

PENINGKATAN HASIL BELAJAR SISWA MELALUI IMPLEMENTASI PROBLEM-BASED LEARNING (PBL) PADA KONSEP GELOMBANG SUARA

Himawan Putranta^{1*}

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, Yogyakarta 55281, Indonesia

*Corresponding Author: himawan.putranta@uin-suka.ac.id

DOI: 10.24929/lensa.v16i2.1048

Received: 22 April 2026

Revised: 16 Agustus 2026

Accepted: 09 September 2026

ABSTRAK

Peningkatan hasil belajar siswa melalui implementasi *problem-based learning* (PBL) pada konsep gelombang suara. Model pembelajaran yang menarik dapat memudahkan siswa memahami materi gelombang suara serta membantu meningkatkan hasil belajar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa melalui penerapan model Problem-Based Learning (PBL) pada materi gelombang suara. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimental one-group pretest-posttest. Subjek penelitian terdiri atas 20 siswa yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Data dikumpulkan melalui tes hasil belajar yang diberikan sebelum dan sesudah penerapan model PBL. Data dianalisis menggunakan N-Gain dan uji t berpasangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai pretest sebesar 58,25 meningkat menjadi 95,00 pada posttest. Nilai N-Gain sebesar 0,88 atau 88,10% termasuk dalam kategori tinggi dan menunjukkan efektivitas peningkatan hasil belajar. Hasil uji t berpasangan menunjukkan nilai t_{hitung} sebesar 8,435 dengan derajat kebebasan 19. Nilai tersebut lebih besar daripada t_{tabel} sebesar 2,093 pada taraf signifikansi 5%, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan PBL. Dengan demikian, penerapan model PBL secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa pada materi gelombang suara, sekaligus menunjukkan efektivitasnya dalam membantu siswa memahami konsep yang dipelajari.

Kata kunci: Model pembelajaran, hasil pembelajaran fisika, pembelajaran berbasis masalah, gelombang suara

ABSTRACT

Enhancing student learning outcomes via Problem-Based Learning (PBL) in Sound Wave Concepts. An engaging learning model can facilitate students' understanding of sound waves and improve learning outcomes. This study aimed to determine the improvement in student learning outcomes through the implementation of the Problem-Based Learning (PBL) model regarding the subject of sound waves. The study employed a quantitative approach with a quasi-experimental, one-group pretest-posttest design. The research subjects consisted of 20 students selected using purposive sampling. Data were collected via learning outcome tests administered before and after the implementation of the PBL model and were analysed using N-Gain and paired t-tests. The results showed that the average pretest score of 58.25 increased to 95.00 on the posttest. The N-Gain score of 0.88 (88.10%) fell into the high category, indicating the model's effectiveness in improving learning outcomes. The paired t-test yielded a calculated t-value of 8.435 with 19 degrees of freedom. This value exceeded the t-table value of 2.093 at a 5% significance level, indicating a significant difference in student learning outcomes before and after the implementation of PBL. Thus, the implementation of the PBL model significantly improved student learning outcomes regarding sound waves and demonstrated its effectiveness in helping students understand the concepts being studied.

Keywords: *Learning models, physics learning outcomes, problem-based learning, sound waves*

PENDAHULUAN

Hasil belajar merupakan salah satu indikator penting untuk mengevaluasi keberhasilan proses pembelajaran karena mencerminkan tingkat penguasaan pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang diperoleh siswa setelah mengikuti kegiatan pembelajaran. Hasil belajar dapat diukur dan dinilai melalui berbagai bentuk asesmen, kemudian dinyatakan dalam bentuk skor, nilai, atau kategori tertentu yang menggambarkan tingkat pencapaian kompetensi siswa (Adijaya, dkk, 2023). Chusni, dkk, 2021, menjelaskan bahwa hasil belajar menunjukkan tingkat keberhasilan siswa dalam memahami materi pembelajaran yang dapat diketahui melalui hasil tes atau evaluasi. Dengan demikian, hasil belajar tidak hanya berfungsi sebagai ukuran pencapaian akademik siswa, tetapi juga memberikan informasi bagi guru mengenai tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang telah diajarkan serta perubahan kemampuan siswa sebelum dan sesudah pembelajaran (Hardiansyah & Mulyadi, 2022; Candrasa & Cen, 2023). Oleh karena itu, peningkatan hasil belajar menjadi salah satu tujuan penting dalam penyelenggaraan pembelajaran di sekolah. Pencapaian hasil belajar dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang berasal dari dalam diri siswa maupun dari lingkungan pembelajaran. Faktor internal mencakup kondisi fisiologis dan psikologis, seperti kecerdasan, minat, motivasi, sikap, bakat, dan karakteristik kepribadian, sedangkan faktor eksternal meliputi keluarga, sekolah, lingkungan sosial, dan kondisi pembelajaran (Burke, dkk, 2024). Salah satu faktor eksternal yang secara langsung dapat dikendalikan dalam proses pembelajaran adalah model pembelajaran yang digunakan oleh guru (Rusli, dkk, 2023).

Pemilihan model pembelajaran perlu mempertimbangkan karakteristik materi, tujuan pembelajaran, karakteristik siswa, serta pengalaman belajar yang ingin dikembangkan. Model pembelajaran pada dasarnya merupakan pola atau kerangka sistematis yang digunakan untuk mengorganisasi tahapan pembelajaran, interaksi siswa, lingkungan belajar, dan pengelolaan kelas (Rahmah & Lubis, 2024; Nyirahagenimana, dkk, 2022). Dengan demikian, penggunaan model pembelajaran yang sesuai menjadi salah satu strategi penting untuk menciptakan pengalaman belajar yang memungkinkan siswa membangun pemahaman secara aktif. Salah satu model yang berpotensi meningkatkan hasil belajar adalah Problem-Based Learning (PBL). PBL merupakan model pembelajaran yang menempatkan masalah sebagai titik awal pembelajaran dan mendorong siswa untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan informasi, melakukan penyelidikan, berdiskusi, serta merumuskan solusi berdasarkan konsep yang telah dipelajari (Suradika, dkk, 2023). Melalui proses tersebut, siswa tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi juga terlibat secara aktif dalam mengonstruksi pengetahuan serta mengembangkan keterampilan pemecahan masalah (Dita, dkk, 2021). PBL juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan konsep akademik dengan situasi yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Karakteristik tersebut menjadikan PBL relevan untuk pembelajaran fisika yang menuntut siswa memahami konsep sekaligus menggunakannya untuk menjelaskan berbagai fenomena alam.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa PBL dapat memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa. Lestari dan Widayati, 2022, misalnya, melaporkan peningkatan rata-rata hasil belajar siswa dari 57,14 sebelum penerapan pembelajaran berbasis masalah menjadi 79,09 setelah penerapan PBL. Hugerat, dkk, 2021, juga menunjukkan bahwa penerapan PBL, bersama dengan model Jigsaw, dapat meningkatkan hasil belajar siswa dalam pembelajaran sains. Temuan tersebut menunjukkan bahwa PBL berpotensi meningkatkan pencapaian akademik siswa. Namun, hasil penelitian terdahulu belum dapat secara langsung digeneralisasikan ke seluruh konteks pembelajaran karena efektivitas suatu model pembelajaran dapat dipengaruhi oleh karakteristik materi, karakteristik siswa, kondisi sekolah, serta praktik pembelajaran yang berlangsung. Dengan demikian, masih diperlukan penelitian yang menguji efektivitas PBL pada materi fisika tertentu dan dalam konteks pembelajaran sekolah yang spesifik. Kebutuhan tersebut menjadi semakin penting dalam materi gelombang suara. Gelombang suara merupakan salah satu konsep fundamental dalam fisika yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa, tetapi sejumlah penelitian menunjukkan bahwa konsep ini masih menimbulkan kesulitan dalam pemahamannya. Siswa dapat mengalami kesulitan dalam memahami konsep perambatan gelombang, frekuensi, amplitudo, dan superposisi karena karakteristiknya yang tidak selalu dapat diamati secara langsung (Rizzo, 2023; Olaniyan, 2022).

