

Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa dalam Pembelajaran PBL Terintegrasi STEAM dan LABIRIN pada Materi Ekosistem

Anjar Dwi Astutiningsih*, Nerru Pranuta Murnaka, Nancy Susianna

Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA), Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP), Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia

*Corresponding Author: veronicaanjar@gmail.com

Dikirim: 24-06-2026; Direvisi: 04-07-2026; Diterima: 07-07-2026

Abstrak: Pemahaman konsep merupakan kompetensi penting dalam pembelajaran biologi, namun pembelajaran yang masih berpusat pada guru menyebabkan pemahaman konsep siswa belum berkembang secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan peningkatan pemahaman konsep siswa antara kelas yang menggunakan model Problem Based Learning (PBL) terintegrasi STEAM-Labirin dan kelas yang menggunakan PBL pada materi ekosistem. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi experiment* tipe *pretest-posttest control group design*. Sampel penelitian terdiri atas 28 siswa kelas X-2 sebagai kelas eksperimen dan 26 siswa kelas X-4 sebagai kelas kontrol di SMA Trinitas Bandung yang dipilih menggunakan *cluster random sampling*. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep berdasarkan enam indikator Wiggins dan McTighe. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, N-Gain, serta uji Mann Whitney. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,62 (kategori sedang), lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,51 (kategori sedang). Hasil uji Mann Whitney menunjukkan adanya perbedaan peningkatan pemahaman konsep yang signifikan (Sig.=0,046). Analisis per indikator menunjukkan bahwa kelas eksperimen lebih unggul pada indikator menjelaskan, interpretasi, empati dan pengetahuan diri, sedangkan kelas kontrol lebih unggul pada indikator perspektif dan aplikasi. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi STEAM dan Labirin dalam model PBL lebih efektif meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi ekosistem dibandingkan model PBL tanpa integrasi STEAM dan Labirin.

Kata Kunci: PBL; Labirin; STEAM; Pemahaman Konsep; Ekosistem.

Abstract: Conceptual understanding is an essential competency in biology education. However, teacher-centered instruction has limited the optimal development of students' conceptual understanding. This study aimed to examine the difference in the improvement of students' conceptual understanding between a class implementing the Problem-Based Learning (PBL) model integrated with STEAM-Labirin and a class implementing the PBL model on the topic of ecosystems. This study employed a quantitative approach using a quasi-experimental pretest-posttest control group design. The participants consisted of 28 students from Class X-2 as the experimental group and 26 students from Class X-4 as the control group at SMA Trinitas Bandung, selected through cluster random sampling. The research instrument was a conceptual understanding test based on the six facets of understanding proposed by Wiggins and McTighe. The data were analyzed using descriptive statistics, normalized gain (N-Gain), and the Mann-Whitney U test. The results showed that the experimental group achieved a mean N-Gain of 0.62 (moderate category), which was higher than that of the control group (0.51, moderate category). The Mann-Whitney U test revealed a significant difference in the improvement of conceptual understanding between the two groups (Sig. = 0.046). Indicator analysis showed that the experimental group outperformed the control group in the explanation, interpretation, empathy, and self-knowledge indicators, whereas the control group showed higher improvement in the

perspective and application indicators. These findings indicate that integrating STEAM and Labirin into the PBL model is more effective in improving students' conceptual understanding of ecosystem topics than the PBL model without STEAM-Labirin integration

Keywords : PBL; Labirin; STEAM; Conceptual Understanding; Ecosystem.

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep biologi merupakan salah satu tolok ukur penting dalam keberhasilan pembelajaran sains karena menunjukkan kemampuan siswa dalam memahami serta menghubungkan konsep-konsep biologi dengan berbagai fenomena kehidupan secara logis dan ilmiah (Fina & Mulyono, 2025). Sebagai cabang ilmu yang mempelajari makhluk hidup beserta interaksinya dengan lingkungan, biologi memiliki materi yang luas, beragam, dan saling berkaitan. Dalam proses pembelajaran tidak cukup hanya menekankan pada penguasaan fakta atau hafalan, tetapi juga harus membekali siswa dengan pemahaman yang mendalam terhadap konsep-konsep dasar yang menjadi landasan dalam menjelaskan berbagai fenomena alam (Campbell & Reece, 2012)

Pemahaman konsep berperan penting dalam membantu siswa menerapkan pengetahuan biologi untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Melalui keterlibatan aktif dalam menganalisis, mendiskusikan, dan mengevaluasi berbagai permasalahan, siswa tidak hanya menghafal konsep, tetapi juga mampu mengkonstruksi pengetahuan secara bermakna (Iwan et al., 2024). Pemahaman konsep yang baik memungkinkan siswa menganalisis dan mengaplikasikan konsep-konsep biologi, seperti interaksi antar organisme, aliran energi, daur materi, dan keseimbangan ekosistem, untuk menjelaskan fenomena alam, mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah pada berbagai isu kesehatan, lingkungan, dan teknologi (Rismanto & Hayat, 2025).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan melalui wawancara guru Biologi SMA ditemukan bahwa pemahaman konsep biologi sebagian besar siswa masih belum optimal, di mana pembelajaran lebih berfokus pada mengingat istilah, definisi, dan klasifikasi tanpa diikuti dengan pemaknaan yang mendalam. Siswa umumnya mampu menyebutkan konsep atau menjawab pertanyaan faktual, namun mengalami kesulitan ketika diminta menjelaskan hubungan antar konsep, menganalisis fenomena biologi, atau menerapkan konsep tersebut dalam konteks kehidupan nyata.

Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 menunjukkan bahwa kemampuan siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata OECD, khususnya pada bidang sains (OECD, 2023). Rendahnya capaian tersebut mengindikasikan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami, menginterpretasikan, dan menerapkan konsep sains dalam konteks kehidupan sehari-hari. Padahal, kemampuan-kemampuan tersebut merupakan bagian penting dari pemahaman konsep. Urgensi dari penelitian ini muncul dari data yang diperoleh bahwa siswa di sekolah dalam belajar IPA masih dominan dengan hafalan dan belum optimal dalam memberikan kesempatan untuk memahami konsep biologi secara lebih mendalam. Pembelajaran biologi memerlukan inovasi yang mampu membantu siswa membangun pemahaman konsep secara mendalam dan bermakna sehingga konsep yang dipelajari dapat diterapkan dalam berbagai konteks kehidupan nyata.



