

EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM SOLVING BERBANTUAN SIMULASI INTERAKTIF PHET DALAM MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP SISWA PADA MATERI GELOMBANG TRANSVERSAL

Siti Alwa¹, Ali Ismail^{2*}, Surya Gumilar¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Institut Pendidikan Indonesia, Garut, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Pendidikan Indonesia, Sumedang, Indonesia

*Email: ali_ismail@upi.edu

Abstrak

Pemahaman konsep siswa pada materi gelombang transversal masih menjadi tantangan karena sifatnya yang abstrak, sehingga diperlukan model pembelajaran yang mampu melatih penalaran sekaligus memvisualisasikan konsep secara konkret. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas model pembelajaran problem solving berbantuan simulasi interaktif PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi gelombang transversal. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi-experimental, desain The Static Group Pretest-Posttest Design. Sampel penelitian terdiri dari 50 siswa kelas XI MIA di MA Fauzaniyyah, Kabupaten Garut, yang terbagi ke dalam kelas eksperimen (problem solving berbantuan PhET) dan kelas kontrol (pembelajaran konvensional), masing-masing 25 siswa. Instrumen berupa 15 soal pilihan ganda tervalidasi (reliabilitas 0,687) digunakan sebagai pretest dan posttest, disertai angket persepsi siswa. Karena data tidak berdistribusi normal, pengujian hipotesis menggunakan uji Mann-Whitney, menghasilkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,014, menunjukkan perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol. Nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,58 (58,32%, cukup efektif) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,26 (25,72%, tidak efektif), dengan effect size Cohen's d sebesar 0,847 (kategori besar). Hasil angket menunjukkan persepsi siswa yang sangat positif dengan indeks rata-rata 80,6%. Dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran problem solving berbantuan simulasi interaktif PhET lebih efektif dibandingkan model konvensional dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi gelombang transversal.

Kata kunci: Problem Solving; Simulasi Interaktif PhET; Pemahaman Konsep; Gelombang Transversal.

Abstract

Students' conceptual understanding of transverse wave material remains challenging due to its abstract nature, requiring a learning model capable of training reasoning while concretely visualizing the concept. This study aims to determine the effectiveness of the problem-solving learning model assisted by PhET interactive simulation in improving students' conceptual understanding of transverse wave material. This study used a quantitative approach with a quasi-experimental method, employing the Static Group Pretest-Posttest Design. The sample consisted of 50 eleventh-grade students at MA Fauzaniyyah, Garut Regency, divided into an experimental class (problem solving assisted by PhET) and a control class (conventional learning), each with 25 students. The instrument used was 15 validated multiple-choice items (reliability of 0.687) administered as pretest and posttest, accompanied by a student perception questionnaire. Because the data were not normally distributed, hypothesis testing used the Mann-Whitney test, yielding an Asymp. Sig. (2-tailed) value of 0.014, indicating a significant difference between the experimental and control classes. The N-Gain of the experimental class was 0.58 (58.32%, fairly effective), higher than the control class at 0.26 (25.72%, ineffective), with a Cohen's d effect size of 0.847 (large category). The questionnaire results showed a highly positive student perception with a mean index of 80.6%. It can be concluded that the problem-solving learning model assisted by PhET interactive simulation is more effective than the conventional model in improving students' conceptual understanding of transverse wave material.

Keywords: Problem Solving; PhET Interactive Simulation; Conceptual Understanding; Transverse Wave

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep menjadi landasan yang esensial dalam pembelajaran fisika, tidak hanya untuk menguasai materi tetapi juga untuk mengembangkan penalaran ilmiah. Namun, di tingkat sekolah menengah atas (SMA), pemahaman konsep mengenai materi fisika masih menjadi tantangan signifikan, khususnya pada materi gelombang transversal, karena siswa seringkali kesulitan menginternalisasikan konsep-konsep abstrak seperti gerakan partikel medium serta hubungan antara frekuensi, panjang gelombang, dan kecepatan rambat (Lidrawan et al., 2022). Permasalahan ini diperparah oleh pendekatan pembelajaran yang cenderung berpusat pada guru, yang menghambat keterlibatan aktif siswa dalam membangun pemahaman konseptual, sehingga siswa menjadi penerima informasi pasif dan pemahaman yang terbentuk cenderung bersifat hafalan (Sahara et al., 2020).

