

## Model Problem-Based Learning dan Model Problem-Solving: Perbedaan terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa pada Materi Gelombang Bunyi

Yani Suryani<sup>1\*</sup>, Sharmila<sup>2</sup>, Chairul Amriyah<sup>3</sup>, Vandan Wiliyanti<sup>4</sup>

<sup>1\*,2,4</sup> Pendidikan Fisika, UIN Raden Intan Lampung, Lampung, Indonesia

<sup>3</sup> PGMI, UIN Raden Intan Lampung, Lampung, Indonesia

\*Email: [yanisuryani@radenintan.ac.id](mailto:yanisuryani@radenintan.ac.id)

### Abstrak

Pembelajaran yang berpusat pada siswa, seperti Problem-Based Learning (PBL) dan Problem-Solving (PS), telah banyak diterapkan dalam pendidikan untuk meningkatkan hasil belajar, namun perbedaan efektivitas keduanya masih menjadi perdebatan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas model Problem-Based Learning (PBL) dan model Problem-Solving (PS) dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Studi ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Menggala, Lampung, dengan melibatkan siswa kelas XI MIPA 1 dan XI MIPA 2. Metode kuasi-eksperimen dengan desain pretest-posttest non-equivalent control group. Instrumen penelitian meliputi soal uraian. Uji hipotesis dilakukan menggunakan *Independent sample t-test*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model PS lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa dibandingkan dengan model PBL, dengan rerata nilai thitung > ttabel sebesar 15.52 > 1.99. Selain memberikan pemahaman berbasis data mengenai efektivitas PBL dan PS, penelitian ini juga merekomendasikan kombinasi kedua model untuk mengoptimalkan hasil belajar sesuai dengan kebutuhan pembelajaran fisika.

**Kata kunci:** Problem-Based Learning; Gelombang Bunyi; Hasil Belajar; Problem-Solving.

### Abstract

*Student-centered learning approaches, such as Problem-Based Learning (PBL) and Problem-Solving (PS), have been widely implemented in education to enhance learning outcomes. However, the debate regarding their relative effectiveness remains ongoing. This study aims to compare the effectiveness of the Problem-Based Learning (PBL) model and the Problem-Solving (PS) model in improving students' learning outcomes. The study was conducted at SMA Negeri 1 Menggala, Lampung, involving students from class XI MIPA 1 and XI MIPA 2. A quasi-experimental method with a pretest-posttest non-equivalent control group design was employed. The research instrument consisted of essay-based test questions. Hypothesis testing was conducted using an independent sample t-test. The results indicate that the PS model is more effective in enhancing students' cognitive learning outcomes than the PBL model, with an average calculated t-value (15.52 > 1.99). In addition to providing data-driven insights into the effectiveness of PBL and PS, this study also recommends integrating both models to optimize learning outcomes based on the specific needs of physics education.*

**Keywords:** Problem-Based Learning; Sound Waves; Learning Outcomes; Problem-Solving.

**Article History:** Received: 16 Februari 2025

Accepted: 28 April 2025

Revised: 22 April 2025

Published: 30 April 2025

**How to cite:** Qadar, R., & Damayanti, P. (2021). *Template Jurnal Literasi Pendidikan Fisika Universitas Mulawarman*, Jurnal Literasi Pendidikan Fisika, 6 (1). pp. 88-94.  
<https://doi.org/10.30872/jlpf.v6i1.4692>