Kondisi tersebut dapat menyebabkan siswa cenderung menghafal hubungan matematis tanpa memahami makna fisis dari konsep yang dipelajari.

Pendekatan pembelajaran yang terlalu berorientasi pada penyampaian informasi secara deduktif juga berpotensi membatasi kesempatan siswa untuk mengonstruksi pengetahuan berdasarkan pengalaman dan fenomena nyata. Sebaliknya, pembelajaran yang memberikan pengalaman investigatif dan kontekstual dapat membantu siswa membangun pemahaman konseptual dan keterampilan ilmiah secara lebih bermakna (AlJurdi & Salloum, 2025). Kondisi tersebut juga perlu dilihat dalam konteks pembelajaran di sekolah tempat penelitian dilakukan. Berdasarkan observasi awal dan wawancara dengan guru di Yogyakarta, pembelajaran fisika pada materi gelombang suara selama ini masih didominasi oleh model pembelajaran, misalnya *direct instruction*/ceramah dan diskusi, dengan aktivitas pembelajaran yang lebih banyak berpusat pada penjelasan guru, contoh soal, dan latihan soal. Kondisi tersebut menyebabkan kesempatan siswa untuk mengidentifikasi permasalahan, melakukan penyelidikan, mendiskusikan fenomena, dan menghubungkan konsep gelombang suara dengan kehidupan sehari-hari masih terbatas. Selain itu, hasil evaluasi awal pada materi gelombang suara menunjukkan bahwa rata-rata hasil belajar siswa sebesar 50. Dari 45 siswa, hanya 30% yang mencapai kriteria ketuntasan yang ditetapkan oleh sekolah. Temuan awal tersebut menunjukkan bahwa terdapat permasalahan nyata dalam pencapaian hasil belajar pada materi gelombang suara di sekolah penelitian. Oleh karena itu, diperlukan alternatif model pembelajaran yang dapat meningkatkan keterlibatan siswa sekaligus memberikan kesempatan kepada mereka untuk membangun pemahaman konseptual melalui pemecahan masalah.

Dalam konteks tersebut, PBL memiliki karakteristik yang relevan untuk mengatasi permasalahan dalam pembelajaran gelombang suara. PBL memulai proses pembelajaran dengan permasalahan autentik yang dapat mendorong siswa untuk melakukan investigasi, berdiskusi, mengevaluasi informasi, dan menyusun solusi (Purwandari, 2023). Proses tersebut memungkinkan siswa menghubungkan konsep gelombang suara dengan fenomena yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, PBL dapat mendorong keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah yang diperlukan dalam pembelajaran fisika abad ke-21 (Wardani & Fiorintina, 2023). Penelitian Wijnia, dkk, 2024, juga menunjukkan bahwa PBL dapat meningkatkan keterlibatan siswa, pemahaman konseptual, dan motivasi dalam pembelajaran sains. Meskipun demikian, efektivitas PBL tidak hanya ditentukan oleh karakteristik model itu sendiri, tetapi juga oleh kesesuaian masalah dengan materi, desain aktivitas pembelajaran, kesiapan guru, serta karakteristik siswa.

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, masih terdapat celah penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut. Pertama, penelitian sebelumnya telah banyak membuktikan bahwa PBL dapat meningkatkan hasil belajar secara umum, tetapi bukti empiris mengenai penerapan PBL secara khusus pada materi gelombang suara dalam konteks sekolah tempat penelitian ini masih terbatas. Kedua, penelitian terdahulu belum secara memadai menghubungkan efektivitas PBL dengan kondisi awal hasil belajar siswa serta model pembelajaran yang selama ini digunakan di sekolah penelitian. Padahal, informasi mengenai kondisi awal tersebut penting untuk menentukan apakah peningkatan hasil belajar setelah penerapan PBL benar-benar menunjukkan perubahan dibandingkan dengan kondisi pembelajaran sebelumnya. Ketiga, karakteristik gelombang suara yang melibatkan konsep-konsep abstrak dan fenomena yang tidak selalu dapat diamati secara langsung membutuhkan pendekatan pembelajaran yang memungkinkan siswa belajar melalui pemecahan masalah dan pengalaman kontekstual. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menguji peningkatan hasil belajar siswa melalui penerapan *Problem-Based Learning* pada materi gelombang suara. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah penerapan model *Problem-Based Learning* pada materi gelombang suara. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai efektivitas PBL dalam meningkatkan hasil belajar fisika, sekaligus menjadi alternatif model pembelajaran yang lebih berpusat pada siswa untuk mengatasi kesulitan belajar pada materi gelombang suara.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menguji peningkatan hasil belajar siswa setelah penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) pada materi gelombang

suara. Berdasarkan jenisnya, penelitian ini merupakan penelitian pra-eksperimen (*pre-experimental research*) dengan desain one-group pretest-posttest. Desain ini digunakan karena penelitian hanya melibatkan satu kelompok siswa tanpa kelompok kontrol atau kelompok pembanding (Cai, dkk, 2021; Banda & Nzabahimana, 2023). Pelaksanaan penelitian terdiri atas tiga tahap, yaitu pretest, pemberian perlakuan, dan posttest. Pada tahap awal, siswa diberikan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal sebelum pembelajaran. Selanjutnya, siswa memperoleh perlakuan berupa pembelajaran menggunakan model PBL pada materi gelombang suara. Setelah perlakuan selesai, siswa diberikan *posttest* untuk mengetahui perubahan hasil belajar setelah mengikuti pembelajaran. Perbedaan hasil *pretest* dan *posttest* selanjutnya dianalisis untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah penerapan PBL. Rancangan penelitian dapat digambarkan sebagai $O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$. Dengan O_1 sebagai *pretest* (tes awal). X sebagai perlakuan berupa pembelajaran menggunakan model PBL dan O_2 sebagai *posttest* (tes akhir). Karena desain ini tidak menggunakan kelompok kontrol, hasil penelitian diinterpretasikan sebagai perubahan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan PBL, bukan sebagai bukti bahwa PBL lebih unggul dibandingkan model pembelajaran lainnya.