Untuk mengatasi tantangan ini, model pembelajaran problem solving dapat menjadi alternatif inovatif. Menurut Mirdad (2020), model diartikan sebagai suatu rancangan yang digunakan untuk mengelola suatu proses atau situasi sehingga dapat berjalan secara sistematis dan terarah, sedangkan menurut Tindani (2021), pembelajaran adalah proses interaksi antara siswa, pendidik, dan sumber belajar untuk memperoleh pengetahuan, keterampilan, sikap, dan pemahaman baru. Joyce dan Weil (sebagaimana dikutip dalam Khoerunnisa & Aqwal, 2020) menegaskan bahwa model pembelajaran bukan hanya sekadar metode, tetapi sebuah kerangka yang menggambarkan lingkungan belajar dan perilaku guru dalam mendukung pencapaian tujuan pembelajaran. Model problem solving melibatkan siswa dalam langkah-langkah terstruktur seperti mengidentifikasi masalah, menganalisis data, membuat hipotesis, dan mengevaluasi solusi (Pradana, 2024). Menurut Agusta (2022), model

ini merupakan metode penyelesaian masalah dengan mengumpulkan data untuk menarik kesimpulan, yang berfokus pada aspek kognitif. Menurut Dewey (sebagaimana dikutip dalam Sarah, 2018), model problem solving terdiri dari lima tahapan, yaitu merumuskan masalah, menganalisis masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, dan pengujian hipotesis, sedangkan menurut Polya (sebagaimana dikutip dalam Pradana, 2024), model ini terdiri dari empat tahapan, yaitu mengidentifikasi masalah, menganalisis data, membuat hipotesis, dan mengevaluasi solusi.

Model pembelajaran problem solving memiliki sejumlah kelebihan, di antaranya melatih siswa menghadapi dan memecahkan masalah secara terampil, mengembangkan kemampuan berpikir kreatif, serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Gurusinga et al., 2024), meskipun juga memiliki kelemahan, seperti membutuhkan waktu yang cukup untuk perencanaan dan persiapan (Marzuki, 2023). Dengan penerapan yang tepat, model ini dapat mengubah peran siswa dari penerima pengetahuan pasif menjadi pelaku aktif dalam proses konstruksi pengetahuan, yang sangat mendukung perkembangan pemahaman mendalam (Ropi'i et al., 2025). Penelitian Nasution et al. (2021) menunjukkan bahwa penerapan model problem solving pada mata pelajaran fisika memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang bunyi, sedangkan penelitian Nurasyiah et al. (2024) menunjukkan bahwa model ini dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika hingga 27% lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional.

Meskipun model problem solving efektif dalam melatih penalaran dan pemecahan masalah, model ini masih belum optimal jika tidak didukung oleh perangkat pembelajaran yang memadai untuk visualisasi, mengingat

siswa masih kesulitan memvisualisasikan konsep-konsep yang tidak dapat diamati secara langsung. Simulasi interaktif PhET dari University of Colorado Boulder telah terbukti menjadi alat bantu teknologi yang efektif dalam membantu siswa memahami konsep fisika yang kompleks melalui visualisasi interaktif dan eksperimen virtual (Dantic & Fluraon, 2022). Simulasi ini menjadi laboratorium virtual yang membantu siswa melakukan eksperimen secara fleksibel menggunakan teks, video, multimedia, animasi, dan simulasi (Lamanepa et al., 2020). Harudu et al. (2024) menyebutkan bahwa simulasi PhET memiliki kelebihan membantu siswa memahami konsep abstrak melalui visualisasi, memiliki fitur interaktif yang mudah digunakan, serta dapat meningkatkan hasil belajar karena tampilannya yang menarik, meskipun menurut Verdian et al. (2021), keberhasilannya sangat bergantung pada tingkat kemandirian siswa dan pendampingan pendidik yang memadai.

