalahan autentik (Rachmawati et al., 2022). Pada tahap mengorganisasikan siswa untuk belajar, peneliti mendemonstrasikan penggunaan *PhET Simulation* dan membagi siswa dalam kelompok kecil untuk merencanakan langkah investigasi secara kolaboratif (Nurwidodo et al., 2025). Pada tahap membimbing penyelidikan, penggunaan simulasi virtual membantu siswa memvisualisasikan konsep energi yang abstrak menjadi lebih konkret karena siswa dapat memanipulasi variabel dan mengamati perubahannya secara langsung. Pada tahap mengembangkan dan menyajikan hasil karya, presentasi kelompok melatih siswa mengomunikasikan hasil pemecahan masalah (Purwati & Darussyamsu, 2021), dan pada tahap akhir, refleksi bersama membantu siswa memahami proses berpikir yang digunakan untuk sampai pada penyelesaian masalah, bukan sekadar jawaban akhir.

Selama pembelajaran, siswa pada kelas eksperimen menunjukkan keaktifan tinggi dalam eksplorasi simulasi dan diskusi kelompok, temuan ini didukung oleh Bahtiar et al. (2024) yang menyatakan bahwa penggunaan *PhET Simulation* dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar karena siswa memperoleh pengalaman belajar melalui eksplorasi dan interaksi langsung dengan simulasi. sejalan dengan temuan bahwa model PBL berbantuan *PhET Simulation* meningkatkan keaktifan siswa, mempermudah pemahaman konsep abstrak melalui visualisasi, mendorong kerja sama kelompok, serta meningkatkan motivasi dan kemampuan pemecahan masalah siswa (Yulianti et al., 2026). Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian terdahulu (Zulianti, 2024; Satipa et al., 2024; Maharani et

al., 2024) yang menunjukkan bahwa integrasi PBL dan PhET Simulation lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional dalam meningkatkan capaian belajar siswa, sekaligus memperkuat posisi penelitian ini sebagai kontribusi baru pada jenjang sekolah dasar yang sebelumnya masih minim dikaji secara khusus dari aspek pemecahan masalah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji hipotesis menggunakan *Analysis of Covariance* (ANCOVA), terdapat pengaruh yang signifikan model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *PhET Simulation* terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa kelas IV pada pembelajaran IPAS di SDN 31 Mataram, ditunjukkan oleh nilai signifikansi pada variabel kelas sebesar $< 0,001$ yang lebih kecil dari taraf signifikansi $0,05$ ($< 0,001 < 0,05$) setelah kemampuan awal siswa (*pretest*) dikendalikan. Nilai rata-rata *posttest* kelas eksperimen (85,41) yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (73,39) turut memperkuat simpulan bahwa model PBL berbantuan PhET Simulation efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, khususnya pada materi transformasi energi yang bersifat abstrak. Sekolah dan guru disarankan mempertimbangkan penerapan model ini sebagai alternatif pembelajaran IPAS, sementara peneliti selanjutnya disarankan mengembangkan kajian pada materi atau jenjang pendidikan yang berbeda.

REFERENSI

- Adiningsih, T. D., Winaryati, E., Tri, E., & Wulandari, D. (2024). Mengatasi Permasalahan Siswa dalam Pembelajaran: Eksplorasi Penerapan Model Problem Based Learning (PBL). *Journal of Lesson Study in Teacher Education*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.51402/jlste.v3i1.132>
- Affandi, L. H. (2023). Masalah guru dalam pembelajaran berbasis masalah. *Jurnal DIDIKA: Wahana Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(2), 209–223.
- Anantasia, G., & Rindrayani, S. R. (2025). Metodologi Penelitian Quasi Eksperimen. *ADIBA: Journal of Education*, 5(2), 183–192.
- Ardianti, R., Sujarwanto, E., & Surahman, E. (2021). Problem-based Learning: Apa dan Bagaimana. *Diffraction: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 3(1), 27–35.
- Bahtiar, B., Ibrahim, I., & Maimun, M. (2024). The effect of PhET simulation-based learning on the ability to understand elementary science concepts in work and energy material. *Jurnal PIPA: Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam*, 5(1), 28–35. <https://doi.org/10.56842/jp-ipa>
- Evitasari, A. D., & Aulia, M. S. (2022). Media Diorama dan Keaktifan Belajar Peserta Didik dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Riset Pendidikan Dasar (JRPD)*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.30595/jrpd.v3i1.11013>
- Hendriani, M., Melindawati, S., & Mardicko, A. (2021). Keterampilan Pemecahan Masalah Matematika di Era Revolusi Industri 4.0 Siswa SD. *Jurnal Cendekia*, 5(2), 892–899. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i2.477>
- 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>

