

**PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* TERINTEGRASI STEM
TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA KELAS XI SMA
NEGERI 1 KUALA LANGKAT PADA MATERI GELOMBANG BUNYI**

Shella Veronica Br PA¹, Eva Marlina Ginting²

¹²FMIPA Universitas Negeri Medan

¹shellapernangin@gmail.com, ²evaginting67@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of the problem-based learning (PBL) model integrated with science, technology, engineering, and mathematics (STEM) on students' critical thinking skills in the topic of sound waves. This research is a quantitative study using a quasi-experimental method with a pretest–posttest control group design. The population of this study was all eleventh-grade students of SMA Negeri 1 Kuala Langkat in the 2025/2026 academic year. The sample was selected using simple random sampling, resulting in class XI-R8 as the experimental class and class XI-R3 as the control class, each consisting of 31 students. Data were collected through a critical thinking ability test consisting of 13 essay questions that had been validated by two expert lecturers and demonstrated high reliability based on Cronbach's Alpha, administered as a pretest and posttest. The data were analyzed using normality tests, homogeneity tests, an independent sample t-test, and N-Gain analysis. The results showed that the STEM-integrated PBL model had a significant effect on students' critical thinking skills, with a posttest significance value of 0.000 ($p < 0.05$). The N-Gain value for the experimental class was 0.75, categorized as high, while the control class obtained an N-Gain of 0.39, categorized as moderate. The STEM-integrated PBL model was more effective than conventional learning in improving students' critical thinking skills on the topic of sound waves.

Keywords: Problem Based Learning, STEM, critical thinking skills, sound waves, physics learning.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh model *problem based learning* (PBL) terintegrasi *science, technology, engineering, and mathematics* (STEM) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang bunyi. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode *quasi experiment* dengan desain *pretest–posttest control group design*. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kuala Langkat Tahun Ajaran

2025/2026. Sampel dipilih menggunakan *simple random sampling*, sehingga diperoleh kelas XI-R8 sebagai kelas eksperimen dan XI-R3 sebagai kelas kontrol, masing-masing berjumlah 31 siswa. Data dikumpulkan melalui tes kemampuan berpikir kritis berbentuk 13 soal uraian yang telah divalidasi oleh dua dosen ahli dan memiliki reliabilitas tinggi menggunakan *Cronbach's Alpha*, menggunakan *pretest* dan *posttest*. Data dianalisis menggunakan uji normalitas, uji homogenitas, *independent sample t-test* dan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model PBL terintegrasi STEM berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dengan nilai signifikansi *posttest* sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,75 berkategori tinggi, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,39 berkategori sedang. Model PBL terintegrasi STEM lebih efektif daripada pembelajaran konvensional dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang bunyi.

Kata Kunci: *Problem Based Learning*, STEM, kemampuan berpikir kritis, gelombang bunyi, pembelajaran fisika.

A. Pendahuluan

Pembelajaran abad ke-21 menuntut perubahan paradigma dari pembelajaran yang berpusat pada guru (*teacher centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student centered*). Perubahan tersebut bertujuan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 yang dibutuhkan dalam dunia pendidikan dan dunia kerja pada era globalisasi saat ini (Selamat, 2021). Keterampilan abad ke-21 dikenal dengan kompetensi 4C yang meliputi *critical thinking* (berpikir kritis), *creativity* (kreativitas), *communication* (komunikasi), dan

collaboration (kolaborasi). Salah satu kompetensi yang sangat penting untuk dimiliki peserta didik adalah kemampuan berpikir kritis (Khoirunnisa dkk., 2024). Kemampuan ini berperan dalam membantu siswa menganalisis informasi, mengevaluasi berbagai alternatif, serta mengambil keputusan yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan. Melalui keterampilan berpikir kritis, siswa diharapkan mampu menjadi individu yang komunikatif, mandiri, serta memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik (Zakiyah dkk., 2023).

Dalam pembelajaran fisika, kemampuan berpikir kritis memiliki

peran yang sangat penting karena fisika merupakan ilmu yang dikembangkan berdasarkan proses observasi, penalaran logis, dan metode ilmiah. Pembelajaran fisika tidak hanya menekankan penguasaan konsep dan rumus, tetapi juga proses menemukan, membangun, dan menggunakan pengetahuan untuk menjelaskan fenomena alam secara ilmiah (Monika dkk., 2023). Di tengah pesatnya perkembangan teknologi informasi dan arus informasi yang semakin kompleks, kemampuan berpikir kritis menjadi kebutuhan yang sangat penting agar siswa mampu menyeleksi informasi, menganalisis permasalahan, dan mengambil keputusan secara tepat (Afifah & Malik, 2025).