Pemahaman konsep siswa pada materi gelombang transversal secara khusus menuntut kemampuan mengaitkan besaran-besaran fisis seperti frekuensi, panjang gelombang, periode, dan cepat rambat gelombang, yang menurut taksonomi Bloom revisi termasuk dalam ranah kognitif C2 (memahami), mencakup indikator menafsirkan, mencontohkan, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan (Anderson & Krathwohl, 2001). Materi ini sering dianggap sulit karena sifatnya yang dinamis dan tidak dapat diamati secara langsung oleh mata telanjang tanpa bantuan alat visualisasi, sehingga siswa cenderung membangun pemahaman yang bersifat parsial atau bahkan keliru mengenai gerak partikel medium dan hubungan antar besaran gelombang. Kombinasi antara model problem solving yang menyediakan kerangka berpikir sistematis dan simulasi PhET yang menyediakan representasi

visual dinamis diharapkan dapat saling melengkapi dalam mengatasi kesulitan tersebut, sehingga pemahaman konsep siswa dapat terbentuk secara lebih utuh dan bermakna.

Beberapa penelitian terdahulu memperkuat urgensi integrasi kedua pendekatan ini. Rianti et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis masalah yang didukung simulasi PhET secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep fisika, keterlibatan, dan kemampuan kolaboratif siswa, dengan peningkatan skor rata-rata posttest sebesar 25% ($p < 0,05$). Harudu et al. (2024) menemukan bahwa model pemecahan masalah yang didukung simulasi PhET efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa SMA, terutama di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium, dengan skor posttest kelompok eksperimen mencapai rata-rata 83,54 dibandingkan kelompok kontrol 74,48 ($p < 0,001$). Jhoni et al. (2022) juga menunjukkan bahwa penerapan model problem solving dengan simulasi PhET secara signifikan meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi elastisitas dan hukum Hooke. Namun, penelitian yang secara eksplisit mengkaji sinergi antara model problem solving dan simulasi PhET pada materi gelombang transversal di tingkat SMA masih terbatas. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas model pembelajaran problem solving berbantuan simulasi interaktif PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi gelombang transversal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi-experimental, menggunakan desain The Static Group Pretest-Posttest Design. Desain ini digunakan untuk menganalisis perbandingan peningkatan pemahaman siswa sebelum dan sesudah perlakuan antara kelas eksperimen dan kelas

kontrol yang tidak dipilih secara acak. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran problem solving berbantuan simulasi interaktif PhET yang diterapkan pada kelas eksperimen, sedangkan kelas kontrol menerima pembelajaran konvensional. Variabel terikatnya adalah pemahaman konsep siswa, dengan fokus pada ranah kognitif C2 (memahami), mencakup indikator menafsirkan, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan.

Populasi penelitian ini adalah siswa kelas XI MIA di MA Fauzaniyyah, Garut. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik purposive sampling, terdiri dari 50 siswa dari kelas XI MIA 1 dan XI MIA 2, masing-masing 25 siswa. Kelas XI MIA 1 menjadi kelas eksperimen yang diajar menggunakan model problem solving berbantuan simulasi PhET, sedangkan kelas XI MIA 2 menjadi kelas kontrol yang diajar menggunakan model konvensional. Pemberian perlakuan pada kedua kelas dilakukan selama dua kali pertemuan.