Copyright © April 2025, Jurnal Literasi Pendidikan Fisika

## PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika sering kali dihadapkan pada tantangan dalam mengakomodasi siswa memahami konsep-konsep yang bersifat kompleks dan abstrak (Bouchée et al., 2022; Kotsis, 2024; Navos et al., 2024). Selain itu, siswa juga perlu menghadapi berbagai permasalahan kontekstual yang mendorong mereka untuk memperluas wawasan dan pemahaman mereka. Kegiatan ilmiah berperan penting dalam mendukung siswa untuk menemukan solusi atas permasalahan tersebut. Dengan mengikuti proses ini, peserta didik tidak hanya menguasai konsep-konsep yang berkaitan, tetapi juga mendapatkan pengalaman dalam menerapkan metode ilmiah untuk memecahkan permasalahan serta mengasah keterampilan berpikir kritis mereka. Penggunaan variasi metode pengajaran, seperti memanfaatkan benda-benda di sekitar siswa untuk mengaitkan konsep fisika dengan pengalaman sehari-hari, dapat membuat materi lebih mudah dipahami. Falloon (2019) dan Karniadakis et al. (2021) menekankan bahwa memahami konsep fisika yang kompleks memerlukan model pembelajaran yang tidak hanya mengandalkan teori, tetapi juga mengasah keterampilan analitis dan aplikatif. Dalam hal ini, model PBL dan model PS menjadi sangat relevan. PBL memotivasi siswa untuk berinisiatif dalam menyelesaikan permasalahan nyata, sedangkan PS menekankan pendekatan sistematis dalam menemukan solusi untuk permasalahan tertentu.

Dalam penerapan PBL, siswa saling berkontribusi dalam kerja kelompok kecil untuk menyelesaikan masalah yang bersifat kritis dan menantang. Pendekatan ini tidak hanya memperluas pengetahuan, tetapi juga mengembangkan berbagai keterampilan penting seperti komunikasi, kolaborasi tim, penyelesaian masalah, kemandirian belajar, menyalurkan informasi, serta menghargai gagasan orang lain (Janah et al., 2023; Wijnia et al., 2019). Salah satu keunggulan model PBL adalah kemampuannya dalam mendorong peserta didik untuk mengembangkan pemahaman mereka sendiri melalui pengalaman belajar yang bermakna, sehingga dapat berperan dalam meningkatkan hasil belajar mereka.

Selain itu, siswa diarahkan agar terlibat secara aktif memperhatikan, menganalisis, dan mempertimbangkan berbagai aspek dari suatu permasalahan sebelum mencoba menemukan solusinya. Safitri et al. (2023) mengemukakan siswa yang belajar menggunakan model PBL menunjukkan motivasi yang lebih tinggi dan mampu menerapkan konsep secara lebih relevan dalam konteks dunia nyata. Namun, keberhasilan PBL sangat ditentukan oleh peran fasilitator yang berkompeten serta adanya waktu yang memadai untuk mendukung proses pembelajaran yang mendalam.

Di sisi lain, Asfar & Nur (2018); Parwati et al., (2018) ; Toll, (2017) mengungkapkan model PS terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan siswa untuk memecahkan masalah secara lebih optimal. Pendekatan ini berfokus pada permasalahan kehidupan sehari-hari yang harus diselesaikan melalui proses penelitian mandiri. Lebih lanjut tujuan utamanya dikemukakan oleh Sampini et al., (2021) demi menanamkan siswa dengan kemampuan berpikir kritis, yang memungkinkan siswa dapat mengidentifikasi permasalahan, menganalisis situasi, dan menghasilkan solusi yang efektif. Salah satu keunggulan PS terletak pada kemampuannya untuk memperdalam pemahaman konseptual melalui tahapan pemecahan masalah yang sistematis dan terstruktur. Selain itu, model ini membantu siswa menghubungkan teori dengan praktik melalui proses analisis yang mendalam (Ariyanto et al., 2018; Mariati et al., 2017). Meski demikian, model PS memiliki keterbatasan dalam pengembangan keterampilan kolaboratif karena aktivitas belajar cenderung dilakukan secara individu, sehingga kurang menekankan aspek kerja sama antar siswa.

Penelitian oleh Ariyanto et al. (2018) dan Qomariyah (2019) mengungkapkan bahwa penerapan model PBL dan PS memiliki dampak signifikan terhadap kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah. Kemampuan tersebut berkontribusi langsung pada peningkatan hasil belajar, meliputi aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Pencapaian hasil belajar yang optimal sangat dipengaruhi oleh minat belajar siswa, yang berfungsi sebagai dorongan internal untuk memotivasi aktivitas belajar. Minat ini tidak hanya mendorong keberlanjutan proses pembelajaran, tetapi juga mengarahkan siswa untuk fokus melampaui tujuan pembelajaran yang direncanakan. Maka dari itu, siswa dengan minat belajar

yang tinggi cenderung lebih termotivasi untuk terlibat aktif dalam berbagai aktivitas di kelas (Akhiruddin et al., 2019). Hasil belajar merupakan keluaran dari proses evaluasi pencapaian akademik, yang berfungsi untuk menilai tingkat keberhasilan peserta didik melalui serangkaian tahapan penilaian dan pengukuran capaian pembelajaran.