Kemampuan berpikir kritis merupakan proses berpikir kompleks yang melibatkan interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, dan pengaturan diri (Nuzula & Jatmiko, 2023). Kemampuan ini dapat dikembangkan melalui pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun dan menemukan

pengetahuan melalui berbagai aktivitas ilmiah (Putri dkk., 2020). Sebaliknya, pembelajaran yang hanya berorientasi pada hafalan rumus dan prosedur penyelesaian soal cenderung kurang mendukung berkembangnya kemampuan berpikir kritis siswa. Dalam kondisi tersebut, siswa lebih banyak menghafal langkah-langkah penyelesaian tanpa memahami alasan maupun konsep yang mendasarinya (Fedi dkk., 2019).

Hasil observasi awal dan wawancara dengan guru fisika di SMA Negeri 1 Kuala Langkat menunjukkan bahwa proses pembelajaran masih didominasi oleh model pembelajaran langsung dengan pendekatan *teacher-centered*. Guru berperan aktif menjelaskan materi, sedangkan siswa lebih banyak mendengarkan, mencatat, dan mengikuti contoh penyelesaian soal yang diberikan. Kondisi ini menyebabkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran masih relatif rendah dan belum memberikan ruang yang cukup untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Temuan tersebut diperkuat oleh hasil tes

kemampuan berpikir kritis pada materi fluida statis yang menunjukkan bahwa sebanyak 78,8% siswa berada pada kategori rendah dan 21,2% berada pada kategori sedang, serta tidak terdapat siswa yang mencapai kategori tinggi. Hasil angket juga menunjukkan rata-rata skor kemampuan berpikir kritis sebesar 29,4 dengan mayoritas siswa berada pada kategori rendah (62,86%).

Rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa terlihat dari kesulitan mereka dalam mengidentifikasi informasi penting, memberikan alasan yang logis, menggunakan bukti yang relevan, menarik kesimpulan secara tepat, serta menentukan strategi penyelesaian masalah secara sistematis. Siswa juga belum terbiasa menghubungkan konsep fisika dengan fenomena kehidupan sehari-hari maupun penerapan teknologi di lingkungan sekitar. Selain itu, pembelajaran yang berlangsung belum mengintegrasikan unsur sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara utuh sehingga

siswa cenderung memahami konsep secara terpisah-pisah. Akibatnya, kemampuan siswa dalam menganalisis permasalahan secara komprehensif dan merumuskan solusi yang logis menjadi kurang berkembang.

Temuan tersebut sejalan dengan penelitian Herman dkk. (2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran yang belum mengintegrasikan unsur *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) secara utuh cenderung menghasilkan pemahaman konsep yang parsial dan kurang mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa. Sebaliknya, pembelajaran berbasis STEM memungkinkan siswa mengaitkan konsep dengan penerapan nyata sehingga pengalaman belajar menjadi lebih bermakna dan kontekstual. Penelitian Lestari dan Muhajir (2016) menunjukkan bahwa pendekatan STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui aktivitas yang menuntut analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan. Hasil penelitian Utami

dkk. (2025) juga mengungkapkan bahwa pembelajaran berbasis STEM mampu melatih siswa berpikir logis, sistematis, dan reflektif dalam menghadapi berbagai permasalahan kontekstual.

Salah satu model pembelajaran yang dinilai sesuai untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa adalah *Problem Based Learning* (PBL). Model ini menempatkan masalah nyata sebagai titik awal pembelajaran sehingga siswa dituntut untuk melakukan proses analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan secara mandiri (Monika dkk., 2023). Penelitian Fajarna dkk. (2025) menunjukkan bahwa penerapan model PBL mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional. Hasil serupa juga ditemukan oleh Dewi dan Nisa (2025) yang menyatakan bahwa implementasi PBL yang dipadukan dengan media interaktif dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui keterlibatan aktif siswa dalam proses analisis dan evaluasi.

Efektivitas PBL dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dapat diperkuat melalui integrasi dengan pendekatan STEM. Pendekatan STEM mengintegrasikan empat disiplin ilmu, yaitu sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, dalam satu kesatuan pembelajaran yang berorientasi pada pemecahan masalah nyata (Herman dkk., 2023). Integrasi PBL dan STEM memberikan kesempatan kepada siswa untuk menganalisis masalah secara lebih mendalam, merancang solusi berdasarkan konsep ilmiah, memanfaatkan teknologi, serta menerapkan perhitungan matematis secara tepat. Oleh karena itu, kombinasi kedua pendekatan tersebut diyakini mampu mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis yang menjadi tuntutan utama pembelajaran abad ke-21 (Khoirunnisa dkk., 2024).