Salah satu model pembelajaran yang dinilai relevan untuk menjawab tantangan tersebut adalah Problem-Based Learning (PBL). PBL merupakan model pembelajaran yang menjadikan permasalahan nyata sebagai titik awal pembelajaran dan menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam proses belajar, sementara guru berperan sebagai fasilitator (Hmelo-Silver, 2004). PBL memperkuat pemahaman konsep melalui kegiatan pembelajaran yang berpusat pada penyelesaian masalah kontekstual. Dalam prosesnya, siswa didorong untuk mengidentifikasi masalah, mengeksplorasi berbagai sumber informasi, berdiskusi, serta menyusun solusi berdasarkan konsep ilmiah. Proses tersebut membantu siswa menghubungkan konsep-konsep biologi dengan fenomena kehidupan nyata sehingga pemahaman yang terbentuk menjadi lebih mendalam dan bermakna (Fina & Mulyono, 2025)

Dalam penelitian terdahulu ditemukan adanya perbedaan hasil belajar kognitif antara siswa yang menerapkan pendekatan STEAM dengan model Problem Based Learning dan siswa yang menggunakan pembelajaran konvensional. Penerapan STEAM-PBL membuat siswa lebih aktif menemukan konsep melalui masalah nyata sehingga hasil belajar meningkat (Astuti et al., 2023). Penelitian lain juga menyimpulkan bahwa hasil belajar kognitif peserta didik yang diajar menggunakan pendekatan LABIRIN lebih tinggi dibandingkan kelompok yang diajar menggunakan pendekatan tradisional (Susanty Manalu & Lumbantobing, 2024)

Penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa pembelajaran model PBL, pendekatan STEAM dan pendekatan Labirin telah mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa. Namun demikian penelitian yang mengintegrasikan PBL, STEAM, dan pendekatan LABIRIN secara simultan dalam pembelajaran IPA Biologi materi Ekosistem terhadap aspek pemahaman konsep belum dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh model Problem Based terintegrasi STEAM dan Labirin untuk meningkatkan kemampuan pemahaman konsep IPA di SMA Trinitas Bandung, sebagai upaya meningkatkan kualitas pembelajaran IPA yang lebih bermakna dan kontekstual.

KAJIAN TEORI

Problem-Based Learning (PBL) merupakan model pembelajaran yang menjadikan masalah nyata sebagai titik awal dalam proses belajar. Model ini menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran (*student-centered learning*) dan mendorong mereka untuk secara aktif membangun pengetahuan melalui proses penyelidikan dan pemecahan masalah. Dalam konteks pendidikan sains, PBL memungkinkan siswa memahami konsep secara lebih bermakna karena pembelajaran berangkat dari situasi autentik yang relevan dengan kehidupan nyata.

PBL merupakan pendekatan pembelajaran yang menekankan keaktifan peserta didik dalam membangun pengetahuan melalui penyelesaian masalah. Kemandirian peserta didik tercermin dari kemampuannya mencari, mengumpulkan, dan mengolah informasi yang relevan sebagai dasar untuk melakukan investigasi dan merumuskan solusi terhadap permasalahan yang dipelajari (Asyhari, 2018). Karakteristik Problem-Based Learning (PBL) ditandai oleh pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dengan menggunakan masalah nyata yang bersifat tidak terstruktur sebagai pemicu utama proses belajar. Dalam PBL, pembelajaran berlangsung secara kolaboratif dalam kelompok kecil, sehingga menumbuhkan kemampuan komunikasi,



kerja sama, dan negosiasi makna. Tutor berperan sebagai fasilitator yang membimbing proses berpikir dan refleksi, bukan sebagai sumber utama informasi.

Pembelajaran berbasis masalah terdiri dari lima fase dan perilaku (Arends, 2012). Fase-fase dan perilaku tersebut merupakan tindakan berpola. Pola ini diciptakan agar hasil pembelajaran dengan pengembangan pembelajaran berbasis masalah dapat diwujudkan. Fase 1: mengorientasikan siswa pada masalah. Pada fase ini guru menjelaskan tujuan pembelajaran, menyampaikan kebutuhan atau persyaratan penting yang berkaitan dengan kegiatan, serta memotivasi siswa untuk terlibat dalam aktivitas pemecahan masalah. Fase 2: mengorganisasikan siswa untuk belajar. Pada fase ini guru membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas-tugas belajar yang berkaitan dengan masalah. Fase 3: membimbing penyelidikan individu dan kelompok. Pada fase ini guru mendorong siswa untuk mengumpulkan informasi yang relevan, melakukan eksperimen, serta mencari penjelasan dan solusi. Fase 4: mengembangkan dan menyajikan artefak atau hasil karya. Pada fase ini guru membantu siswa merencanakan dan menyiapkan produk yang sesuai, seperti laporan, video, atau model, serta membimbing mereka dalam mempresentasikan hasil kerja kepada orang lain. Fase 5: menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Pada fase ini guru membantu siswa melakukan refleksi terhadap proses penyelidikan dan strategi yang telah mereka gunakan.

STEAM merupakan pendekatan pembelajaran terpadu yang mengintegrasikan lima disiplin ilmu, yaitu *Science* (Sains), *Technology* (Teknologi), *Engineering* (Rekayasa), *Arts* (Seni), dan *Mathematics* (Matematika), dalam satu kerangka pembelajaran yang kontekstual dan kolaboratif. Pendekatan ini berkembang dari konsep STEM yang kemudian ditambahkan unsur Arts untuk memperkuat aspek kreativitas dan inovasi. Dalam STEAM ada 6 tahapan pembelajaran antara lain fokus, rincian, penemuan, penerapan, presentasi, keterkaitan (Institute for Arts Integration and STEAM, 2025)

Tabel 1. Tahapan STEAM

Tahap STEAM	Deskripsi Kegiatan
Focus (Fokus)	Siswa menentukan pertanyaan esensial atau masalah yang akan diselesaikan serta mengkaitkannya dengan unsur STEAM.
Detail (Rincian)	Siswa mengidentifikasi faktor penyebab masalah, informasi pendukung, serta keterampilan yang diperlukan untuk menyelesaikannya.
Discovery (Penemuan)	Siswa melakukan investigasi terhadap berbagai solusi yang telah ada dan mempelajari keterampilan yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah.
Application (Penerapan)	Siswa merancang dan mengembangkan solusi atau karya dengan menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang telah diperoleh.
Presentation (Presentasi)	Siswa mempresentasikan solusi atau karya untuk memperoleh umpan balik dan mengomunikasikan hasil pemikirannya.
Link (Keterkaitan/Refleksi Lanjutan)	Siswa merefleksikan proses pembelajaran dan umpan balik yang diperoleh untuk menyempurnakan solusi atau karya.