Menurut hasil kajian dari berbagai penelitian sebelumnya, model PBL dan model PS telah terbukti memberikan dampak positif terhadap berbagai aspek kemampuan siswa. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa kedua model ini berkontribusi penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, aktivitas belajar, prestasi akademik, serta kemampuan pemecahan masalah siswa. Meskipun demikian, hasil yang diperoleh bervariasi tergantung pada konteks, pendekatan, dan materi yang digunakan dalam setiap penelitian.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika di SMA Negeri 1 Menggala, diketahui bahwa banyak siswa masih menghadapi kesulitan dalam memahami materi fisika dan konsep-konsep yang terkait, yang berdampak pada rendahnya hasil belajar mereka. Satu diantara faktor yang memengaruhi kondisi ini adalah penerapan model pembelajaran yang kurang sesuai dengan kompetensi dasar siswa, konteks lingkungan sekitar, serta kemampuan mereka untuk memahami konsep secara mendalam. Selain itu, sebagian besar siswa cenderung hanya mengulang bahasa yang tertulis dalam buku teks tanpa mampu menghubungkan konsep-konsep tersebut dengan situasi nyata di kehidupan sehari-hari. Hal ini menjadi hambatan dalam pengembangan pemahaman konseptual yang lebih aplikatif, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih relevan dan kontekstual untuk memaksimalkan kualitas hasil belajar siswa.

Namun, sebagian besar studi sebelumnya cenderung menerapkan PBL dan PS secara terpisah tanpa melakukan perbandingan langsung dalam konteks materi pembelajaran yang sama. Hal ini menyisakan celah untuk mengeksplorasi secara lebih mendalam bagaimana kedua model tersebut bekerja secara komparatif dalam memengaruhi hasil belajar siswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas model PBL dan PS dalam meningkatkan hasil belajar siswa, khususnya pada materi gelombang bunyi. Sehingga, penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi yang lebih komprehensif tentang keunggulan serta kelemahan masing-masing model dalam konteks pembelajaran fisika, sekaligus memberikan rekomendasi yang relevan untuk optimalisasi strategi pengajaran di kelas.