Materi gelombang bunyi dipilih dalam penelitian ini karena memiliki karakteristik yang kontekstual dan dekat dengan kehidupan sehari-hari sehingga sangat sesuai diterapkan melalui

model PBL terintegrasi STEM (Hasanah dkk., 2017). Materi ini memungkinkan integrasi unsur sains melalui konsep fisika bunyi, unsur teknologi melalui pemanfaatan teknologi akustik, unsur rekayasa melalui perancangan alat atau sistem yang berkaitan dengan bunyi, serta unsur matematika melalui penggunaan persamaan dan perhitungan cepat rambat bunyi (Humairah dkk., 2025). Oleh karena itu, materi ini dinilai mampu memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa secara optimal (Situmeang & Sirait, 2023).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh model *Problem Based Learning* terintegrasi STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kuala Langkat pada materi gelombang bunyi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai efektivitas penerapan model PBL-STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa serta menjadi referensi dalam pengembangan

pembelajaran fisika yang lebih inovatif dan bermakna.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *quasi experiment* dengan desain *pretest–posttest control group design*. Desain ini dipilih untuk menganalisis pengaruh penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Dua kelompok digunakan dalam penelitian, yaitu kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan model PBL terintegrasi STEM dan kelas kontrol yang memperoleh pembelajaran konvensional. Kedua kelompok diberikan pretest sebelum perlakuan dan posttest setelah perlakuan.

Tabel 1. Desain Penelitian *Pretest–Posttest Control Group*

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	T ₁	X ₁	T ₂
Kontrol	T ₁	X ₂	T ₂

Keterangan:

T₁ = *pretest*;

$T_2 = \text{posttest};$

X_1 = pembelajaran menggunakan model PBL terintegrasi STEM;

X_2 = pembelajaran konvensional.

Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 di SMA Negeri 1 Kuala Langkat, Sumatera Utara. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kuala Langkat. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *simple random sampling*, sehingga setiap kelas memiliki peluang yang sama untuk menjadi sampel penelitian. Melalui proses pengacakan ditetapkan satu kelas sebagai kelas eksperimen dan satu kelas sebagai kelas kontrol.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran PBL terintegrasi STEM, sedangkan variabel terikat adalah kemampuan berpikir kritis siswa. Kemampuan berpikir kritis didefinisikan sebagai kemampuan siswa dalam menganalisis permasalahan, memberikan alasan logis, menarik kesimpulan, mengevaluasi informasi, serta menentukan strategi penyelesaian

masalah berdasarkan indikator berpikir kritis.

Instrumen Penelitian

Data penelitian dikumpulkan melalui wawancara dan tes. Wawancara dilakukan kepada guru fisika sebagai studi pendahuluan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi pembelajaran, karakteristik siswa, dan permasalahan yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian. Tes digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah perlakuan.

Instrumen tes berupa 15 soal uraian yang disusun berdasarkan indikator kemampuan berpikir kritis yang meliputi: (1) memberikan penjelasan sederhana, (2) membangun keterampilan dasar, (3) menarik kesimpulan, (4) memberikan penjelasan lanjutan, dan (5) mengatur strategi dan taktik. Materi yang diujikan mencakup konsep-konsep pada gelombang bunyi, seperti cepat rambat bunyi, intensitas bunyi, frekuensi dawai, sonar, efek Doppler, taraf intensitas bunyi, dan ekolokasi. Penskoran menggunakan skala 0–4 sesuai

rubrik penilaian kemampuan berpikir kritis.

Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Instrumen penelitian terlebih dahulu diuji validitas dan reliabilitasnya. Validitas isi dilakukan melalui *expert judgment* untuk memastikan kesesuaian antara indikator, kisi-kisi, dan butir soal. Penilaian ahli bertujuan memastikan setiap butir soal memiliki relevansi dan representativitas terhadap kompetensi yang diukur (Ihsan, 2023).