Partisipan

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI program Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada salah satu Madrasah Aliyah Negeri (MAN) di Kabupaten Sleman yang mengikuti pembelajaran fisika pada semester genap tahun akademik 2024/2025. Sampel penelitian terdiri atas 20 siswa kelas XI IPA 2. Pemilihan sampel dilakukan menggunakan teknik purposive sampling, yaitu teknik pengambilan sampel nonprobabilitas berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian (Stratton, 2023). Pemilihan kelas XI IPA 2 didasarkan pada beberapa pertimbangan. Pertama, siswa di kelas tersebut telah memperoleh materi fisika yang relevan dengan kompetensi dasar atau tujuan pembelajaran pada materi gelombang suara. Kedua, kelas tersebut memiliki karakteristik pembelajaran yang sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memungkinkan penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) secara menyeluruh. Ketiga, berdasarkan pertimbangan guru mata pelajaran dan kondisi pembelajaran di sekolah, kelas XI IPA 2 dapat mengikuti seluruh rangkaian penelitian, mulai dari *pretest*, penerapan perlakuan, hingga *posttest*. Dengan demikian, pemilihan kelas dilakukan secara sengaja berdasarkan kesesuaian karakteristik sampel dengan tujuan dan prosedur penelitian, bukan melalui pengacakan. Sebanyak 20 siswa yang tergabung dalam kelas XI IPA 2 ditetapkan sebagai sampel penelitian dan mengikuti seluruh tahapan penelitian. Karena penelitian menggunakan desain *one-group pretest-posttest*, seluruh siswa dalam sampel memperoleh perlakuan berupa pembelajaran dengan model PBL. Penggunaan sampel tersebut dimaksudkan untuk memperoleh data mengenai perubahan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan PBL pada materi gelombang suara. Karakteristik sampel dan teknik pemilihannya juga perlu dipertimbangkan saat menginterpretasikan hasil penelitian, karena penggunaan satu kelas dengan teknik *purposive sampling* membatasi generalisasi hasil penelitian terhadap populasi yang lebih luas.

Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan tes, sedangkan instrumen penelitian yang digunakan adalah tes hasil belajar pada materi gelombang suara. Instrumen tersebut digunakan untuk memperoleh data kuantitatif mengenai hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL). Instrumen tes terdiri atas 10 butir soal, yaitu 5 soal pilihan ganda (*multiple-choice questions*) dan 5 soal uraian (*essay questions*). Butir soal disusun berdasarkan indikator pembelajaran materi gelombang suara yang meliputi pemahaman konsep, karakteristik, klasifikasi, sifat-sifat gelombang suara, serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Instrumen yang sama digunakan dalam *pretest* dan *posttest* untuk mengukur perubahan hasil belajar siswa setelah penerapan PBL. Kisi-kisi instrumen tes disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kisi-kisi instrumen pretest dan posttest

Tujuan Pembelajaran	Sub Bab	Indikator Pertanyaan	Level Kognitif	Nomor	Jawaban
Siswa dapat menerapkan konsep dan prinsip gelombang suara dalam memecahkan masalah	Definisi dan jenis gelombang suara	Dengan diberikan beberapa pernyataan, dapat secara tepat menunjukkan arti dan jenis gelombang suara.	C1	1,2	D C
	Klasifikasi gelombang suara	Dapat mengidentifikasi frekuensi gelombang suara.	C1	3,4	A A
	Perambatan gelombang suara yang cepat	Menyajikan sebuah fenomena terkait perambatan suara, sehingga mampu memahami bagaimana suara merambat dalam zat padat.	C2	5	C
	Sifat-sifat gelombang suara	Bisakah Anda menyebutkan contoh-contoh pantulan suara?	C1	6	Berteriak di ruangan/gua kosong (Jawaban lain yang sesuai)
		Ketika seseorang diberikan definisi salah satu sifat gelombang suara, orang tersebut dapat menentukan sifatnya.	C3	7	Pencampuran (Interferensi)
	Aplikasi gelombang suara	Dapat menyebutkan contoh aplikasi (implementasi) gelombang suara.	C1	8	Ultrasonografi, homogenisasi susu, terapi ultrasonik, dll.
	Sumber Suara	Mampu memahami makna dari sumber suara.	C1	9	Sumber Suara
	Karakteristik gelombang suara	Dapat menetapkan kondisi agar suara dapat terdengar.	C3	10	Terdapat sumber suara, media, dan perangkat pendengaran.

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen tes terlebih dahulu diuji validitas dan reliabilitasnya. Validitas isi instrumen dinilai oleh tiga ahli di bidang pendidikan fisika dan evaluasi pembelajaran. Penilaian mencakup kesesuaian butir soal dengan indikator pembelajaran, ketepatan konsep, konstruksi soal, kejelasan bahasa, serta kesesuaian materi. Hasil analisis validitas isi menggunakan Aiken's V menunjukkan nilai sebesar 0,90 yang berada di atas batas penerimaan yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan demikian, butir instrumen dinyatakan memiliki validitas isi yang baik dan layak digunakan untuk mengukur hasil belajar siswa. Selanjutnya, instrumen diujicobakan pada 20 siswa yang memiliki karakteristik serupa dengan sampel penelitian. Hasil uji validitas butir menunjukkan bahwa seluruh 10 butir soal memenuhi kriteria validitas berdasarkan nilai koefisien korelasi yang diperoleh. Dengan demikian, tidak terdapat butir soal yang harus dieliminasi dari instrumen penelitian. Uji reliabilitas menunjukkan koefisien Cronbach's Alpha sebesar 0,86, yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki reliabilitas yang tinggi. Berdasarkan hasil uji validitas dan reliabilitas tersebut, instrumen dinyatakan valid dan reliabel sehingga layak digunakan untuk pengumpulan data penelitian. Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap. Pertama, *pretest* diberikan sebelum penerapan model PBL untuk mengetahui kemampuan awal siswa pada materi gelombang suara. Kedua, *posttest* diberikan setelah seluruh rangkaian pembelajaran menggunakan PBL selesai untuk mengetahui hasil belajar siswa setelah perlakuan. Skor *pretest* dan *posttest* selanjutnya dianalisis untuk mengetahui peningkatan hasil belajar siswa setelah penerapan model PBL.

Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data terdiri atas pretest, proses pembelajaran, dan posttest. Pretest adalah tes untuk mengukur kemampuan awal siswa sebelum berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran. Tujuan pretest adalah untuk memperoleh data tentang kondisi awal subjek sebelum mereka mengalami perlakuan (proses pembelajaran) yang akan dievaluasi dalam penelitian. Setelah melakukan kegiatan pretest dan menentukan hasil belajar serta kemampuan awal siswa, langkah selanjutnya adalah proses pembelajaran. Peneliti menggunakan pembelajaran berbasis masalah (PBL) atau model pembelajaran berbasis soal dalam proses pembelajaran ini. Materi yang dipelajari adalah gelombang suara, termasuk pemahaman, karakteristik, klasifikasi, sifat, dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Dalam proses pembelajaran ini, siswa diberikan beberapa masalah untuk diselesaikan. Langkah terakhir adalah posttest yang diberikan setelah siswa berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran. Posttest ini dilakukan untuk menentukan hasil belajar siswa setelah menerapkan model pembelajaran berbasis masalah (PBL) pada materi gelombang suara.

Teknik Analisis Data

Data penelitian dianalisis secara bertahap untuk mengetahui perubahan dan peningkatan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL). Analisis data dilakukan melalui dua tahap utama, yaitu uji perbedaan hasil belajar menggunakan uji t berpasangan dan perhitungan N-Gain untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar. Urutan analisis tersebut digunakan agar terlebih dahulu dapat diketahui apakah perubahan skor *pretest* dan *posttest* secara statistik signifikan, kemudian dilanjutkan dengan menentukan besarnya peningkatan hasil belajar.

Uji-t Berpasangan

Uji t berpasangan (*paired-samples t-test*) digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata skor *pretest* dan *posttest* pada siswa yang sama. Uji ini sesuai dengan desain *one-group pretest-posttest* karena pengukuran dilakukan pada kelompok yang sama sebelum dan sesudah perlakuan diberikan. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS dengan taraf signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0,05$). Hipotesis penelitian dirumuskan sebagai berikut:

- H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan model PBL.
- H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan model PBL.

Keputusan pengujian didasarkan pada nilai *Sig. (2-tailed)*. Jika nilai signifikansi $p < 0,05$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan skor *posttest*. Sebaliknya, jika $p \geq 0,05$, maka H_0 gagal ditolak, yang menunjukkan bahwa perbedaan antara kedua pengukuran tidak signifikan secara statistik.

Analisis N-Gain

Setelah dilakukan uji t untuk mengetahui signifikansi perbedaan hasil belajar, analisis dilanjutkan dengan menghitung N-Gain (*normalized gain*) untuk mengetahui besarnya peningkatan hasil belajar siswa dari *pretest* ke *posttest*. N-Gain digunakan karena mempertimbangkan skor awal siswa dan skor maksimum yang dapat dicapai, sehingga dapat memberikan gambaran tentang tingkat peningkatan hasil belajar setelah penerapan PBL. Nilai N-Gain dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$N_{gain} = \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretest}}$$

Skor N-gain dapat dikategorikan berdasarkan nilai N-gain atau kategori interpretasi efektivitas N-Gain dalam persentase, seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai N-gain dan kategori interpretasi dari N-effectiveness gain

Kriteria	Skor N-gain	Kategori
Nilai N-Gain	$g > 0.7$	Tinggi
	$0.3 \leq g \leq 0.7$	Menengah
	$g < 0.3$	Rendah
Peningkatan Efektivitas Gain	Persentase (%)	Interpretasi
	< 40	Tidak Efektif
	40-55	Kurang Efektif
	56-75	Cukup Efektif
	> 76	Efektif

Berdasarkan kedua analisis tersebut, uji t digunakan untuk menentukan apakah perubahan hasil belajar antara sebelum dan sesudah pembelajaran signifikan secara statistik, sedangkan N-Gain digunakan untuk menentukan besarnya peningkatan hasil belajar setelah penerapan model PBL. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil analisis data kuantitatif, terdapat peningkatan capaian hasil belajar siswa dari *pretest* ke *posttest*. Peningkatan tersebut terlihat dari perubahan skor yang diperoleh siswa setelah mengikuti pembelajaran materi gelombang suara. Secara deskriptif, peningkatan skor menunjukkan adanya perubahan positif dalam capaian pemahaman siswa setelah pembelajaran. Temuan ini memberikan gambaran awal mengenai perubahan hasil belajar setelah penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL), yang selanjutnya perlu dikonfirmasi melalui analisis statistik inferensial untuk menentukan apakah perbedaan antara skor *pretest* dan *posttest* signifikan secara statistik. Distribusi skor masing-masing siswa, termasuk skor *pretest*, skor *posttest*, dan nilai N-Gain, disajikan pada Tabel 3. Data tersebut menjadi dasar untuk menganalisis perubahan hasil belajar siswa secara lebih terukur serta menentukan besarnya peningkatan setelah proses pembelajaran.

Tabel 3. Pencapaian peningkatan hasil belajar siswa

Inisial Siswa	Skor Pretest	Skor Posttest	Skor N Gain	Skor N Gain (100%)
ATF	35	100	1.00	100.00
AA	90	100	1.00	100.00
ADHC	85	100	1.00	100.00
AAR	75	90	0.60	60.00
CAP	80	100	1.00	100.00
FF	55	80	0.56	55.56
GTP	90	100	1.00	100.00
HQA	60	90	0.75	75.00
BOWL	50	90	0.80	80.00
LACN	70	95	0.83	83.33
LB	45	90	0.82	81.82
MYFH	40	100	1.00	100.00
MARTA	15	100	1.00	100.00
MIY	60	100	1.00	100.00
NSAH	60	100	1.00	100.00
QRU	55	90	0.78	77.78
RHS	50	100	1.00	100.00
SYDU	45	90	0.82	81.82
WH	55	85	0.67	66.67
ZCM	50	100	1.00	100.00
Rerata	58.25	95	0.88	88.10