Pendekatan LABIRIN merupakan inovasi pembelajaran yang dikembangkan untuk menciptakan suasana belajar yang seru, interaktif, dan unik, sehingga mampu mengakomodasi keterlibatan kognitif, afektif, dan kinestetik peserta didik secara menyeluruh. LABIRIN merupakan akronim dari Seru, Interaktif, Unik. Pendekatan LABIRIN merupakan suatu cara atau metode yang dipakai oleh pendidik selama



merancang dan menyampaikan pembelajaran kepada peserta didik, dengan menciptakan lingkungan belajar yang menarik tau seru, melibatkan peserta didik secara aktif, serta memiliki unsur keunikan dalam pembelajaran Pendekatan LABIRIN memiliki 7 elemen antara lain : seru berpikir, seru bergerak, interaktif manusia dengan Tuhan, interaktif manusia dengan manusia, interaktif manusia dengan alam, unik bebas bermain dan unik bebas berekspresi.

Pemahaman konsep merupakan salah satu tujuan utama dalam pembelajaran, khususnya dalam pembelajaran IPA yang menekankan keterkaitan antar konsep dan penerapan dalam konteks nyata. Pemahaman tidak sekadar mengingat fakta, tetapi melibatkan kemampuan menjelaskan, menginterpretasi, mengaplikasikan, serta menghubungkan konsep secara bermakna. Dalam perspektif Understanding by Design (UbD) yang dikembangkan oleh Wiggins dan McTighe pemahaman dipandang sebagai kemampuan siswa untuk menggunakan pengetahuan secara fleksibel dan bermakna dalam berbagai situasi. Wiggins menekankan bahwa pemahaman sejati terjadi ketika siswa mampu mentransfer pengetahuan ke situasi baru, bukan sekadar mengulang informasi yang telah dipelajari. Pemahaman tidak hanya sekadar menghafal informasi, tetapi mencerminkan kemampuan siswa dalam memahami makna suatu konsep secara mendalam. Dalam perspektif UbD terdapat enam aspek pemahaman yang dikenal sebagai *Six Facets of Understanding*, yaitu *explanation, interpretation, application, perspective, empathy, dan self-knowledge* (Wiggins & McTighe, 2012)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif menggunakan *quasi experiment pretest-posttest control group design*. Desain ini digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel terikat dengan melibatkan dua kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (Creswell, 2012). Kelompok eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan model Problem-Based Learning (PBL) terintegrasi STEAM dan Labirin, sedangkan kelompok kontrol memperoleh pembelajaran dengan model PBL saja

Tabel 2. Desain *Quasi-Experimental Pretest–Posttest Control Group Design*

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Kelompok Kontrol	O ₁	-	O ₂
Kelompok Eksperimen	O ₃	X	O ₄

Keterangan:

O₁ : Pretest pada kelompok kontrol

O₂ : Posttest pada kelompok kontrol

O₃ : Pretest pada kelompok eksperimen

O₄ : Posttest pada kelompok eksperimen

X : Perlakuan (pembelajaran menggunakan model PBL terintegrasi STEAM-Labirin)

_ : Tidak diberikan perlakuan (menggunakan pembelajaran PBL)

Subjek penelitian adalah siswa kelas X (Fase E) SMA Trinitas Bandung. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas X yang terdiri atas lima kelas dengan jumlah 158 siswa. Sampel penelitian ditentukan menggunakan *cluster random sampling*, dengan memilih 2 kelas secara acak untuk dijadikan kelas eksperimen



yang terdiri dari 28 siswa dan kelas kontrol yang terdiri dari 26 siswa. *Cluster random sampling* merupakan teknik pengambilan sampel yang serupa dengan *simple random sampling*, namun unit yang dipilih adalah kelompok-kelompok (Fraenkel et al., 2023). Variabel dalam penelitian ini terdiri dari 3 variabel yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) terintegrasi STEAM dan Labirin yang diterapkan pada kelas eksperimen. Variabel terikat dalam penelitian meliputi pemahaman konsep. Variabel Kontrol dalam penelitian ini adalah materi yang diajarkan (Ekosistem), waktu pembelajaran dan guru pengajar

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan tes. Pelaksanaan tes dilakukan dalam dua tahap, yaitu pretest dan posttest. Pretest diberikan sebelum perlakuan pembelajaran untuk mengetahui kemampuan awal siswa berkaitan dengan materi yang diajarkan, sedangkan posttest diberikan setelah perlakuan untuk mengetahui peningkatan kemampuan siswa. Instrumen tes terdiri dari 4 soal pilihan ganda beralasan dan 2 tes uraian sesuai dengan indikator pemahaman konsep menurut Wiggins dan McTighe. Analisis kualitas instrumen penelitian meliputi uji validitas, daya beda, tingkat kesukaran, dan reliabilitas.

Tabel 3. Indikator tes pemahaman konsep

No Indikator.	Indikator	Bentuk Soal	Skor Maksimal
1	Menjelaskan	Pilihan ganda beralasan	4
2	Empati	Pilihan ganda beralasan	4
3	Interpretasi	Pilihan ganda beralasan	4
4	Aplikasi	Pilihan ganda beralasan	4
5	Perspektif	Soal uraian	6
6	Pengetahuan diri	Soal uraian	6

Teknik analisis data dalam penelitian ini diawali dengan analisis deskriptif untuk menggambarkan karakteristik data yang meliputi nilai rata-rata (mean), nilai minimum, nilai maksimum, dan standar deviasi dari skor pretest dan posttest pemahaman konsep. Peningkatan pemahaman konsep dianalisis menggunakan nilai *normalized gain* (N-gain) yang dihitung berdasarkan skor pretest dan posttest untuk mengklasifikasikan tingkat peningkatan hasil belajar ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi. Rata-rata *normalized gain* ($\langle g \rangle$) untuk suatu pembelajaran didefinisikan sebagai perbandingan antara rata-rata peningkatan aktual ($\langle G \rangle$) dengan rata-rata peningkatan maksimum yang mungkin dicapai (Hake, 1998):

$$\langle g \rangle = \frac{\langle G \rangle}{\langle G \rangle_{Max}} = \frac{(\% \langle S_f \rangle) - (\% \langle S_i \rangle)}{100 - (\% \langle S_i \rangle)}$$