Validitas butir soal dianalisis menggunakan korelasi biserial sebagaimana dikemukakan oleh Sugiyono (2013) dan Arikunto (2018). Butir soal dinyatakan valid apabila nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$, pada taraf signifikansi 0,05. Reliabilitas instrumen dihitung menggunakan rumus *Kuder-Richardson 20* (KR-20). Menurut Sugiyono (2013), instrumen dikatakan reliabel apabila memberikan hasil yang konsisten ketika digunakan berulang kali. Interpretasi koefisien reliabilitas mengacu pada kriteria yang dikemukakan oleh Arikunto (2018).

Selain itu, dilakukan analisis tingkat kesukaran dan daya pembeda soal. Tingkat kesukaran dianalisis menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Suherman (2003), sedangkan daya pembeda dianalisis menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Arikunto (2018). Analisis ini bertujuan memastikan setiap butir soal memiliki kualitas yang baik sebagai alat ukur kemampuan berpikir kritis.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan akhir. Pada tahap persiapan dilakukan studi pendahuluan melalui wawancara dengan guru fisika, penyusunan perangkat pembelajaran, penyusunan instrumen penelitian, validasi instrumen, revisi instrumen, serta pengurusan perizinan penelitian.

Pada tahap pelaksanaan, kedua kelompok diberikan pretest untuk mengetahui kemampuan awal siswa. Selanjutnya kelas eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan model PBL terintegrasi STEM, sedangkan kelas kontrol memperoleh

pembelajaran konvensional. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, kedua kelompok diberikan posttest untuk mengukur kemampuan berpikir kritis setelah perlakuan.

Tahap akhir meliputi pengolahan dan analisis data, penarikan kesimpulan, serta penyusunan laporan penelitian.

Teknik Analisis Data

Data dianalisis melalui uji prasyarat dan uji hipotesis. Uji prasyarat terdiri atas uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Liliefors untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal. Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai $L_{hitung} < L_{tabel}$. Uji homogenitas dilakukan menggunakan uji F (*Fisher Test*) untuk mengetahui kesamaan varians kedua kelompok. Data dinyatakan homogen apabila nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$.

Setelah memenuhi uji prasyarat, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji-t pada taraf signifikansi 0,05 untuk mengetahui perbedaan

kemampuan berpikir kritis antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis dianalisis menggunakan skor *Normalized Gain* (*N-Gain*) untuk mengetahui besarnya peningkatan kemampuan siswa setelah perlakuan. Kriteria *N-Gain* mengacu pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Kriteria Nilai Kemampuan Berpikir Kritis

Skor Gain	Kategori
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Dengan demikian, analisis *N-Gain* digunakan untuk membandingkan efektivitas pembelajaran pada kedua kelompok dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

D. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kuala Langkat Tahun Ajaran 2025/2026 dengan melibatkan dua kelas, yaitu kelas XI R8 sebagai kelas eksperimen yang memperoleh

pembelajaran menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi STEM dan kelas XI R3 sebagai kelas kontrol yang memperoleh pembelajaran konvensional. Sebelum perlakuan diberikan, kedua kelas terlebih dahulu mengikuti pretest untuk mengukur kemampuan awal berpikir kritis siswa. Setelah seluruh proses pembelajaran selesai dilaksanakan, kedua kelas diberikan posttest untuk mengetahui kemampuan berpikir kritis siswa setelah perlakuan.

Data *Pretest* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Sebelum dilakukan pembelajaran, kedua kelas diberikan *pretest* sebagai tes uji awal. Data hasil *pretest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan dalam daftar distribusi frekuensi yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Nilai *Pretest* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
Inter-val Nilai	Frekuensi	Interv I Nilai	Frekuensi
21,15 – 27,88	1	19,23 – 27,24	1

27,89 – 34,61	3	27,25 – 35,26	2
34,62 – 41,34	5	35,27 – 43,28	5
41,35 – 48,08	8	43,29 – 51,30	12
48,09 – 54,81	11	51,31 – 59,32	7
54,82 – 61,54	3	59,33 – 67,34	4
n = 31		n = 31	
$\bar{x}$ = 44,73		$\bar{x}$ = 48,33	
SD = 11,46		SD = 11,36	

Ket:

f = frekuensi

$\bar{x}$ = rata-rata

SD = standar deviasi

n = jumlah siswa

Berdasarkan tabel 3, diperoleh nilai rata-rata *pretest* kelas kontrol sebesar 48,33, sedangkan nilai rata-rata *pretest* kelas eksperimen sebesar 44,73. Perbedaan nilai rata-rata kedua kelas adalah 3,6 sehingga menunjukkan bahwa kemampuan awal berpikir kritis siswa pada kelas kontrol dan kelas eksperimen relatif

sama sebelum diberikan perlakuan pembelajaran yang berbeda.