- Masfaratna. (2022). Penggunaan Media PhET Simulation untuk Menentukan Waktu Paruh Suatu Atom. *Science: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 2(3), 277–286. <https://doi.org/10.51878/science.v2i3.1481>
- Muavi, M., Mustaji, M., Sumarno, A., Widodo, S., & Bidandari, A. (2024). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Berfikir Kritis dan Pemecahan Masalah Pada Mata Pelajaran Geografi Siklus Hidrologi. *JEMSI*, 6(2). <https://doi.org/10.38035/jemsi.v6i2>
- Noverma, N., Perawati, P., & Susanti, T. (2024). Pemanfaatan PhET Interactive Simulation Sebagai Sumber Belajar Ilmu Pengetahuan Alam di Sekolah Menengah Pertama. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, 9(4), 40–44. <https://doi.org/10.29210/025377jpgi0005>
- Nurwidodo, N., Zaenab, S., Hindun, I., & Wahyuni, S. (2025). Development of Problem Orientation Model and Work Organization in Problem-Based Learning at Muhammadiyah Senior High School of Batu City. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(1), 424–437. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.40190>
- Polya, G. (2004). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton University Press.
- Priadana, M. S., & Sunarsi, D. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Pascal Books.
- Purwati, S., & Darussyamsu, R. (2021). Model Pembelajaran Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi. *Semnas Bio*, 1(1), 917–922. <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/115>
- Putri, R., & Ariani, T. (2024). LKPD Berbantuan PhET Simulation untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Siswa: Literature Review. *Anthor: Education and Learning Journal*, 3(5), 32–35. <https://doi.org/10.31004/anthor.v3i5.359>
- Rachmawati, B., Purnama Dewi, R., & Prakoso, J. (2022). Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Rasa Ingin Tahu Dan Prestasi Belajar Siswa Kelas V SDN 2 Kebutuh. *Jurnal Inovasi Strategi dan Model Pembelajaran*, 2(3), 349–355. <https://doi.org/10.51878/strategi.v2i3.1464>
- Ramadhani, M., & Djulia, E. (2025). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) dengan Pendekatan STEM terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Sikap Ilmiah Siswa Materi Ekologi. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 12(1), 68–74. <https://doi.org/10.29407/jbp.v12i1.25047>
- Sari, D. W., & Marianus, S. M. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah IPA Siswa. *Jurnal Bina Gogik*, 9(2), 212–219. <https://doi.org/10.61290/pgsd.v9i2.98>
- Satipa, D. A., Susilawati, S., Hikmawati, H., & Gunada, I. W. (2024). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan PhET Simulation Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(4), 2712–2720. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i4.2668>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sylviani, S., Permana, F. C., & Utomo, R. G. (2020). PhET Simulation sebagai Alat Bantu Siswa Sekolah Dasar dalam Proses Belajar Mengajar Mata Pelajaran Matematika. *Edsence: Jurnal Pendidikan Multimedia*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.17509/edsence.v2i1.25184>

- Yulianti, H., Nurahman, A., & Andriani, D. (2026). Efektivitas Model Pembelajaran PBL berbantuan PhET Simulation dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Journal of Authentic Research*, 5(1), 1357. <https://doi.org/10.36312/chdkcx32>
- Zulianti, W. (2024). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Multimedia PhET Simulation terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa (Studi Quasi Eksperimen pada Muatan IPA di Kelas VI SD Negeri 1 Cimaranten). *UNIEDU: Universal Journal of Educational Research*, 5(3), 133–147. <https://doi.org/10.1234/uniedu.v5i3.158>