Tabel 1. Kategori nilai N-Gain ($\langle g \rangle$)

Nilai ($\langle g \rangle$)	Kategori
$\langle g \rangle \geq 0,7$	tinggi (<i>high-g</i>)
$0,3 \leq \langle g \rangle < 0,7$	sedang (<i>medium-g</i>)
$\langle g \rangle < 0,3$	rendah (<i>low-g</i>)

Analisis perbedaan N-gain antara kelas eksperimen dan kelas kontrol diawali dengan uji prasyarat analisis parametrik yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan Shapiro-Wilk karena



jumlah sampel kurang dari 50. Jika data memenuhi prasyarat uji parametrik maka dilanjutkan dengan uji Independen Sampel t test. Sedangkan jika uji prasyarat tidak dipenuhi dilanjutkan dengan uji Mann Whitney

HASIL DAN PEMBAHASAN

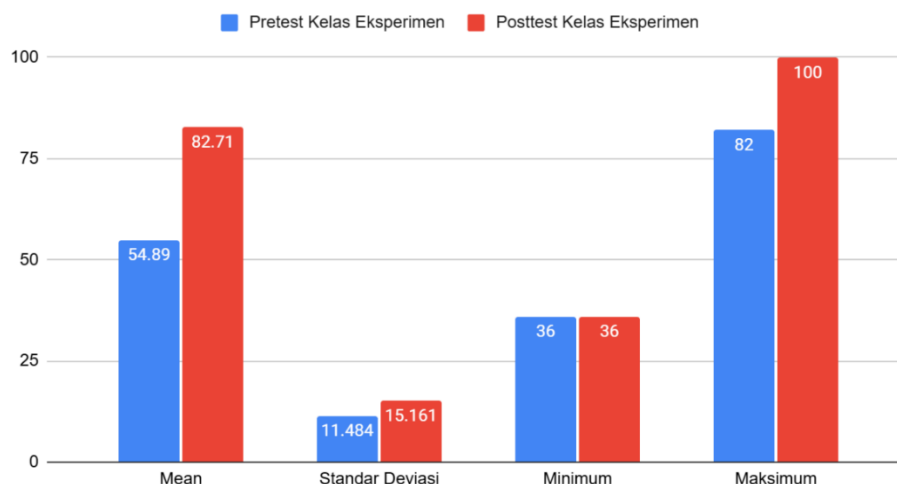
Pada bagian ini akan disajikan data hasil penelitian kemampuan pemahaman konsep siswa antara kelompok yang memperoleh pembelajaran PBL terintegrasi STEAM dan Labirin dan kelompok yang memperoleh pembelajaran PBL

Tabel 5. Rata-Rata Skor Siswa Setiap Indikator

Indikator	Skor Max	Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
		Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
Menjelaskan	4	1.32	3.29	1.27	2.5
Empati	4	2.39	3	2	2.5
Interpretasi	4	2.07	3.68	2.38	3.19
Aplikasi	4	2.43	3.14	2.19	3.35
Perspektif	6	3.68	5.25	3.81	5.5
Pengetahuan diri	6	3.46	4.82	4.12	5

Pemahaman Konsep Kelas Eksperimen

Berdasarkan hasil analisis deskriptif, diperoleh bahwa nilai rata-rata posttest sebesar 82,71, nilai ini lebih tinggi dibandingkan pretest yang hanya mencapai 54,89. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar siswa setelah diberikan perlakuan pembelajaran. Penyebaran data pada posttest juga cenderung lebih besar dibandingkan pretest yang terlihat dari nilai standar deviasi. Dengan demikian, data deskriptif ini memberikan gambaran awal bahwa proses pembelajaran yang diterapkan mampu meningkatkan hasil belajar siswa pada kelas eksperimen



Gambar 1. Statistik Deskriptif Pemahaman Konsep Kelas Eksperimen

Berdasarkan tabel N-Gain per indikator pemahaman konsep pada kelas eksperimen, terlihat bahwa peningkatan kemampuan siswa pada kelas eksperimen secara umum berada pada kategori sedang. Pada kelas eksperimen, indikator dengan nilai N-Gain tertinggi terdapat pada indikator interpretasi sebesar 0,83 dengan

kategori tinggi, yang menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan sangat efektif dalam meningkatkan kemampuan siswa pada indikator tersebut. Sementara itu, indikator dengan nilai N-Gain terendah terdapat pada indikator empati sebesar 0,38 yang masih berada pada kategori sedang.

Tabel 6. N-Gain Pemahaman Konsep Kelas Eksperimen

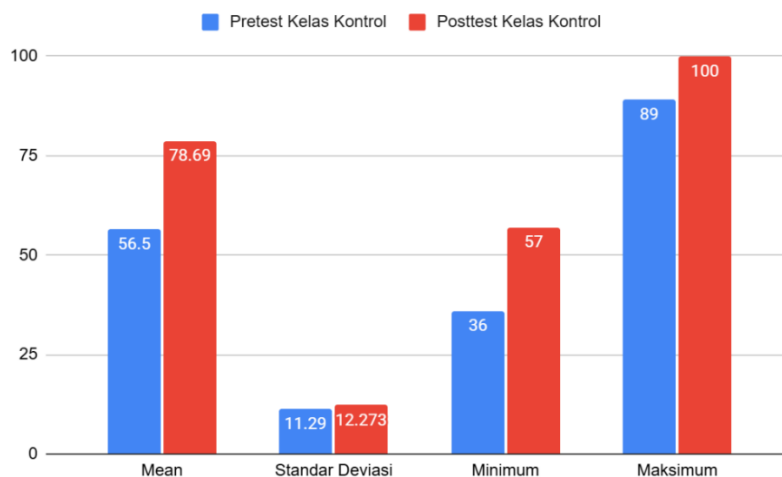
Indikator	N-Gain	Kategori
Menjelaskan	0,74	Sedang
Empati	0,38	Sedang
Interpretasi	0,83	Tinggi
Aplikasi	0,45	Sedang
Perspektif	0,68	Sedang
Pengetahuan diri	0,54	Sedang

Perhitungan N-gain pada variabel pemahaman konsep berdasarkan seluruh indikator dilakukan dengan menggunakan rata-rata skor pretest dan posttest yang diperoleh siswa pada kelas eksperimen.