Instrumen penelitian berupa tes berbentuk 25 soal pilihan ganda yang mengukur pemahaman konsep pada ranah kognitif C2, diberikan sebagai pretest dan posttest, serta angket persepsi siswa berupa 10 pertanyaan menggunakan skala Likert. Instrumen diujicobakan pada 29 siswa di MA YPI Sukawening yang telah mempelajari materi gelombang transversal. Uji validitas menggunakan korelasi product moment dengan IBM SPSS Statistics versi 25; suatu butir dinyatakan valid apabila nilai r hitung lebih besar dari atau sama dengan nilai r tabel pada taraf signifikansi 5% (0,367). Dari 25 butir soal, 10 butir dinyatakan tidak valid dan dihilangkan, sehingga tersisa 15 butir soal valid yang digunakan sebagai instrumen penelitian utama. Uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha menghasilkan koefisien sebesar 0,687, yang

melebihi ambang batas 0,60 dan menunjukkan bahwa instrumen bersifat reliabel (Taherdoost, 2016).

Data pretest dan posttest dianalisis menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics versi 25. Uji normalitas menggunakan teknik Shapiro-Wilk (sesuai untuk sampel kurang dari 50), dengan data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Uji homogenitas dilakukan untuk memeriksa kesetaraan varians antarkelompok. Jika data tidak berdistribusi normal, pengujian hipotesis dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik Mann-Whitney, dengan kriteria nilai signifikansi kurang dari 0,05 menyebabkan penolakan hipotesis nol, yang mengindikasikan perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol.

Besarnya peningkatan pemahaman konsep siswa diukur menggunakan uji N-Gain, dihitung dengan rumus:

$$N\text{-Gain} = (\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}) / (\text{Skor Maksimum} - \text{Skor Pretest}).$$

Dengan persentase yang diinterpretasikan berdasarkan kriteria pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria interpretasi efektivitas N-Gain (Sukarelawan et al., 2024)

Persentase (%)	Interpretasi
< 40	Tidak efektif
40-55	Kurang efektif
56-75	Cukup efektif
> 76	Efektif

Besarnya pengaruh perlakuan selanjutnya diukur menggunakan effect size Cohen's d , diinterpretasikan berdasarkan kriteria Cohen: kecil (0,0-0,2), sedang (0,3-0,5), dan besar (0,6-2,0) (Pratama & Natalia, 2023). Data angket persepsi siswa dianalisis menggunakan rumus indeks skala Likert: Indeks % = (total skor / skor maksimum) $\times$ 100, dengan hasil yang diinterpretasikan berdasarkan kriteria Suastika dan Rahmawati (2019), mulai dari 'sangat tidak

setuju' (0-19,99%) hingga 'sangat setuju' (80-100%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi statistik nilai pretest kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 2.

Statistik	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Minimum	13,33	6,67
Maksimum	60,00	60,00
Rata-rata	29,87	35,20
Standar deviasi	14,80	16,28

Setelah perlakuan diberikan selama dua kali pertemuan, dilaksanakan posttest dengan hasil disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Deskripsi statistik nilai posttest kelas eksperimen dan kelas kontrol

Statistik	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Minimum	26,67	20,00
Maksimum	100,00	80,00
Rata-rata	69,87	51,20
Standar deviasi	25,03	19,12

Berdasarkan Tabel 2 dan 3, nilai rata-rata kelas eksperimen meningkat dari 29,87 (pretest) menjadi 69,87 (posttest), sedangkan kelas kontrol meningkat dari 35,20 menjadi 51,20, menunjukkan peningkatan yang lebih besar pada kelas eksperimen. Uji normalitas Shapiro-Wilk

menunjukkan seluruh data (pretest kontrol, posttest kontrol, pretest eksperimen, dan posttest eksperimen) memiliki nilai signifikansi di bawah 0,05 (berturut-turut 0,019, 0,033, 0,022, dan 0,000), sehingga data dinyatakan tidak berdistribusi normal. Uji homogenitas menunjukkan nilai signifikansi Based on Mean sebesar 0,077 ($> 0,05$), sehingga varians antarkelompok dinyatakan homogen. Karena data tidak berdistribusi normal, pengujian hipotesis dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik Mann-Whitney alih-alih uji-t parametrik.