Data *Posttest* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Setelah proses pembelajaran selesai dilaksanakan, kedua kelas diberikan *posttest* untuk mengetahui kemampuan berpikir kritis siswa setelah memperoleh perlakuan yang berbeda. Data hasil *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Nilai *Posttest* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
Inter-val Nilai	Frekuensi	Interval Nilai	Frekuensi
69,23 – 74,36	2	42,31 – 49,42	1
74,37 – 79,50	5	49,43 – 56,54	2
79,51 – 84,64	5	56,55 – 63,66	5
84,65 – 89,78	10	63,67 – 70,78	11
89,79 – 94,92	5	70,79 – 77,90	9
94,93 –	4	77,91 – 85,02	3

100,06	
n = 31	n = 31
$\bar{x} = 86,66$	$\bar{x} = 68,30$
SD = 8,07	SD = 10,13

Ket:

f = frekuensi

$\bar{x}$ = rata-rata

SD = standar deviasi

n = jumlah siswa

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh nilai rata-rata *posttest* kelas kontrol sebesar 68,30, sedangkan nilai rata-rata *posttest* kelas eksperimen sebesar 86,66. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol setelah diberikan perlakuan pembelajaran yang berbeda. Perbedaan nilai rata-rata tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran dengan model PBL terintegrasi STEM memberikan hasil yang lebih baik terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dibandingkan pembelajaran yang diterapkan pada kelas kontrol.

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data *pretest*

dan *posttest* terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitasnya.

Analisis Data *Pretest*

Uji Normalitas

Pengujian normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji Shapiro-Wilk dengan bantuan program SPSS. Hasil uji normalitas data *pretest* kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Normalitas *Pretest* Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Kelas	Sig. (Shapiro-Wilk)	Kesimpulan
Kontrol	0,170	Normal
Eksperimen	0,387	Normal

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) Shapiro-Wilk pada kelas kontrol sebesar 0,170 dan pada kelas eksperimen sebesar 0,387. Nilai signifikansi kedua kelas lebih besar dari taraf signifikansi 0,05, sehingga data *pretest* kelas kontrol dan kelas eksperimen dinyatakan berdistribusi normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data *pretest* pada kedua kelas telah memenuhi asumsi normalitas dan dapat digunakan untuk analisis statistik parametrik pada tahap berikutnya.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan uji Levene dengan bantuan program SPSS. Hasil uji homogenitas data *pretest* kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji Homogenitas *Pretest* Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Data	Sig.	Kesimpulan
Kontrol	0,771	Homogen
Eksperimen		

Berdasarkan Tabel 4.4, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,771. Nilai tersebut lebih besar dari taraf signifikansi 0,05 ($0,772 > 0,05$), sehingga varians data *pretest* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dinyatakan homogen. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki varians yang sama, sehingga memenuhi salah satu persyaratan untuk dilakukan analisis statistik parametrik pada tahap selanjutnya.

Analisis Data *Posttest*

Uji Normalitas

Pengujian ini dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan bantuan program SPSS. Hasil pengujian normalitas data *posttest* pada kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Uji Normalitas *Posttest* Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Kelas	Sig. (Shapiro-Wilk)	Kesimpulan
Kontrol	0,195	Normal
Eksperimen	0,396	Normal

Berdasarkan tabel hasil uji normalitas, nilai signifikansi pada kelas kontrol sebesar 0,195 dan pada kelas eksperimen sebesar 0,396. Kedua nilai tersebut berada di atas taraf signifikansi 0,05, sehingga data *posttest* pada kedua kelas dapat dinyatakan berdistribusi normal. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebaran data hasil *posttest* tidak menyimpang dari distribusi normal, sehingga data layak digunakan dalam pengujian statistik parametrik untuk menguji hipotesis penelitian.

Uji Homogenitas

Pengujian homogenitas dalam penelitian ini menggunakan uji Levene dengan bantuan program SPSS. Hasil uji homogenitas data *posttest* kedua kelas disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Uji Homogenitas *Posttest* Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Data	Sig.	Kesimpulan
Kontrol	0,916	Homogen
Eksperimen		

Berdasarkan Tabel 8, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,916. Nilai tersebut lebih besar dari taraf signifikansi 0,05 ($0,916 > 0,05$), sehingga varians data *posttest* pada kelas kontrol dan kelas eksperimen dinyatakan homogen. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki varians yang sama, sehingga syarat homogenitas untuk melakukan analisis statistik parametrik telah terpenuhi.