$$\langle g \rangle = \frac{\langle G \rangle}{\langle G \rangle_{Max}} = \frac{(\% \langle S_f \rangle) - (\% \langle S_i \rangle)}{100 - (\% \langle S_i \rangle)} = \frac{82,71 - 54,89}{100 - 54,89} = 0,62$$

Pemahaman Konsep Kelas Kontrol

Berdasarkan hasil analisis deskriptif, diperoleh bahwa nilai rata-rata posttest sebesar 78,69 lebih tinggi dibandingkan pretest yang hanya mencapai 56,5. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar siswa setelah diberikan perlakuan pembelajaran yaitu model PBL. Penyebaran data pada pretest dan posttest hanya memiliki selisih yang kecil yaitu 0,953 terlihat dari nilai standar deviasi. Dengan demikian, data deskriptif ini memberikan gambaran awal bahwa proses pembelajaran yang diterapkan mampu meningkatkan hasil belajar siswa pada kelas eksperimen



Gambar 2. Statistik Deskriptif Pemahaman Konsep Kelas Kontrol

Berdasarkan tabel N-Gain per indikator pemahaman konsep di atas, terlihat bahwa peningkatan kemampuan siswa pada kontrol secara umum berada pada kategori sedang. Pada kelas kontrol, sebagian besar indikator juga berada pada kategori sedang, namun terdapat satu indikator dengan kategori tinggi yaitu

perspektif dengan nilai N-Gain sebesar 0,77. Nilai N-Gain terendah pada kelas kontrol terdapat pada indikator empati sebesar 0,25 dengan kategori rendah.

Tabel 7. N-Gain Pemahaman Konsep Kelas Kontrol

Indikator	N-Gain Kelas Kontrol	Kategori
Menjelaskan	0,45	Sedang
Empati	0,25	Rendah
Interpretasi	0,50	Sedang
Aplikasi	0,64	Sedang
Perspektif	0,77	Tinggi
Pengetahuan diri	0,47	Sedang

Perhitungan N-gain pada variabel pemahaman konsep berdasarkan seluruh indikator dilakukan dengan menggunakan rata-rata skor pretest dan posttest yang diperoleh siswa pada kelas kontrol.

$$\langle g \rangle = \frac{\langle G \rangle}{\langle G \rangle_{Max}} = \frac{(\% \langle S_f \rangle) - (\% \langle S_i \rangle)}{100 - (\% \langle S_i \rangle)} = \frac{78,69 - 56,38}{100 - 56,38} = 0,51$$

Perbedaan N-gain Pemahaman Konsep Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan peningkatan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol signifikan secara statistik, maka dilakukan uji statistik terhadap data N-Gain kedua kelas. Uji statistik ini bertujuan untuk menentukan apakah perbedaan nilai N-Gain yang diperoleh benar-benar disebabkan oleh perlakuan pembelajaran yang diberikan. Dalam uji ini Hipotesis Nol (H_0) : Tidak terdapat perbedaan peningkatan pemahaman konsep siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol sedangkan Hipotesis Alternatif (H_1): Terdapat perbedaan peningkatan pemahaman konsep siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Sebelum dilakukan uji hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat berupa uji normalitas dan uji homogenitas terhadap data N-Gain.

Tabel 8. Uji Normalitas N Gain

Variabel	Kelas	Shapiro-Wilk Statistic	df	Sig.
NGain	Kelas Eksperimen	0.914	28	0.024
NGain	Kelas Kontrol	0.959	26	0.369

Pada kelas eksperimen diperoleh nilai signifikansi Shapiro Wilk sebesar 0,024. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka data N-Gain pada kelas eksperimen tidak berdistribusi normal. Sementara itu, pada kelas kontrol diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,369, maka data N-Gain pada kelas kontrol berdistribusi normal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data N-Gain tidak sepenuhnya memenuhi asumsi normalitas karena salah satu kelompok memiliki distribusi data yang tidak normal. Oleh karena itu, pengujian hipotesis dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik, yaitu uji Mann–Whitney.

Tabel 9. Uji Mann Whitney

Statistik	Nilai
Mann-Whitney U	249.000
Z	-1.992
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.046

Berdasarkan hasil uji Mann–Whitney terhadap data N-Gain, diperoleh nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,046. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05,



maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan pemahaman konsep yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil uji Mann–Whitney menunjukkan nilai U sebesar 249,000 dan nilai Z sebesar $-1,992$, yang memperkuat adanya perbedaan distribusi N-Gain antara kedua kelompok

Pembahasan

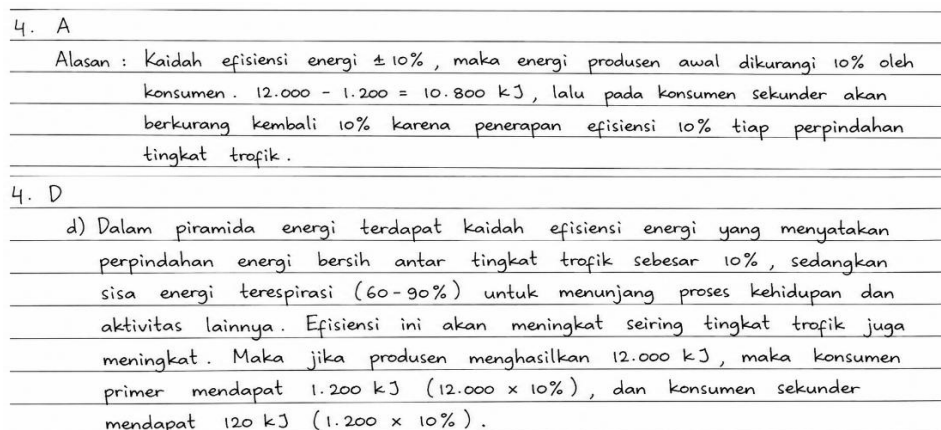
Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan setelah diterapkan model PBL terintegrasi STEAM dan Labirin. Hal ini ditunjukkan adanya peningkatan rata-rata nilai pretest sebesar 54,89 menjadi 82,32 pada posttest. Hal ini terjadi juga pada kelas kontrol nilai rata-rata posttest sebesar 78,69 lebih tinggi dibandingkan pretest yang hanya mencapai 56,5. Jika dilihat dari standar deviasi hasil pretes kelas eksperimen dan kelas kontrol, maka terlihat bahwa standar deviasi nilai tidak jauh berbeda. Namun demikian standar deviasi nilai posttest kelas eksperimen lebih tinggi dari pada kelas kontrol. Variasi nilai posttest pada kelas eksperimen diduga dipengaruhi oleh perbedaan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran, kemampuan awal, tingkat kehadiran, serta kemampuan masing-masing siswa dalam mengikuti tahapan Problem Based Learning yang menuntut aktivitas penyelidikan, diskusi, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Beberapa siswa yang tidak mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran karena sakit atau mengikuti kegiatan sekolah sehingga kesempatan memperoleh pengalaman belajar menjadi tidak sama. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pencapaian pemahaman konsep yang lebih beragam antar siswa (Annisa et al., 2023)