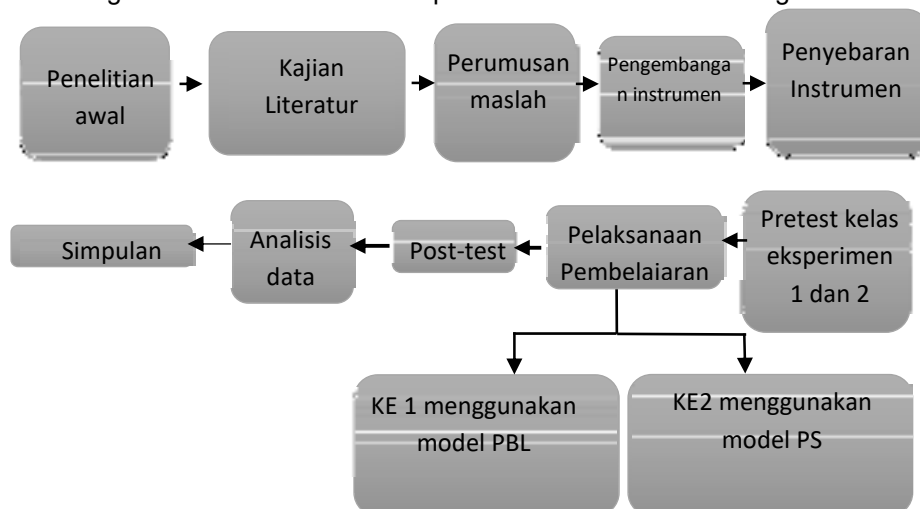
## METODE

Metode quasi-eksperimen dengan desain non-equivalent group, yang bertujuan untuk membandingkan efektivitas dua model pembelajaran yang berbeda, digunakan pada penelitian ini. Dua kelas eksperimen diberi perlakuan yang berbeda, yaitu Kelas Eksperimen (KE) 1 menggunakan model Problem-Based Learning (PBL), sedangkan Kelas Eksperimen (KE) 2 menggunakan model Problem-Solving (PS). Penelitian ini melibatkan seluruh siswa kelas XI MIPA di SMA Negeri 1 Menggala, Lampung, pada tahun ajaran 2023/2024. Sampel penelitian mencakup 35 siswa kelas XI MIPA 1 sebagai KE 1 dan 35 siswa kelas XI MIPA 2 sebagai KE 2. Teknik *purposive sampling* digunakan dalam pemilihan sampel untuk memastikan kesesuaian karakteristik siswa dengan kebutuhan penelitian yang memiliki kemampuan relatif sama.

Dalam penelitian ini, digunakan tes berupa soal uraian pada domain kognitif mulai dari C3 (menerapkan), C4 (menganalisis), sampai C5 (mengevaluasi) sesuai taksonomi Bloom revisi, dengan total 15 butir soal. Instrumen tes ini telah melalui uji kualitas instrumen berupa uji validitas, uji reliabilitas, uji tingkat kesukaran, dan uji daya pembeda. Instrumen ini diterapkan baik sebelum perlakuan (pre-test) maupun setelah perlakuan (post-test), untuk mengevaluasi perubahan hasil belajar siswa setelah diterapkan model PBL dan PS. Data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui perbedaan dalam pencapaian hasil belajar antara kedua kelas eksperimen. Perlakuan baik pada KE 1 maupun KE 2 dilakukan sebanyak 4 kali pertemuan tiap pertemuan berlangsung selama 2 jam pelajaran. Model PBL menurut (Arends, 2012), terdiri dari lima tahapan, yaitu orientasi terhadap masalah, mengorganisasi siswa untuk belajar, membimbing penyelidikan, mengembangkan dan menyajikan hasil, serta

menganalisis proses pemecahan masalah. Sementara itu, model PS terdiri dari tujuh tahapan, yaitu pengantar, observasi, permasalahan awal, pengumpulan data, pengorganisasian data, analisis/generalisasi data, dan komunikasi hasil (Alberida & Barlian, 2018). Secara umum model pembelajaran PBL menekankan proses pembelajaran kolaboratif dan eksploratif, sedangkan model PS lebih sistematis dan terstruktur dengan penekanan pada tahapan berpikir logis dan prosedural.

Analisis data yang digunakan yakni *Independent Sample t-test* dengan taraf signifikansi 0,05 untuk menilai perbedaan rerata hasil belajar antara KE 1 dan KE 2. Uji-t ini digunakan untuk mengukur sejauh mana perbedaan hasil belajar antara kedua kelompok bersifat signifikan secara statistik atau hanya terjadi secara kebetulan. Dimana harus dilakukan uji prasyarat terlebih dahulu yang mencakup uji normalitas dan homogenitas. Secara umum alur penelitian dilaksanakan sebagai berikut:



Gambar 1. Proses Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah tabel yang menunjukkan hasil belajar siswa pada KE 1 (menggunakan model PBL) dan KE 2 (menggunakan model PS):

Tabel 1. Data Pretest dan Posttest Hasil Belajar Siswa pada Ranah Kognitif

<i>Deskriptive Statistic</i>			
Data	Minimum	Maximum	Mean
<i>Pretest KE 1</i>	13.00	38.00	26.26
<i>Posttest KE 1</i>	60.00	75.00	69.91
<i>Pretest KE 2</i>	18.00	43.00	30.74
<i>Posttest KE 2</i>	73.00	85.00	80,20

Untuk membandingkan perbandingan model PBL dan PS terhadap hasil belajar siswa secara berurutan, lihat Tabel 1. Nilai rerata untuk pre-test dan post-test yang menggunakan model PBL adalah 26.26 dan 69.91, sedangkan pada model PS adalah 30.74 dan 80.20. Tabel berikut menunjukkan hasil uji prasyarat:

Tabel 2. Hasil Uji Prasyarat

Aspek yang diuji	Jenis Uji	Kelas	Sig.	Keterangan
Normalitas	<i>Kolmogorov-Smirnov</i>	<i>Pretest KE 1</i>	0.200	Berdistribusi Normal
		<i>Pretest KE 2</i>	0.099	