Hasil uji Mann-Whitney menghasilkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,014, lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan dalam pemahaman konsep antara siswa yang diajar menggunakan model problem solving berbantuan simulasi PhET dengan siswa yang diajar menggunakan model konvensional pada materi gelombang transversal.

Hasil perhitungan N-Gain, dirangkum pada Tabel 4, menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,58 (58,32%), termasuk kategori cukup efektif, dengan nilai minimum 9% dan maksimum 100%, sedangkan kelas kontrol hanya memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,26 (25,72%), termasuk kategori tidak efektif, dengan nilai minimum 0% dan maksimum 62%.

Tabel 4. Hasil perhitungan N-Gain kelas kontrol dan kelas eksperimen

Statistik	N-Gain Kelas Kontrol (%)	N-Gain Kelas Eksperimen (%)
Rata-rata	25,72	58,32
Minimum	0,00	9,00
Maksimum	62,00	100,00

Effect size Cohen's d untuk nilai posttest sebesar 0,847, termasuk kategori besar (large effect), menunjukkan bahwa penerapan model problem solving berbantuan simulasi interaktif

PhET memberikan pengaruh substansial terhadap pemahaman konsep siswa, melampaui sekadar signifikansi statistik. Hasil angket Likert yang terdiri dari 10 item mengenai persepsi

siswa terhadap model pembelajaran ini menghasilkan indeks persepsi rata-rata sebesar 80,6%, yang termasuk kategori 'sangat setuju', menunjukkan respons siswa yang sangat positif terhadap model pembelajaran problem solving berbantuan simulasi interaktif PhET.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model pembelajaran problem solving berbantuan simulasi interaktif PhET secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep siswa. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rianti et al. (2024), yang menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis masalah yang didukung simulasi PhET meningkatkan pemahaman konsep fisika, keterlibatan, dan kemampuan kolaboratif siswa. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian Harudu et al. (2024), yang menemukan bahwa model pemecahan masalah dengan simulasi PhET efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika siswa SMA, serta penelitian Jhoni et al. (2022), yang membuktikan bahwa model problem solving dengan simulasi PhET meningkatkan hasil belajar siswa pada materi elastisitas dan hukum Hooke.

Nilai effect size Cohen's d sebesar 0,847 yang tergolong kategori besar memberikan penguatan penting terhadap hasil uji hipotesis, karena signifikansi statistik semata tidak selalu mencerminkan besarnya dampak praktis suatu perlakuan. Effect size yang besar ini mengindikasikan bahwa perbedaan pemahaman konsep antara kelas eksperimen dan kelas kontrol bukan sekadar kebetulan statistik, melainkan mencerminkan dampak substansial dari penerapan model problem solving berbantuan simulasi PhET dalam praktik pembelajaran sehari-hari. Temuan ini memberikan keyakinan lebih tinggi bagi guru dan pengambil kebijakan pendidikan bahwa investasi dalam penerapan model pembelajaran ini layak dipertimbangkan secara serius, mengingat besarnya potensi peningkatan

pemahaman konsep yang dapat dicapai dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Model problem solving yang berpusat pada siswa mendorong partisipasi aktif, diskusi, dan eksplorasi mandiri yang memicu proses berpikir kritis, sementara simulasi PhET memfasilitasi visualisasi konsep gelombang transversal yang bersifat abstrak, seperti hubungan antara frekuensi, amplitudo, tegangan tali, panjang gelombang, dan kecepatan rambat, yang sulit divisualisasikan melalui metode konvensional. Hal ini sejalan dengan prinsip konstruktivisme, di mana siswa tidak hanya menerima informasi tetapi juga berpartisipasi dalam membangun pemahaman mereka sendiri melalui pengalaman praktis. Sebaliknya, keberagaman hasil posttest pada kelas kontrol, yang tercermin dari peningkatan standar deviasi (dari 16,28 menjadi 19,12), mengindikasikan bahwa metode konvensional memberikan efek yang tidak merata pada setiap siswa, kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan gaya belajar dan minimnya interaksi timbal balik antara guru dan siswa.