Peningkatan pemahaman konsep siswa juga dapat dilihat dengan nilai N-Gain. Dari hasil perhitungan nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,62. Menurut kriteria *normalized gain* yang dikemukakan oleh Richard R. Hake, nilai N-Gain sebesar 0,62 masuk dalam kategori sedang karena berada pada rentang $0,30 \leq g < 0,70$. Nilai N-Gain sebesar 0,62 pada kelas eksperimen menunjukkan bahwa siswa mampu mencapai sekitar 62% dari kemungkinan peningkatan maksimum yang dapat dicapai setelah pembelajaran. Berdasarkan hasil perhitungan N-Gain kelas kontrol diperoleh nilai sebesar 0,51 dalam kategori sedang. Perhitungan ini menunjukkan bahwa kelas kontrol juga mengalami peningkatan pemahaman konsep setelah proses pembelajaran dilaksanakan. Dari hasil tersebut kelas eksperimen dan kelas kontrol sama-sama mengalami peningkatan dalam pemahaman konsep dengan kategori sedang, namun peningkatan pada kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol. Hal ini dengan sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pembelajaran PBL dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa (Anggraini & Indrati, 2026)

Indikator interpretasi memperoleh peningkatan tertinggi pada kelas eksperimen dengan N-Gain sebesar 0,83 dengan kategori tinggi. Pada kelas kontrol N-Gain pada indikator ini hanya mencapai nilai 0,5 dengan kategori sedang. Dalam soal pretest maupun posttest indikator ini diuji dengan soal yang meminta siswa untuk memberikan makna tentang aliran energi dalam rantai makanan berdasarkan gambar piramida energi yang diberikan. Lebih spesifik siswa diminta untuk menghitung jumlah energi yang ditransfer pada tingkat trofik berikutnya. Pada sintaks PBL yang kedua yaitu mengorganisasikan peserta didik untuk belajar, kelas eksperimen memperoleh perlakuan yang berbeda dengan kelas kontrol. Pada kelas eksperimen



proses pembagian kelompok dilakukan dengan permainan matematika perhitungan persentase. Aktivitas ini tidak hanya menciptakan suasana belajar yang menyenangkan melalui elemen Labirin seru bermain, tetapi juga mengintegrasikan unsur *mathematics* dalam pendekatan STEAM. Berbeda dengan kelas kontrol, siswa langsung dibagi ke dalam kelompok sesuai dengan tempat duduk terdekat. Proses memahami aliran energi berlangsung dalam sintaks 3 PBL yaitu membimbing penyelidikan individu maupun kelompok. Perbedaan antara kedua kelas terletak pada penggunaan LKPD. Pada kelas eksperimen penyelidikan dilakukan dengan bantuan LKPD yang dirancang untuk mengidentifikasi masalah mengumpulkan dan menganalisis informasi serta menyusun solusi dari masalah. Kegiatan ini merupakan implementasi dari unsur *engineering* dalam STEAM. Pada kelas kontrol penyelidikan dilakukan dengan menggunakan LKPD dengan pertanyaan yang lebih bersifat terbuka sehingga proses berpikir peserta didik tidak terfasilitasi secara sistematis seperti pada kelas eksperimen. Kondisi ini diduga menjadi salah satu faktor yang mendukung peningkatan pemahaman konsep pada indikator interpretasi peserta didik pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa perangkat pendukung yang menarik dan interaktif, seperti LKPD maupun media pembelajaran yang melibatkan aktivitas siswa, memperkuat konstruksi konsep melalui keterlibatan aktif peserta didik (Fina & Mulyono, 2025)



Gambar 3. Jawaban siswa untuk indikator interpretasi, atas : pretest, bawah: postest

Indikator empati pada kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain yang paling kecil yaitu sebesar $0,30$ dengan kategori sedang. Demikian juga pada kelas kontrol, indikator ini juga merupakan indikator dengan nilai N-Gain terendah yaitu sebesar $0,25$ dalam kategori rendah. Indikator ini diuji dengan soal yang meminta siswa untuk memilih tindakan yang tepat sebagai bentuk empati terhadap nelayan dan konsumen ikan akibat pencemaran mikroplastik di ekosistem laut. Di kelas eksperimen, aktivitas terkait indikator empati dilakukan dalam sintaks 1 PBL yaitu orientasi masalah dengan memanfaatkan Padlet sebagai elemen *technology* dalam pendekatan STEAM. Dengan menggunakan Padlet, siswa diminta untuk memberikan *reaction* terhadap isu ekosistem yang disajikan serta menuliskan uraian mengenai perasaan dan sudut pandang mereka terhadap isu tersebut. Aktivitas ini juga terintegrasi dengan elemen Labirin Interaktif yang menekankan hubungan antar manusia. Berbeda dengan kelas kontrol, kesempatan siswa untuk mengungkapkan empati hanya difasilitasi melalui diskusi dan tanya jawab secara lisan. Wiggins dan

McTighe menjelaskan bahwa empati muncul ketika siswa dapat memahami dan merasakan perspektif orang lain terkait suatu masalah (Wiggins & McTighe, 2012). Pembelajaran yang mengangkat permasalahan nyata dan kontekstual memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara emosional sehingga kemampuan berempati berkembang lebih optimal. Peningkatan pada indikator empati yang masih kurang optimal dapat disebabkan oleh masalah yang ada dalam soal yang belum sepenuhnya relevan atau terkait dengan pengalaman sehari-hari siswa. Pembelajaran yang mengangkat permasalahan nyata dan kontekstual memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara emosional sehingga kemampuan berempati berkembang lebih optimal (Kustiarini et al., 2025)