Sebelum dilakukan analisis statistik parametrik, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk karena jumlah partisipan dalam penelitian ini kurang dari 50 siswa. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa nilai signifikansi *pretest* sebesar 0,087 dan *posttest* sebesar 0,126. Kedua nilai tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga tidak terdapat bukti yang cukup

untuk menyatakan bahwa data menyimpang dari distribusi normal. Dengan demikian, data *pretest* dan *posttest* memenuhi asumsi normalitas untuk analisis parametrik. Selanjutnya, uji homogenitas dilakukan menggunakan Levene's Test dan menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,318, yang lebih besar dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan pada data yang dianalisis, sehingga data dapat dinyatakan homogen berdasarkan kriteria pengujian yang digunakan. Dengan terpenuhinya asumsi tersebut, analisis dilanjutkan menggunakan uji t berpasangan (*paired-samples t-test*) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL). Hasil analisis statistik deskriptif menunjukkan bahwa rata-rata skor *pretest* siswa adalah 58,25, sedangkan rata-rata skor *posttest* meningkat menjadi 95,00. Dengan demikian, terdapat peningkatan rata-rata skor sebesar 36,75 poin setelah siswa mengikuti pembelajaran menggunakan PBL. Peningkatan tersebut menunjukkan adanya perubahan positif pada hasil belajar siswa dari kondisi awal menuju kondisi setelah pembelajaran.

Secara deskriptif, skor *posttest* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa setelah mengikuti rangkaian pembelajaran, sebagian besar siswa mampu memperoleh hasil tes yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum pembelajaran. Perubahan ini memberikan gambaran awal mengenai adanya peningkatan hasil belajar, tetapi belum dapat digunakan untuk menentukan apakah peningkatan tersebut signifikan secara statistik. Oleh karena itu, pengujian lebih lanjut dilakukan menggunakan uji t berpasangan. Hasil perhitungan N-Gain menunjukkan nilai sebesar 0,88 atau 88,10% yang termasuk dalam kategori tinggi. Nilai tersebut menunjukkan bahwa peningkatan skor siswa relatif besar jika dibandingkan dengan peluang peningkatan yang masih tersedia dari skor awal. Dengan kata lain, pembelajaran yang diberikan menghasilkan perubahan capaian yang cukup besar dari kondisi *pretest* menuju *posttest*. Berdasarkan kriteria persentase N-Gain yang digunakan dalam penelitian ini, nilai 88,10% juga termasuk dalam kategori efektif. Namun, kategori tersebut menunjukkan besarnya peningkatan berdasarkan perhitungan N-Gain dan tidak digunakan untuk menentukan signifikansi statistik. Signifikansi perbedaan antara skor *pretest* dan *posttest* ditentukan berdasarkan hasil uji t berpasangan. Selanjutnya, analisis inferensial dilakukan menggunakan uji t berpasangan untuk menguji apakah perbedaan rata-rata skor *pretest* dan *posttest* yang telah diamati secara deskriptif merupakan perbedaan yang signifikan secara statistik. Uji ini membandingkan dua pengukuran yang berasal dari siswa yang sama, sehingga perubahan skor setiap siswa dapat diperhitungkan secara langsung. Hasil analisis uji t yang diproses menggunakan SPSS disajikan pada Tabel 4. Dengan demikian, rangkaian analisis dalam penelitian ini memberikan dua informasi yang saling melengkapi, yaitu uji t untuk menentukan signifikansi perbedaan hasil belajar dan N-Gain untuk menggambarkan besarnya peningkatan hasil belajar setelah penerapan PBL.

Tabel 4. Hasil analisis uji-t sampel berpasangan

Paired Differences					
95% Confidence Interval of the Difference					
Mean		Std. Dev	Std. Error Mean	T	df Sig. (2-tailed)
Pre-test & Post-test	36.75	19.49	4.36	-8.44	19 .00

Tabel 4 menyajikan hasil uji t sampel berpasangan yang menunjukkan adanya perbedaan rata-rata sebesar 36,75 poin antara skor *pretest* dan *posttest*, dengan simpangan baku sebesar 19,49. Rata-rata skor *posttest* yang lebih tinggi daripada *pretest* menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar setelah pembelajaran. Nilai *t* sebesar -8,44 dengan derajat kebebasan (*df*) sebesar 19 menunjukkan bahwa perbedaan antara kedua pengukuran relatif besar dibandingkan dengan variasi skor perbedaan antarsiswa. Tanda negatif pada nilai *t* disebabkan oleh arah penghitungan selisih, yaitu *pretest-posttest*, sehingga tidak menunjukkan bahwa hasil belajar mengalami penurunan. Selanjutnya, nilai signifikansi yang diperoleh adalah $p < 0,001$. Nilai tersebut lebih kecil daripada taraf signifikansi yang ditetapkan, yaitu $\alpha = 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran berbasis masalah (PBL). Perbedaan rata-rata sebesar 36,75 poin menunjukkan bahwa, secara deskriptif, peningkatan hasil belajar juga cukup besar, tidak hanya signifikan secara statistik. Hasil ini menunjukkan bahwa setelah mengikuti pembelajaran, kemampuan siswa dalam menjawab tes materi gelombang suara mengalami perubahan positif dibandingkan dengan kondisi sebelum

pembelajaran. Dengan demikian, hasil uji t memberikan bukti inferensial bahwa skor *pretest* dan *posttest* berbeda secara signifikan. Namun, temuan ini perlu diinterpretasikan sesuai dengan desain penelitian yang digunakan. Karena penelitian ini menggunakan satu kelompok tanpa kelompok kontrol, hasil uji t tidak dapat digunakan untuk menyatakan secara definitif bahwa PBL merupakan satu-satunya penyebab peningkatan hasil belajar atau bahwa PBL lebih efektif dibandingkan model pembelajaran lainnya. Hasil uji t dalam penelitian ini lebih tepat dimaknai sebagai bukti adanya perubahan hasil belajar yang signifikan setelah siswa mengikuti pembelajaran menggunakan PBL. Besarnya peningkatan selanjutnya diperjelas melalui analisis N-Gain untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar secara deskriptif.

Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan positif pada hasil belajar siswa setelah penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) pada materi gelombang suara. Rata-rata skor siswa meningkat dari 58,25 pada *pretest* menjadi 95,00 pada *posttest*, dengan selisih rata-rata sebesar 36,75 poin. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan PBL, siswa memperoleh skor hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi awal. Namun, karena penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelompok kontrol, temuan tersebut perlu diinterpretasikan dengan saksama. Peningkatan skor menunjukkan adanya perubahan hasil belajar setelah pembelajaran menggunakan PBL, tetapi belum dapat digunakan sebagai bukti definitif bahwa seluruh peningkatan tersebut semata-mata disebabkan oleh PBL. Faktor lain, seperti pengalaman belajar selama penelitian, pengetahuan awal siswa, proses adaptasi terhadap pembelajaran, atau faktor eksternal lainnya, masih mungkin berkontribusi terhadap perubahan hasil belajar. Untuk mengetahui apakah perubahan tersebut signifikan secara statistik, dilakukan uji t berpasangan pada skor *pretest* dan *posttest*. Hasil analisis menunjukkan nilai $t(19) = -8,44$ dengan $p < 0,001$. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil daripada taraf signifikansi 0,05, sehingga H_0 ditolak dan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan PBL. Tanda negatif pada nilai t disebabkan oleh arah perhitungan selisih *pretest-posttest* dan tidak menunjukkan bahwa hasil belajar mengalami penurunan. Dengan demikian, hasil uji t memberikan bukti inferensial bahwa perubahan skor antara pengukuran awal dan akhir bukan sekadar perbedaan yang tidak signifikan secara statistik.

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa PBL dapat mendukung peningkatan hasil belajar melalui aktivitas pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai pelaku aktif dalam proses pemecahan masalah (Fiteriani, dkk, 2021; Alwathoni, dkk, 2024). Meskipun demikian, hasil uji t dalam penelitian ini harus dipahami sebagai bukti adanya perbedaan hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran, bukan sebagai bukti komparatif bahwa PBL lebih efektif daripada model pembelajaran lainnya. Ketidadaan kelompok kontrol menyebabkan kemungkinan pengaruh faktor lain tidak dapat sepenuhnya dieliminasi. Oleh karena itu, hasil penelitian ini memberikan bukti empiris awal yang mendukung penerapan PBL pada materi gelombang suara, tetapi belum memungkinkan penarikan kesimpulan kausal yang kuat mengenai keunggulan PBL. Penelitian selanjutnya dengan kelompok kontrol atau desain eksperimen yang lebih kuat diperlukan untuk menguji efektivitas PBL secara lebih definitif. Setelah signifikansi perubahan hasil belajar diketahui melalui uji t , analisis dilanjutkan dengan menghitung N-Gain untuk menggambarkan besarnya peningkatan hasil belajar secara deskriptif. Hasil perhitungan menunjukkan nilai N-Gain sebesar 0,88 atau 88,10%. Nilai tersebut termasuk dalam kategori tinggi karena ($g > 0,70$), sedangkan berdasarkan persentase efektivitas N-Gain, nilai 88,10% termasuk dalam kategori efektif karena nilainya lebih besar dari 76%. Dengan demikian, N-Gain memberikan informasi mengenai besarnya peningkatan, sedangkan uji t memberikan informasi mengenai signifikansi perbedaan tersebut.

Pemisahan fungsi kedua analisis tersebut penting agar interpretasi hasil tidak menyamakan besarnya peningkatan dengan signifikansi statistik. Nilai N-Gain yang tinggi menunjukkan bahwa peningkatan skor relatif besar dibandingkan dengan peluang peningkatan yang masih tersedia dari skor awal, tetapi tidak dengan sendirinya membuktikan bahwa PBL menyebabkan peningkatan tersebut. Peningkatan hasil belajar tersebut dapat dipahami melalui karakteristik sintaks PBL yang diterapkan selama proses pembelajaran. Kontribusi PBL tidak hanya terletak pada penggunaan masalah sebagai bahan pembelajaran, tetapi juga pada rangkaian aktivitas yang mengarahkan siswa dari pengenalan masalah menuju penyelidikan,

penyusunan solusi, komunikasi hasil, dan refleksi. Pada tahap orientasi terhadap masalah, pembelajaran dimulai dengan permasalahan yang dekat dengan pengalaman siswa, seperti pertanyaan "Bagaimana suara dapat sampai ke telinga manusia?" dan "Apakah semua jenis suara dapat didengar oleh manusia?". Permasalahan tersebut berfungsi sebagai stimulus untuk mengidentifikasi pengetahuan awal, memunculkan rasa ingin tahu, dan mendorong siswa merumuskan pertanyaan yang perlu dijawab. Pendekatan ini relevan dengan karakteristik gelombang suara yang mencakup konsep-konsep abstrak seperti frekuensi, amplitudo, perambatan, dan sifat gelombang. Tahap selanjutnya adalah mengorganisasi siswa untuk belajar. Siswa diarahkan untuk mengidentifikasi informasi yang diperlukan, membagi tugas, dan bekerja secara kolaboratif dalam kelompok. Aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengemukakan gagasan awal, membandingkan pemahaman, serta mendiskusikan kemungkinan penjelasan atas permasalahan yang diberikan.

Interaksi antarsiswa dapat menciptakan proses penjelasan sebaya (*peer explanation*) ketika siswa mencoba menjelaskan konsep dengan bahasa yang lebih mudah dipahami oleh teman sekelompoknya. Proses ini penting dalam pembelajaran fisika karena siswa tidak hanya menerima penjelasan dari guru, tetapi juga membangun dan menguji pemahamannya melalui interaksi sosial. Pada tahap membimbing penyelidikan individu maupun kelompok, siswa mencari, memilih, dan menggunakan informasi yang relevan untuk menjawab permasalahan. Dalam pembelajaran gelombang suara, aktivitas tersebut dapat dilakukan melalui analisis buku teks, sumber digital, pengamatan fenomena, diskusi, serta sumber belajar lain yang relevan. Proses penyelidikan memungkinkan siswa menghubungkan konsep frekuensi, amplitudo, panjang gelombang, dan sifat suara dengan fenomena yang mereka temukan. Dengan demikian, konsep tidak hanya dipelajari dalam bentuk definisi atau persamaan, tetapi digunakan untuk menjelaskan permasalahan. Karakteristik ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa PBL dapat mendorong keterlibatan aktif, pemecahan masalah, dan pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam pembelajaran sains dan fisika (Fiteriani, dkk, 2021; Rahman, dkk, 2024). Tahap mengembangkan dan menyajikan hasil karya selanjutnya memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengorganisasi hasil penyelidikan serta mengomunikasikan solusi atau penjelasan yang diperoleh. Melalui presentasi dan diskusi, siswa dapat mempertahankan argumen, memperoleh umpan balik, serta membandingkan hasil pemikiran kelompoknya dengan kelompok lain.