Implikasi dari temuan ini bagi bidang pendidikan fisika adalah pentingnya mengintegrasikan media simulasi interaktif seperti PhET ke dalam sintaks pembelajaran berbasis pemecahan masalah secara konsisten, khususnya pada materi-materi yang bersifat abstrak seperti gelombang transversal, agar siswa dapat membangun pemahaman konseptual sekaligus melatih kemampuan pemecahan masalah secara bersamaan. Sekolah dan guru perlu didukung dengan pelatihan pemanfaatan simulasi interaktif berbasis teknologi serta ketersediaan akses internet dan perangkat yang memadai, mengingat keberhasilan model ini sangat bergantung pada kemandirian siswa dan pendampingan pendidik yang optimal.

KESIMPULAN

Model pembelajaran problem solving berbantuan simulasi interaktif PhET berpengaruh positif terhadap pemahaman konsep siswa pada materi gelombang transversal, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil uji Mann-Whitney (Sig. 2-tailed = 0,014 < 0,05) serta effect size Cohen's d sebesar 0,847 (kategori besar). Peningkatan pemahaman konsep pada kelas eksperimen termasuk kategori cukup efektif dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,58, dibandingkan kelas kontrol yang hanya mencapai 0,26 (tidak efektif). Keberhasilan ini disebabkan oleh kemampuan simulasi PhET dalam memvisualisasikan konsep abstrak sekaligus mendukung tahapan berpikir dalam model problem solving, sehingga memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan siswa. Persepsi siswa terhadap model pembelajaran ini juga sangat positif, dengan indeks angket rata-rata 80,6% (kategori sangat setuju), menunjukkan bahwa siswa merasa lebih terlibat, termotivasi, dan mampu memahami materi fisika yang kompleks dengan bantuan kombinasi model pembelajaran dan media simulasi interaktif ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala sekolah, guru mata pelajaran fisika, dan siswa MA Fauzaniyyah serta MA YPI Sukawening, Kabupaten Garut, atas kerja sama yang diberikan selama proses penelitian, serta kepada dosen pembimbing di Program Studi Pendidikan Fisika, Institut Pendidikan Indonesia, Garut, atas bimbingan yang diberikan sepanjang penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agusta, E. S. (2022). Peningkatan motivasi belajar dan kemampuan pemecahan masalah dengan metode problem solving. *Jurnal Lingkar Mutu Pendidikan*, 19(2), 49-60.
<https://doi.org/10.54124/jlmp.v19i2.44>

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman.
- Dantic, M. J. P., & Fluraon, A. (2022). PhET interactive simulation approach in teaching electricity and magnetism among science teacher education students. *Journal of Science and Education (JSE)*, 2(2), 88-98.
<https://doi.org/10.56003/jse.v2i2.101>
- Gurusinga, E. Y. B., Abi, A. R., Juliana, Sipayung, R. F., & Silaban, P. J. (2024). Pengaruh model pembelajaran problem solving terhadap hasil belajar matematika siswa kelas IV SD Negeri 101837 Sukamakmur tahun pembelajaran 2023/2024. *Jurnal Ilmiah Aquinas*, 7(2), 196-205.
- Harudu, L., Nursalam, L. O., Kasmianti, S., Hasan, S., Sugiarto, A., Karim, A. T. A., Syarifuddin, & Sejati, A. E. (2024). The impact of PhET-assisted problem-solving model on enhancing students' physics problem-solving skills in Indonesian high schools. *Multi Discere Journal*, 3(2), 59-71. <https://doi.org/10.36312/mj.v3i2.2312>
- Jhoni, R., Handayani, S., & Putri, A. (2022). Pengaruh model problem solving dengan penggunaan simulasi PhET terhadap hasil belajar peserta didik pada materi elastisitas dan hukum Hooke. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(2), 88-97.
- Khoerunnisa, P., & Aqwal, S. M. (2020). Analisis model-model pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 4(1), 1-27.
- Lamanepa, G. H., Begu, P. O., Ki'i, O. A., & Pasaribu, R. (2020). Simulasi aplikasi interaktif PhET bagi siswa SMA Plus Nusa Timor. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(1), 642-645.
<https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i1.3286>
- Lidrawan, M., Erniwati, & M, H. (2022). Pengembangan e-modul model inkuiri terbimbing (guided inquiry) berbantuan flip PDF professional pada materi gelombang mekanik untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik kelas XI

- SMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 7(3), 172-179.
<https://doi.org/10.36709/jipfi.v7i3>
- Marzuki. (2023). Penerapan model pembelajaran problem solving untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada materi sistem gerak manusia di SMP Negeri 3 Sintang. *Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 7(2), 14-25.
- Mirdad, J. (2020). Model pembelajaran: Konsep dasar dan implementasi. *Al-Fikru: Jurnal Ilmiah*, 14(1), 14-23.
- Nasution, M. Y., Swistoro, E., & Medriati, R. (2021). Pengaruh model pembelajaran problem solving fisika terhadap pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang bunyi di SMAN 1 Kota Bengkulu. *Jurnal Ilmu dan Pembelajaran Fisika*, 1(1), 1-8.
- Nurasyiah, Yennita, & Syahril. (2024). Penerapan model pembelajaran creative problem solving dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa kelas XI SMAN 1 Kubu pada materi sifat elastisitas bahan. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 6(1), 36-38.
<https://doi.org/10.31540/sjpif.v6i1>
- Pradana, L. N. (2024). Problem-solving strategy: Mathematical problem-solving model within the Polya framework. *KnE Social Sciences*, 728-740.
<https://doi.org/10.18502/kss.v9i6.15327>
- Pratama, A. O. S., & Natalia, V. E. D. (2023). Meta analisis: Science technology society terhadap hasil belajar sains. *Jurnal Basicedu*, 7(4), 2241-2250.
<https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i4.5739>
- Rianti, R., Gunawan, G., Verawati, N. N. S. P., & Taufik, M. (2024). The effect of problem based learning model assisted by PhET simulation on understanding physics concepts. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 12(1), 28-36.
<https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.8783>
- Ropi'i, M., Suryani, D., & Amalia, R. (2025). Peran model pembelajaran problem solving dalam meningkatkan kemandirian belajar siswa abad ke-21. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 12(1), 45-54.
- Sahara, L., Nafarudin, N., Fayanto, S., & Tairjanovna, B. A. (2020). Analysis of improving students' physics conceptual understanding through discovery learning models supported by multi-representation: Measurement topic. *Indonesian Review of Physics*, 3(2), 60-67.
<https://doi.org/10.12928/irip.v3i2.3064>
- Sarah, S. (2018). Penerapan model problem solving dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, 6(2), 101-110.
- Suastika, I. K., & Rahmawati, A. (2019). Pengembangan modul pembelajaran matematika dengan pendekatan kontekstual. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 4(2), 58-61.
- Sukarelawan, M. I., Indratno, T. K., & Ayu, S. M. (2024). *N-Gain vs stacking*. Suryacahya.
- Taherdoost, H. (2016). Validity and reliability of the research instrument: How to test the validation of a questionnaire/survey in a research. *International Journal of Academic Research in Management*, 5(3), 28-36.
- Tindani, D. (2021). Konsep dasar pembelajaran dalam pendidikan. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(2), 55-63.
- Verdian, R., Astuti, D., & Rahman, A. (2021). Kelebihan dan kelemahan penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 7(1), 12-20.