Indikator menjelaskan pada kelas eksperimen memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,74 (kategori tinggi), sedangkan kelas kontrol memperoleh 0,45 (kategori sedang). Menurut Wiggins dan McTighe faset menjelaskan merupakan kemampuan peserta didik menjelaskan konsep, prinsip, atau fenomena secara jelas dan logis. Peningkatan yang lebih tinggi pada kelas eksperimen diduga dipengaruhi oleh perbedaan perlakuan yang diberikan. Pada kelas eksperimen, siswa mempelajari konsep interaksi dalam ekosistem melalui permainan interaktif rantai makanan dan penyusunan peta konsep yang terintegrasi dengan unsur *art* dalam STEAM serta elemen Labirin Seru bereksprei dan seru bermain. Aktivitas tersebut mendorong keterlibatan aktif siswa dalam memahami hubungan antar komponen ekosistem. Sebaliknya, pada kelas kontrol pemahaman konsep dikembangkan melalui LKPD yang memfasilitasi identifikasi dan analisis bentuk interaksi dalam ekosistem tanpa integrasi STEAM maupun permainan interaktif. Temuan ini sejalan dengan penelitian Indiaka yang menyatakan bahwa gamifikasi mampu meningkatkan pemahaman konsep biologi melalui keterlibatan aktif dan motivasi belajar yang lebih tinggi, sehingga siswa lebih mudah membangun dan menjelaskan konsep yang dipelajari (Indiaka et al., 2025). Peningkatan yang lebih besar pada kelas eksperimen juga selaras dengan teori yang dikemukakan Joseph D. Novak bahwa peta konsep dapat digunakan sebagai alat untuk membantu siswa mengorganisasi dan menghubungkan berbagai konsep secara hierarkis, sehingga hubungan antar konsep menjadi lebih jelas (Novak & Cañas, 2006).

Indikator aplikasi diuji dengan soal yang meminta siswa untuk mengaplikasikan konsep interaksi organisme, aliran energi, dan daur materi terhadap masalah ekosistem. Pada indikator aplikasi kelas eksperimen memperoleh nilai N-gain sebesar 0,45 dengan kategori sedang. Nilai ini lebih rendah dari N-Gain kelas kontrol dengan nilai N-gain sebesar 0,64. Kondisi ini diduga disebabkan oleh karakteristik pembelajaran PBL terintegrasi STEAM dan Labirin yang menuntut peserta didik terlibat dalam berbagai aktivitas, seperti penggunaan teknologi Padlet, permainan edukatif, dan membuat peta konsep dan adanya telaah hasil proses evaluasi presentasi kelompok lain. Dari pembahasan sebelumnya aktivitas tersebut berperan besar terhadap penguatan pemahaman konsep, namun memerlukan waktu adaptasi sehingga kemampuan menerapkan konsep pada konteks soal yang berbeda belum berkembang secara optimal. Pembelajaran yang terlalu banyak aktivitas dapat meningkatkan *extraneous cognitive load* (beban kognitif ekstrinsik) sehingga kapasitas memori kerja siswa berkurang untuk memahami dan mentransfer konsep (NSW Government, 2017)

Indikator perspektif diuji melalui soal yang meminta siswa memberikan sudut pandang secara ekologi dan sosial ekonomi terhadap permasalahan mikroplastik di



ekosistem pesisir. Pada indikator ini, kelas eksperimen memperoleh nilai N-gain sebesar 0,68 (kategori sedang), sedangkan kelas kontrol memperoleh nilai N-gain sebesar 0,77 (kategori tinggi). Menurut Wiggins dan McTighe perspektif merupakan kemampuan melihat suatu fenomena dari berbagai sudut pandang, mengevaluasi berbagai alternatif penjelasan, serta mempertimbangkan alasan yang mendasari setiap sudut pandang. Peningkatan yang lebih rendah pada kelas eksperimen diduga dipengaruhi oleh perbedaan teknis selama kegiatan presentasi hasil penyelidikan. Pada kelas eksperimen, siswa tidak hanya menyimak presentasi, tetapi juga diminta mengevaluasi presentasi kelompok lain menggunakan pendekatan STEAM. Kondisi tersebut menyebabkan perhatian siswa terbagi antara memahami isi presentasi dan menyelesaikan tugas penilaian. Menurut *Cognitive Load Theory*, banyaknya aktivitas yang harus diproses secara bersamaan dapat meningkatkan beban kognitif sehingga kesempatan siswa untuk mengeksplorasi berbagai sudut pandang menjadi kurang optimal (Sweller et al., 2019). Sebaliknya, pada kelas kontrol siswa memiliki waktu yang lebih leluasa untuk berdiskusi, mengajukan pertanyaan, dan mengevaluasi berbagai alternatif solusi selama presentasi. Kesempatan berdialog dan bertukar gagasan tersebut memungkinkan siswa mengembangkan kemampuan melihat suatu permasalahan dari berbagai perspektif, sebagaimana dijelaskan dalam teori konstruktivisme sosial bahwa interaksi dan diskusi merupakan proses penting dalam membangun pemahaman

Indikator pengetahuan diri (*self-knowledge*) diukur melalui tugas refleksi yang meminta peserta didik mengidentifikasi hambatan yang dihadapi serta menyusun strategi belajar untuk meningkatkan pemahaman konsep. Menurut Wiggins dan McTighe, *self-knowledge* merupakan kemampuan menyadari proses berpikir, mengenali kekuatan dan keterbatasan diri, serta merefleksikan pemahaman yang dimiliki. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh N-Gain sebesar 0,54 (kategori sedang), lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang memperoleh N-Gain sebesar 0,47. Peningkatan tersebut diduga dipengaruhi oleh karakteristik pembelajaran PBL terintegrasi STEAM dan Labirin yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat aktif dalam seluruh tahapan pembelajaran. Melalui kegiatan penyelidikan, diskusi kelompok, penggunaan LKPD, pemanfaatan Padlet, serta penyusunan solusi terhadap permasalahan, peserta didik terdorong untuk mengevaluasi pemahaman yang dimiliki, mengidentifikasi bagian yang belum dipahami, dan merencanakan strategi perbaikan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Asyhari yang menyatakan bahwa PBL mendorong peserta didik menjadi pembelajaran reflektif melalui proses identifikasi masalah dan evaluasi terhadap pemahaman yang dimiliki sehingga kemampuan metakognitif meningkat (Asyhari, 2018; Savery & Duffy, 1995)