Uji Hipotesis (Uji t)

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan *Independent Sample t-Test* dengan bantuan program SPSS. Hasil uji t

terhadap data *pretest* dan *posttest* kedua kelas disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji t Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Statistik	Pretest		Posttest	
	Kelas Kontrol	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol	Kelas Eksperimen
Sig. (2-tailed)	0,137		0,00	
Taraf signifikan (α)	0,05			

Pengujian hipotesis menggunakan *Independent Sample t-Test* menunjukkan bahwa pada data *pretest* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,137 ($p > 0,05$), sehingga tidak terdapat perbedaan kemampuan awal berpikir kritis antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Sebaliknya, pada data *posttest* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$), yang menunjukkan adanya perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara kedua kelompok setelah perlakuan diberikan.

Efektivitas pembelajaran juga dianalisis menggunakan uji N-Gain. Hasil ujinya bisa dilihat pada tabel ini.

Tabel 10. Persentase N-Gain Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Kelas	Rata-rata <i>Pre-test</i>	Rata-rata <i>Post-test</i>	N-Gain	Kategori
Kontrol	48,33	68,30	0,39	Sedang
Eksperimen	44,73	86,66	0,75	Tinggi

Berdasarkan hasil nilai N-Gain seluruh siswa diperoleh rata-rata N-Gain kelas kontrol sebesar 0,39 yang termasuk kategori sedang. Rata-rata nilai *pretest* kelas kontrol adalah 48,33 dan meningkat menjadi 68,30 pada *posttest*. Sementara itu, kelas eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,75 yang termasuk kategori tinggi. Rata-rata nilai *pretest* kelas eksperimen sebesar 44,73 dan meningkat menjadi 86,66 pada *posttest*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan setelah diterapkan model PBL terintegrasi STEM. Rata-rata kemampuan

berpikir kritis meningkat dari 44,73 pada *pretest* menjadi 86,66 pada *posttest*, dengan nilai N-Gain sebesar 0,75 yang termasuk kategori tinggi. Peningkatan tersebut berkaitan dengan proses pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai pemecah masalah melalui kegiatan mengidentifikasi masalah, melakukan penyelidikan, mengolah informasi, merancang solusi, dan mengevaluasi solusi yang dihasilkan.

Pembelajaran dilaksanakan dalam tiga pertemuan pada materi karakteristik dan cepat rambat gelombang bunyi, Efek Doppler, serta intensitas dan taraf intensitas bunyi. Setiap materi dikemas dalam permasalahan kontekstual, yaitu bunyi dengung pada speaker masjid, perubahan nada sirene ambulans, dan kebisingan latihan vokal yang berpotensi mengganggu kelas lain. Permasalahan tersebut digunakan sebagai titik awal pembelajaran untuk mendorong siswa mengidentifikasi masalah, mengajukan pertanyaan, menyusun hipotesis, dan mencari solusi berdasarkan bukti. Penggunaan masalah autentik dalam PBL

memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun pengetahuan melalui proses penyelidikan dan pemecahan masalah serta melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi (Rosidah, 2018).

Penerapan PBL terintegrasi STEM dilakukan melalui tahapan orientasi masalah, pengorganisasian belajar, penyelidikan, penyajian hasil, serta analisis dan evaluasi. Unsur *science* diterapkan melalui penggunaan konsep gelombang bunyi untuk memahami fenomena, *technology* melalui penggunaan aplikasi dan telepon pintar seperti Phyphox, dB Meter, Frequency Generator, dan Tone Generator untuk memperoleh data, *engineering* melalui perancangan dan pelaksanaan penyelidikan serta penyusunan solusi, sedangkan *mathematics* melalui perhitungan, pengolahan, dan interpretasi data. Integrasi tersebut memungkinkan siswa menggunakan pengetahuan dari berbagai bidang secara terpadu dalam proses pemecahan masalah (Riyanto dkk., 2021; Nurazmi & Bancong, 2021).