Aktivitas tersebut membantu siswa mengembangkan kemampuan komunikasi ilmiah sekaligus memeriksa konsistensi antara konsep yang digunakan dan solusi yang dihasilkan. Dalam pembelajaran fisika, kemampuan menjelaskan fenomena berdasarkan konsep memiliki peran penting karena penguasaan materi tidak hanya ditunjukkan melalui kemampuan memperoleh jawaban, tetapi juga melalui kemampuan memberikan alasan ilmiah yang mendukung jawaban tersebut. Selanjutnya, tahap menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah memberikan kesempatan kepada siswa untuk merefleksikan proses berpikir dan hasil yang telah diperoleh. Siswa dapat meninjau kembali masalah awal, informasi yang digunakan, konsep yang diterapkan, serta kesesuaian solusi yang dihasilkan. Tahap refleksi tersebut berpotensi memperkuat kemampuan metakognitif karena siswa tidak hanya memikirkan apa yang dipelajari, tetapi juga bagaimana mereka memperoleh dan menggunakan pengetahuan tersebut. Dengan demikian, kelima tahapan PBL membentuk rangkaian pembelajaran yang mengintegrasikan masalah kontekstual, kolaborasi, penyelidikan, komunikasi, dan refleksi. Rangkaian tersebut memberikan penjelasan pedagogis tentang bagaimana PBL dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih aktif pada materi gelombang suara.

Keterlibatan siswa selama proses pembelajaran juga menjadi bagian penting dalam memahami temuan penelitian. Selama penerapan PBL, siswa menunjukkan keterlibatan dalam mengidentifikasi masalah, berdiskusi, mencari informasi, menyusun solusi, serta mempresentasikan hasil. Keterlibatan tersebut memungkinkan siswa berinteraksi secara langsung dengan konsep yang dipelajari dan memperoleh kesempatan untuk menguji pemahamannya melalui diskusi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa lingkungan belajar kolaboratif dan berbasis masalah dapat meningkatkan keterlibatan siswa serta keterampilan pemecahan masalah (Bozzi, dkk, 2021; Sankar & Benjamin, 2024). Dengan demikian, peningkatan hasil belajar yang ditemukan dalam penelitian ini dapat dipahami tidak hanya dari sisi hasil pengukuran, tetapi juga dari proses pembelajaran yang memberikan ruang

lebih besar bagi siswa untuk berpartisipasi secara aktif. Namun, implementasi PBL tidak secara otomatis menghasilkan peningkatan hasil belajar. Efektivitas setiap sintaks dipengaruhi oleh kesiapan siswa, pengetahuan awal, kemampuan bekerja sama, kualitas masalah yang diberikan, ketersediaan sumber belajar, serta kemampuan guru dalam memberikan *scaffolding* selama proses penyelidikan (Wan, dkk, 2023). Pada materi gelombang suara yang memiliki karakteristik konseptual dan matematis, guru perlu memastikan bahwa masalah yang diberikan sesuai dengan tingkat perkembangan siswa dan memiliki keterkaitan yang jelas dengan konsep yang menjadi tujuan pembelajaran. Guru juga perlu memberikan bimbingan yang memadai agar proses penyelidikan tidak berkembang menjadi aktivitas pencarian informasi yang tidak berarah. Dengan demikian, kontribusi PBL terhadap hasil belajar sangat bergantung pada kualitas implementasi sintaks dan bukan semata-mata pada penggunaan model PBL sebagai label pembelajaran.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBL pada materi gelombang suara diikuti oleh peningkatan hasil belajar yang signifikan secara statistik, sebagaimana ditunjukkan oleh uji *t* berpasangan dengan $p < 0,001$, serta peningkatan yang berada pada kategori tinggi berdasarkan N-Gain sebesar 0,88 atau 88,10%. Uji *t* memberikan bukti mengenai signifikansi perbedaan hasil belajar, sedangkan N-Gain menunjukkan besarnya peningkatan yang terjadi. Secara pedagogis, peningkatan tersebut dapat dikaitkan dengan rangkaian sintaks PBL yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghadapi masalah kontekstual, mengorganisasi pembelajaran, melakukan penyelidikan, mengomunikasikan hasil, serta merefleksikan proses pemecahan masalah. Meskipun demikian, karena penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelompok kontrol, temuan tersebut sebaiknya dipahami sebagai bukti empiris mengenai perubahan hasil belajar setelah penerapan PBL dan bukan sebagai bukti kausal yang definitif mengenai keunggulan PBL. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan kelompok kontrol atau desain eksperimen yang lebih kuat, melibatkan sampel yang lebih besar, serta menganalisis kontribusi masing-masing sintaks PBL untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efektivitas PBL dalam pembelajaran gelombang suara.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) pada materi gelombang suara diikuti oleh peningkatan hasil belajar siswa. Rata-rata skor meningkat dari 58,25 pada pretest menjadi 95,00 pada posttest. Hasil uji *t* berpasangan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor pretest dan posttest ($t(19) = -8,44$; $p < 0,001$). Selain itu, nilai N-Gain sebesar 0,88 (88,10%) menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar berada pada kategori tinggi dan efektif berdasarkan kriteria yang digunakan dalam penelitian ini. Peningkatan tersebut dapat dikaitkan dengan penerapan sintaks PBL yang melibatkan siswa dalam orientasi masalah, penyelidikan, diskusi, penyajian hasil, dan evaluasi pemecahan masalah. Meskipun demikian, karena penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest* tanpa kelompok kontrol, hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan hasil belajar setelah penerapan PBL, tetapi belum dapat membuktikan secara definitif hubungan kausal atau keunggulan PBL dibandingkan dengan model pembelajaran lainnya. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen dengan kelompok kontrol, melibatkan sampel yang lebih besar dan lebih beragam, serta menguji penerapan PBL pada materi fisika lainnya untuk memperoleh bukti yang lebih kuat mengenai efektivitas model tersebut.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan kelompok kontrol dan melibatkan sampel yang lebih besar serta beragam agar efektivitas PBL dapat diuji secara lebih kuat dan hasilnya lebih dapat digeneralisasikan. Instrumen juga perlu dikembangkan untuk mengukur tidak hanya hasil belajar, tetapi juga pemahaman konseptual, berpikir kritis, dan kemampuan pemecahan masalah. Selain itu, penelitian dapat menggunakan pendekatan *mixed methods* untuk mengkaji proses dan keterlibatan siswa selama penerapan PBL serta mengintegrasikan PBL dengan simulasi digital, STEM, atau pembelajaran berbasis konteks. Penelitian lanjutan juga disarankan menggunakan *delayed posttest* untuk mengetahui keberlanjutan peningkatan hasil belajar siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adijaya, M. A., Widiana, I. W., Parwata, I. G. L. A., & Antara, I. G. W. S. (2023). Bloom's taxonomy-oriented revision activities to improve procedural capabilities and learning outcomes. *International Journal of Educational Methodology*, 9(1), 261–270. <https://doi.org/10.12973/ijem.9.1.261>
- AlJurdi, N. T., & Salloum, S. (2025). Experiential learning in upper-elementary science classrooms influences students' problem-solving and affect toward science. *Journal of Experiential Education*, 48(1), 87–117. <https://doi.org/10.1177/10538259241265964>
- Alwathoni, M., Saputro, S., Yamtinah, S., Masykuri, M., & Suwahono, S. (2024). MOOC-based PBL model to improve chemical literacy skills in content, procedural, and epistemic knowledge aspects. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 8(2), 253–268. <https://doi.org/10.20961/ijpte.v8i2.92200>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among Malawian physics students. *Journal of Science Education and Technology*, 32(1), 127–141. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>
- Bozzi, M., Raffaghelli, J. E., & Zani, M. (2021). Peer learning as a key component of an integrated teaching method: Overcoming the complexities of physics teaching in large classes. *Education Sciences*, 11(2), 67–76. <https://doi.org/10.3390/educsci11020067>
- Burke, C. M., Montross, L. P., & Dianova, V. G. (2024). Beyond the classroom: An analysis of internal and external factors related to students' love of learning and educational outcomes. *Data*, 9(6), 81–89. <https://doi.org/10.3390/data9060081>
- Cai, S., Liu, C., Wang, T., Liu, E., & Liang, J. C. (2021). Effects of augmented-reality-based physics instruction on students' self-efficacy and conceptions of learning. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 235–251. <https://doi.org/10.1111/bjet.13020>
- Candrasa, L., & Cen, C. C. (2023). The effect of teachers' teaching methods, learning methods, and students' perceptions on students' learning achievement in Medan city. *JPPI (Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia)*, 9(1), 449–456. <https://doi.org/10.29210/020221737>
- Chusni, M. M., Saputro, S., Rahardjo, S. B., & Suranto, S. (2021). Students' critical thinking skills through a discovery-learning model using e-learning on environmental change. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1123–1135. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.3.1123>
- Dita, P. P. S., Murtono, M., Utomo, S., & Sekar, D. A. (2021). Implementation of problem-based learning (PBL) on interactive learning media. *Journal of Technology and Humanities*, 2(2), 24–30. <https://doi.org/10.53797/jthkkss.v2i2.4.2021>
- Fiteriani, I., Diani, R., Hamidah, A., & Anwar, C. (2021). Project-based learning through a STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning?. *Journal of Physics: Conference Series*, 1796(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012058>
- Hardiansyah, F., & Mulyadi, M. (2022). Improve science learning outcomes for elementary school students by developing flipbook media. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(6), 3069–3077. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i6.2413>
- Hugerat, M., Kortam, N., Kassom, F., Algamal, S., & Asli, S. (2021). Improving the motivation and the classroom climate of secondary school biology students using problem-based-jigsaw discussion (PBL-JD) learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(12), 203–211. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11304>
- Lestari, W., & Widayati, A. (2022). Implementation of a Teams games tournament to improve students' learning activities and learning outcomes: Classroom action research. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 14(4), 5587–5598. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i4.1329>
- Nyirahagenimana, J., Uwamahoro, J., & Ndiokubwayo, K. (2022). Assessment of physics lesson planning and teaching based on the 5Es instruction model in Rwanda secondary schools. *Contemporary Mathematics and Science Education*, 3(1), 220–231. <https://doi.org/10.30935/conmaths/11573>
- Olaniyan, A. O. (2022). Assessing novice preservice physics teachers' conceptual knowledge of mechanical waves. *International Journal of Research and Scientific Innovations (IJRSI)*, 9(12), 85–93. <https://doi.org/10.51244/IJRSI.2022.91206>