## Model Problem Based...

Homogenitas	<i>Homogeneity of variances</i>	Posttest KE 1	0.060	Data Homogen
		Posttest KE 2	0.063	
		Pretest	0.126	
		Posttest	0.753	

Data dari KE 1 dan 2 berdistribusi normal dan homogen, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2. ini menunjukkan bahwa siswa di kelas memiliki keterampilan dan hasil belajar yang berbeda. Selanjutnya, uji hipotesis dilakukan dengan uji-t. Hasil uji-t untuk KE 1 dan 2 disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Hipotesis

Jenis Uji	$t_{hitung}$	$t_{tabel}$	Sig.	Keterangan
<i>Independent sample t-test</i>	15.52	1.99	0.000	Terdapat perbedaan signifikan

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji hipotesis dengan uji Independent T-test menunjukkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Dengan nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  dengan nilai  $15.52 > 1.99$  dan nilai signifikan sebesar 0.000. Nilai posttest kedua sampel yang digunakan peneliti berbeda, seperti ditunjukkan dalam tabel di atas. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil belajar fisika siswa yang diajar dengan menggunakan model PBL dengan model PS sangat berbeda.

## PEMBAHASAN

Hasil analisis terhadap nilai pre-test dan post-test digunakan untuk menilai pencapaian hasil belajar kognitif siswa. Rerata nilai yang didapat siswa di KE 1 (XI MIPA 1) adalah 69,91, sedangkan KE 2 (XI MIPA 2) mencapai 80,20. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penerapan model PBL dan PS menghasilkan capaian kognitif yang tidak sama. Temuan ini sejalan dengan penelitian Lukum et al. (2019) yang mengkaji pengaruh model PS terhadap kepercayaan diri dan hasil belajar siswa, serta studi oleh Azzahra & Alberida, (2020) yang menunjukkan dampak positif model PS terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi dan aktivitas belajar siswa.

Model pembelajaran yang berfokus pada pemecahan masalah dan mendorong pemikiran kritis dianggap lebih efektif untuk meningkatkan kemampuan siswa. Selaras dengan temuan Sani et al., (2020) Model seperti PS dan PBL terbukti menunjukkan efek positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Lebih lanjut Meilasari et al. (2020) bahwa teori pembelajaran berbasis pemecahan masalah ini sering diintegrasikan dalam kegiatan diskusi untuk merangsang kemampuan analitis siswa. Namun, dalam proses belajar, tidak sedikit siswa yang menghadapi berbagai hambatan yang mengakibatkan kesulitan belajar. Kesulitan ini dapat menghambat pencapaian tujuan pembelajaran, sehingga guru perlu menerapkan strategi yang efektif, seperti pemberian penghargaan atau insentif tambahan untuk memotivasi siswa mengatasi tantangan belajar mereka.

Untuk dapat menyelesaikan permasalahan fisika dengan baik, siswa harus memahami konsep dasar fisika secara menyeluruh dan mampu mengaplikasikan penalaran logis serta berpikir kritis. Kurangnya usaha dan konsentrasi dalam belajar sering menjadi faktor penyebab utama kesulitan siswa selama menguasai konsep fisika. Kondisi ini berefek pada menurunnya efektivitas aktivitas belajar. Maka dari itu, tujuan utama selama pembelajaran fisika tidak hanya menekankan pada pemahaman konsep semata, melainkan juga pada pengembangan kemampuan berpikir kritis. Kemampuan ini mencakup kecakapan dalam menganalisis, mengevaluasi, dan membuat keputusan rasional untuk memecahkan berbagai permasalahan secara efektif.