Rangkaian aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk menganalisis informasi, memberikan alasan berdasarkan bukti, menarik kesimpulan, menentukan strategi, serta mengevaluasi keputusan. PBL menyediakan masalah autentik sebagai dasar pembelajaran, sedangkan STEM memperkaya proses pemecahan masalah melalui penerapan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Kombinasi kedua pendekatan tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif dan mendukung perkembangan kemampuan berpikir kritis siswa.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis juga terlihat pada setiap indikator. Indikator memberikan penjelasan sederhana memperoleh N-Gain sebesar 0,91, memberikan penjelasan lanjutan sebesar 0,87, dan membangun keterampilan dasar sebesar 0,80 dengan kategori tinggi. Indikator menarik kesimpulan memperoleh N-Gain sebesar 0,68 dan mengatur strategi dan taktik sebesar 0,61 dengan kategori sedang. Peningkatan tertinggi pada indikator

memberikan penjelasan sederhana berkaitan dengan kegiatan siswa dalam mengidentifikasi masalah, menjelaskan fenomena, menyusun hipotesis, dan memberikan alasan sejak tahap awal pembelajaran. Sementara itu, indikator mengatur strategi dan taktik memperoleh peningkatan terendah karena siswa masih memerlukan arahan dalam menentukan strategi penyelidikan, mengatur penggunaan alat, mengolah hasil pengukuran, dan menentukan solusi berdasarkan bukti. Keterbatasan waktu pembelajaran dan kemampuan siswa yang heterogen dalam melakukan penyelidikan berbantuan teknologi juga memengaruhi peningkatan indikator tersebut.

Secara keseluruhan, seluruh indikator kemampuan berpikir kritis mengalami peningkatan. Nilai N-Gain sebesar 0,75 menunjukkan bahwa penerapan PBL terintegrasi STEM mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang melibatkan siswa secara aktif dalam pemecahan masalah dan

mengintegrasikan berbagai aspek STEM

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, PBL terintegrasi STEM berpengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang bunyi. Hasil *Independent Sample t-Test* menunjukkan nilai signifikansi *posttest* sebesar $0,000 < 0,05$, yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Selain itu, kelas eksperimen memperoleh N-Gain sebesar 0,75 dengan kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,39 dengan kategori sedang. Dengan demikian, PBL terintegrasi STEM lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dibandingkan pembelajaran konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

Buku:

- Arends, R. I. (2008). *Learning to Teach* (9th Ed.). McGraw-Hill.
- Arikunto, S. (2018). *Dasar-Dasar Evaluasi Penelitian*. Semarang: Bumi Aksara.

- Asmara, A., & Septiana, A. (2023). *Model Pembelajaran Berkonteks Masalah*. Azka Pustaka.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. Prentice Hall.
- Fais, F. (2012). *Thinking Skill: Pengantar Menuju Berpikir Kritis*. SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga.
- Helmiati, H. (2012). *Model Pembelajaran*. Aswaja Pressindo.
- Kamajaya, K. (2016). *Aktif dan Kreatif Belajar Fisika SMA Kelas XI*. Bandung: Grafindo.
- Lismaya, L. (2019). *Berpikir Kritis & PBL (Problem Based Learning)*. Media Sahabat Cendekia.
- Radjawane, M. M., Tinambunan, A., & Jono, S. (2022). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Riyanto, Fauzi, R., Syah, I. M., & Muslim, U. B. (2021). *Model STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) dalam Pendidikan*. Widina Bhakti Persada.
- Simeru, A., Nasution, T., Takdir, M., Siswati, S., Susanti, W., Karsiwan, W., Suyani, K.,

- Mulya, R., Friadi, J., & Nelmira, W. (2023). *Model-Model Pembelajaran*. Lakeisha.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suherman, E. (2003). *Evaluasi Pembelajaran Matematika*. Bandung: JICA UPI.
- Surip, M. (2017). *Berpikir Kritis: Analisis Kajian Filsafat Ilmu*. Jakarta: Halaman Merdeka.
- Wena, M. (2008). *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer: Suatu Tinjauan Konseptual Operasional*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Jurnal:**
- Afifah, G., & Malik, A. (2025). Peran Pembelajaran Fisika dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kepedulian Lingkungan: Tinjauan Literatur. UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Dewi, N. K., & Nisa', K. (2025). Penerapan Model Problem Based Learning berbantuan Media Interaktif untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya*, 15(1), 45–53.
- Eris, E., Sitompul, S. S., & Oktavianty, E. (2024). Penerapan Model Problem Based Learning Terintegrasi STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Hukum Archimedes. *Jurnal Pendidikan Fisika FKIP UM Metro*, 12(2), 226–240.
- Fadhilasari, J., & Wahyuningsih, D. (2025). Improving Students' Critical Thinking Through Problem-Based Learning in Physics: A Quasi-Experimental Study at SMA Negeri 7 Surakarta. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 15(2), 38–46.
- Fahrudin, F., Ansari, A., & Ichsan, A. S. (2021). Pembelajaran Konvensional dan Kritis Kreatif dalam Perspektif Pendidikan Islam. *Hikmah*, 18(1), 64–80.
- Fajarna, R., Siregar, M., & Putri, A. (2025). Pengaruh Model Problem Based Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Sains. *Jurnal Kajian Pendidikan dan Ekonomi*, 10(2), 112–120.
- Fedi, S., Gunsi, A. S., Ramda, A. H., & Gunur, B. (2019). Pengaruh Model