- Purwandari, W. (2023). Implement the problem-based learning (PBL) model in mathematics subjects at Madrasah Ibtidaiyah. *Educare: Journal of Primary Education*, 4(2), 107–122. <https://doi.org/10.35719/educare.v4i2.242>
- Rahmah, S., & Lubis, A. H. (2024). Problem posing as a learning model to improve primary school students' mathematics learning outcomes in Gayo Lues. *Journal of Indonesian Primary School*, 1(4), 93–104. <https://doi.org/10.62945/jips.v1i4.409>
- Rahman, Y. A., Yeni, F., Apriyanti, F., & Habibah, F. A. F. (2024). Measuring the effectiveness of the process writing approach to improve EFL students' writing proficiency via normalised gain. *Scope: Journal of English Language Teaching*, 9(1), 566–573. <https://doi.org/10.30998/scope.v9i1.24410>
- Rizzo, A. (2023). On a heuristic viewpoint concerning the conversion and transformation of sound into light. *Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology*, 10(1), 363–385. <https://doi.org/10.4236/jhepgc.2024.101026>
- Rusli, A., Gusmaweti, G., Hendri, W., & Sari, R. T. (2023). The relationship between external factors and students' learning difficulties and biology learning outcomes in class XI IPA MAN 3, Padang City. *International Journal of Education and Teaching Zone*, 2(1), 105–112. <https://doi.org/10.57092/ijetz.v2i1.57>
- Sankar E., dan Benjamin, E.A.W. (2024). Studying the students' perceptions of engagement and problem-solving skills for academic achievement in chemistry at the higher secondary level. *Education and Information Technologies*, 29(7), 8347–8368. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12165-x>
- Stratton, S. J. (2023). Population sampling: Probability and non-probability techniques. *Prehospital and Disaster Medicine*, 38(2), 147–148. <https://doi.org/10.1017/S1049023X23000304>
- Suradika, A., Dewi, H. I., & Nasution, M. I. (2023). Project-based learning and problem-based learning models in critical and creative students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 153–167. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.39713>
- Wan, Z. H., Lee, J. C. K., Yan, Z., & Ko, P. Y. (2023). Self-regulatory school climate, group regulation, and individual regulatory ability: Towards a model integrating three domains of self-regulated learning. *Educational Studies*, 49(5), 783–798. <https://doi.org/10.1080/03055698.2021.1894093>
- Wardani, I. S., & Fiorintina, E. (2023). Building critical thinking skills of 21st-century students through a problem-based learning model. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 12(3), 461–470. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i3.58789>
- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M., & Loyens, S. M. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36(1), 29–34. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>
- Wiklund-Engblom, A., Bergström, P., & Lindfors, M. (2025). Exploring teaching practices in an innovative learning environment: A pragmatic view on the student-centred ideal in future classrooms. *Postdigital Science and Education*, 2(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s42438-025-00570-z>