Sistem pembelajaran merupakan komponen vital dalam dunia pendidikan yang perlu terus

disempurnakan dan dikembangkan agar mampu menghadapi tantangan masa depan. Prinsip-prinsip pembelajaran yang berorientasi ke depan menekankan pentingnya peran aktif siswa, bukan sekedar sebagai objek, namun juga sebagai subjek dalam proses belajar. Dalam konteks ini, pendidik memiliki peran untuk mewujudkan lingkungan belajar yang mendorong siswa berpikir kreatif dan mengembangkan potensi intelektual mereka secara optimal. Selain itu, menurut Rahmawati (2013) pendidik juga berperan dalam mengelola proses pembelajaran secara menyeluruh, mulai dari perencanaan, pengaturan, pengarahan, hingga evaluasi aktivitas belajar.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, ditemukan bahwa model PS memberikan hasil belajar yang lebih efektif dibandingkan dengan model PBL. Temuan ini selaras dengan studi yang dilakukan oleh Riska Listiani, Ara Hidayat, dan Meti Maspupah, yang menunjukkan bahwa hasil uji t dengan taraf signifikansi 5% menghasilkan nilai thitung sebesar 15,52, lebih tinggi dari ttabel sebesar 1,99. Hasil ini mengindikasikan bahwa hipotesis nol ditolak, sedangkan hipotesis alternatif diterima, yang berarti model pemecahan masalah lebih efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa (Kassim et al., 2018). Penelitian lain oleh Sijabat et al. (2016) juga menunjukkan bahwa pemahaman konsep fisika dan hasil belajar siswa dapat dimaksimalkan melalui penggunaan model PS. Selain itu, studi yang dilakukan oleh Ririn et al. (2021) menunjukkan adanya perbaikan kemampuan berpikir kritis matematis pada siswa yang menggunakan model pembelajaran ini, dengan rata-rata kemandirian belajar sebesar 62,3% pada kelas eksperimen dibandingkan dengan 44,7% di kelas kontrol. Temuan-temuan ini menegaskan bahwa pendekatan pembelajaran yang mendorong pemecahan masalah secara aktif dapat memberikan dampak positif terhadap perkembangan kognitif dan kemandirian belajar siswa. Berbeda dengan temuan Solissa et al., (2024) mengungkapkan bahwa model PBL lebih efektif daripada model PS dalam meningkatkan ketercapaian belajar siswa.

## PENUTUP

Berdasarkan deskripsi kajian dan analisis data yang dilakukan, dapat dikatakan bahwa: Hasil belajar siswa pada domain kognitif menunjukkan perbedaan signifikan ketika kedua model digunakan, di mana model PS cenderung menghasilkan hasil belajar yang lebih unggul daripada PBL.

Berdasarkan temuan penelitian ini, peneliti membuat beberapa rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, seperti berikut: (1) Model PBL dan model PS diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif model pembelajaran fisika untuk membantu siswa menguasai materi pelajaran secara lebih optimal, mengasah kemampuan komunikasi kelompok, serta meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis mereka. (2) Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi efektivitas kedua model ini dalam konteks materi pelajaran yang berbeda serta melibatkan variabel tambahan seperti motivasi belajar dan kreativitas siswa untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhiruddin, Sujarwo, Atmowardoyo, & H, N. (2019). *Belajar dan Pembelajaran*.  
 Alberida, H., & Barlian, E. (2018). Problem solving model for science learning. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1), 012084.  
 Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach* (9th ed.). McGraw-Hill.  
 Ariyanto, M., Kristin, F., & Anugraheni, I. (2018). Penerapan model pembelajaran problem solving untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa. *Jurnal Guru Kita*, 2(3), 106–115.  
 Asfar, A. M. I. T., & Nur, S. (2018). *Model pembelajaran problem posing & solving: meningkatkan kemampuan pemecahan masalah*. CV Jejak (Jejak Publisher).  
 Azzahra, W., & Alberida, H. (2020). The Effect of Problem Solving Model Towards Higher Order Thinking Skills and Students Learning Activities. *Bioeducation Journal*, 4(1), 20–28.  
 Bouchée, T., de Putter-Smits, L., Thurlings, M., & Pepin, B. (2022). Towards a better understanding of