- Pembelajaran Berbasis Masalah terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika)*, 4(1), 11–20.
- Hanum, W. N., Prastiwi, Z. N., & Wahyuni, S. (2023). Integrasi Problem Based Learning dengan STEM dalam Pembelajaran IPA terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(16), 153–158.
- Hasanah, T. A. N., Huda, C., & Kurniawati, M. (2017). Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Problem Based Learning (PBL) pada Materi Gelombang Bunyi untuk Siswa SMA Kelas XII. *Momentum: Physics Education Journal*, 56–65.
- Herman, D. F., Hanum, W. N., Prastiwi, Z. N., & Wahyuni, S. (2023). Integrasi Problem Based Learning dengan STEM dalam Pembelajaran IPA terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(16), 153–158.
- Humairah, W., Suyidno, S., & Qamariah, Q. (2025). Sound Wave Teaching Module Using STEM-PBL to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(2), 215–225.
- Ihsan, H. (2023). Validity Isi Alat Ukur Penelitian: Konsep dan Panduan Penilaiannya. *Pedagogia*, 21(1), 1–15.
- Ketut, D. I., Made, K. I. G., & Made, A. S. I. (2022). Rancangan Blended Learning Matematika Bagi Pendidikan Vokasional Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Pembelajaran dan Pengembangan Matematika*, 2(1), 1–20.
- Khoirunnissa, R., Suwarma, I. R., & Muslim, M. (2024). The Implementation of STEM-PBL Learning to Enhance Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 10(1), 175–185.
- Langi, J. P. (2024). Penerapan Model Problem Based Learning Terintegrasi STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Hukum Newton. *Edu Cendikia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(3), 1647–1655.
- Lestari, I. F., & Muhajir, S. N. (2021). Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Fluida Statis. *Jurnal*

- Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 1(2), 62–68.
- Monika, P. S., Suharno, S., & Rahmasari, L. (2023). Effectiveness of Science Technology Engineering Mathematics Problem Based Learning (STEM-PBL) and Science Technology Engineering Mathematics Project Based Learning (STEM-PjBL) to Improve Critical Thinking Ability. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9593–9599.
- Nurazmi, N., & Bancong, H. (2021). Integrated STEM-Problem Based Learning Model: Its Effect on Students' Critical Thinking. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 4(2), 70–77.
- Nuzula, F., & Jatmiko, B. (2023). Pembelajaran Fisika dengan Model PBL Berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA. *Student Scientific Creativity Journal*, 1(5), 311–323.
- Putri, C. D., Pursitasari, I. D., & Rubini, B. (2020). Problem Based Learning Terintegrasi STEM di Era Pandemi Covid-19 untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *JUPI (Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA)*, 4(2), 193–204.
- Rosidah, C. T. (2018). Penerapan Model Problem Based Learning untuk Menumbuhkembangkan Higher Order Thinking Skill Siswa Sekolah Dasar. *INVENTA: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 2(1), 62–71.
- Selamat, I. N. (2021). Keterampilan Abad Ke-21 pada Pembelajaran Sains dengan Konteks Socio-Scientific Issues di Indonesia: Tinjauan Literatur Sistematis. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 11(2), 14–21.
- Situmeang, C. K., & Sirait, M. (2023). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbasis Pendekatan STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Gelombang Bunyi. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika (INPAFI)*, 11(2), 53–62.
- Utami, V., Viyanti, V., & Permadi, D. (2025). Enhancing Students' Critical Thinking Skills: A STEM-Integrated Problem-Based Learning Model. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 15(1), 17.
- Winarti, W., Sulisworo, D., & Kaliappen, N. (2021). Evaluation of STEM-Based

Physics Learning on
Students' Critical Thinking
Skills: A Systematic
Literature Review.
*Indonesian Review of
Physics*, 4(2), 61–69.

Zakiyah, R. N., Ramli, Y., & Irawan,
F. (2023). Pengaruh
Pembelajaran PBL
Terintegrasi STEM terhadap
Keterampilan Berpikir Kritis
Siswa. *Jurnal Jeumpa*, 10(2),
269–277.