- conceptual difficulties in introductory quantum physics courses. *Studies in Science Education*, 58(2), 183–202.
- Falloon, G. (2019). Using simulations to teach young students science concepts: An Experiential Learning theoretical analysis. *Computers & Education*, 135, 138–159.
- Janah, A. F., Yulianti, D., & Purnomo, H. (2023). Penerapan Model Problem Based Learning dengan Strategi TaRL untuk Meningkatkan Keterampilan Berkomunikasi Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 8(3), 158–164.
- Karniadakis, G. E., Kevrekidis, I. G., Lu, L., Perdikaris, P., Wang, S., & Yang, L. (2021). Physics-informed machine learning. *Nature Reviews Physics*, 3(6), 422–440.
- Kassim, J. M., Mohamed, H., Fadzilah, S., & Nor, M. (2018). Model Pembelajaran PS dan PBL. 7(1).
- Kotsis, K. T. (2024). Physics Education in EU High Schools: Knowledge, Curriculum, and Student Understanding. *European Journal of Contemporary Education and E-Learning*, 2(4), 28–38.
- Lukum, A., Mohamad, E., Tamalu, M. S., Sukanto, K., & Paramata, Y. (2019). Effect of problem solving learning models on self-confidence and student learning outcomes on topics of reduction-oxidation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012152>
- Mariati, P. S., Betty, M. T., & Sehat, S. (2017). The problem solving learning model by using video recording on experiments of kinematics and dynamics to improve the students cognition and metacognition. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 13(1), 25–32.
- Meilasari, S., Damris M, D. M., & Yelianti, U. (2020). Kajian Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) dalam Pembelajaran di Sekolah. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 3(2), 195–207. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v3i2.1849>
- Navos, D. B., Ordoña, M. B., Llorente, J. M., & Camarao, M. K. G. (2024). Teachers Difficulty and Coping Strategies in Physics. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 5(4), 1384–1389.
- Parwati, N. N., Sudiarta, I., Mariawan, I., & Widiana, I. W. (2018). Local wisdom-oriented problem-solving learning model to improve mathematical problem-solving ability. *JOTSE: Journal of Technology and Science Education*, 8(4), 310–320.
- Putri, R. K., & Roichan, D. I. P. (2021). Pengaruh model pembelajaran problem based learning terhadap kemampuan pemecahan masalah matematika Siswa Kelas XI SMA Negeri 15 surabaya. *AKSIOMA: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.26877/aks.v12i1.7272>
- Qomariyah, S. N. (2019). Effect of problem based learning learning model to improve student learning outcomes. *International Journal of Educational Research Review*, 4(2), 217–222.
- Rahmawati, B. F. (2013). Meningkatkan motivasi belajar dan kemampuan berpikir kritis mahasiswa melalui model pembelajaran berbasis masalah. *Educatio*, 8(2), 17–27.
- Ririn, R., Budiman, H., & Muhammad, G. M. (2021). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis dan Kemandirian Belajar Siswa melalui Model Pembelajaran Problem Solving. *Mathema: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.33365/jm.v3i1.772>
- Safitri, R., Hadi, S., & Widiasih, W. (2023). The Effect of the Problem Based Learning Model on the Students Motivation and Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7310–7316.
- Sampini, S., Mustaji, M., & Harwanto, H. (2021). Problem based learning dan Problem solving Berpengaruh Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *Mimbar Ilmu*, 26(1), 79. <https://doi.org/10.23887/mi.v26i1.31501>
- Sani, I. N., Bahar, A., & Elvinawati, E. (2020). Perbandingan Model Pembelajaran Problem Solving Dan Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas Xi Mia Man 2 Kota Bengkulu. *Alotrop*, 4(2), 107–116. <https://doi.org/10.33369/atp.v4i2.13834>
- Sijabat, A., Solving, P., Pemahaman, D., Terhadap, K., Belajar, H., Siswa, F., Fisika, J. P., Sijabat, A., Solving, P., Konsep, P., Belajar, H., Siswa, F., & Sijabat, A. (2016). *Effect of Problem Solving Learning Model and Understanding the Concept of Physics Student*. 87–91.
- Solissa, J., Blegur, J., & Tlonaen, Z. A. (2024). Problem-based learning and problem solving model: which is more effective in improving student learning achievement? *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 60, 816–822.
- Toll, C. A. (2017). A problem-solving model for literacy coaching practice. *The Reading Teacher*, 70(4), 413–421.
- Wijnia, L., Loyens, S. M. M., & Rikers, R. M. J. P. (2019). The problem-based learning process: An overview of different models. *The Wiley Handbook of Problem-based Learning*, 273–295.