Dari pembahasan sebelumnya, jika dibandingkan antara kedua kelas, kelas eksperimen memiliki nilai N-Gain yang lebih tinggi pada beberapa indikator, seperti menjelaskan, interpretasi, pengetahuan diri, dan empati. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran pada kelas eksperimen lebih mampu meningkatkan kemampuan siswa pada indikator-indikator tersebut dibandingkan pembelajaran pada kelas kontrol. Namun demikian, pada indikator aplikasi dan perspektif, kelas kontrol memperoleh nilai N-Gain yang lebih tinggi dibandingkan kelas eksperimen. Secara keseluruhan, hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran pada kelas eksperimen memberikan peningkatan kemampuan yang cenderung lebih baik dibandingkan kelas kontrol, terutama pada indikator interpretasi. Perbedaan peningkatan tersebut dapat terjadi



karena pembelajaran pada kelas eksperimen memberikan kesempatan kepada siswa untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran, baik melalui kegiatan berpikir, diskusi, pemecahan masalah, maupun keterlibatan langsung dalam proses belajar dengan integrasi STEAM dan Labirin. Keterlibatan aktif siswa tersebut membantu siswa membangun pemahaman konsep khususnya indikator menjelaskan, interpretasi, pengetahuan diri, dan empati.

Analisis selanjutnya difokuskan pada pengujian signifikansi perbedaan peningkatan pemahaman konsep secara keseluruhan, yang dihitung berdasarkan rata-rata peningkatan pada keenam indikator pemahaman konsep. Pengujian signifikansi ini dilakukan dengan uji Mann Whitney karena data N-gain di kelas eksperimen tidak berdistribusi normal. Dari hasil uji Mann-Whitney disimpulkan bahwa terlihat perbedaan peningkatan pemahaman konsep yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, yang ditunjukkan dengan nilai signifikansi 0,046. Meskipun berbeda secara signifikan namun model pembelajaran PBL dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Anggraini & Indrati, 2026) bahwa pembelajaran dengan model PBL dapat meningkatkan pemahaman siswa jika dikaitkan dengan masalah-masalah yang berkaitan dengan isu lingkungan. Peningkatan pemahaman konsep diperkuat dengan adanya integrasi Labirin dan STEAM. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan (Susanty Manalu & Lumbantobing, 2024) bahwa pendekatan Labirin yang lebih variatif dan interaktif mampu meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar peserta didik lebih manjur dibandingkan dengan pendekatan tradisional, sehingga pendekatan ini sangat direkomendasikan pada pencapaian hasil kognitif siswa. (Wedanthi et al., 2024) juga mengungkapkan bahwa Penerapan PBL berbasis STEAM dapat meningkatkan pemahaman konsep jika dibandingkan dengan pembelajaran yang tidak terintegrasi. Hasil penelitian juga sejalan dengan penelitian Ibefati yang mengemukakan bahwa pembelajaran dengan PBL secara signifikan dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa (Ibefati Zai et al., 2025)

KESIMPULAN

Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) pada kelas kontrol mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi ekosistem dengan nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,51 yang termasuk dalam kategori sedang. Sementara itu, pembelajaran Problem Based Learning (PBL) terintegrasi STEAM dan Labirin pada kelas eksperimen menghasilkan rata-rata N-Gain sebesar 0,62, yang juga berada pada kategori sedang, namun menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara peningkatan pemahaman konsep siswa pada kedua kelas, sehingga dapat disimpulkan bahwa pembelajaran PBL terintegrasi STEAM dan Labirin lebih efektif dibandingkan pembelajaran PBL dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi ekosistem. Integrasi STEAM dan Labirin memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual, mendorong keterlibatan aktif siswa dalam mengidentifikasi dan memecahkan masalah, serta membantu siswa menghubungkan konsep-konsep biologi dengan fenomena yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengetahui perbedaan peningkatan pemahaman konsep siswa antara kelas yang menggunakan PBL terintegrasi STEAM



dan Labirin dengan kelas yang menggunakan PBL telah tercapai, di mana kelas eksperimen menunjukkan peningkatan pemahaman konsep yang lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, S. D., & Indrati, D. A. (2026). Pengaruh Problem Based Learning terhadap Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Isu-isu Lingkungan. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains Dan Terapan*, 6(1), 507–517. <https://doi.org/10.36312/panthera.v6i1.1010>
- Annisa, F., Sidqie, R., & Maslind. (2023). Korelasi Tingkat Absensi dengan Hasil Belajar Peserta Didik di SMA 4 Negeri Banda Aceh Kelas X IA 1. In *Educator Development Journal* (Vol. 1, Number 1).
- Arends, R. (2012). *Learning to Teach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Astuti, L., Mayasari, D., Setyowati, R., Sekolah, L. A., & Keguruan, T. (2023). Pengaruh Pendekatan Steam dengan Model Problem Based Learning (PBL) terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Pembelajaran IPA SDN 15 Singkawang. 4, 2063–2070. <http://jurnaledukasia.org>
- Asyhari, A. (2018). Pengaruh Pembelajaran Biologi Berbasis Problem Based Learning (Pbl) Terhadap Kemampuan Metakognitif. *Journal of Biology Education*, 1(2), 165. <http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/jbe>
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2012). *Biologi* (8th ed.). Erlangga.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (4th ed.). Pearson Education Place: Boston.
- Fraenkel, J. R. ., Wallen, N. E. ., & Hyun, H. H. . (2023). *How to design and evaluate research in education*. McGraw Hill.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Ibefati Zai, Novelina Andriani Zega, Hardikupatu Gulo, & Agnes Renostini Harefa. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep IPA di SMP. *Emasains : Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 14(2), 39–54. <https://doi.org/10.59672/emasains.v14i2.5353>
- Indiaka, S., Mwangi, W., & Sanyanda, J. (2025). Effectiveness of Digital Gamification in Biology Concept Comprehension and Learner Motivation in Secondary Schools. In *Journal of Learning for Development* (Vol. 12, Number 3).



- Institute for Arts Integration and STEAM. (2025). *What is STEAM Education? The definitive guide for K-12 schools*. https://artsintegration.com/what-is-steam-education-in-k-12-schools/#toc_Why_is_STEAM_Education_Important
- Iwan, Sumitro, S. B., Ibrohim, & Rohman, F. (2024). The Effectiveness of the Problem-Based Learning Model to Enhance Students' Critical Thinking Skills on Conservation Biology Courses. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(8), 4641–4649. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i8.6959>
- Kustiarini, K., Alquriyah, Y., & Ibrahim S, M. B. (2025). Integration Design Thinking to Develop Empathy, Collaboration, and Environmental Responsibility Character in Elementary School. *EDUKASIA Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(2), 789–802. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v6i2.1601>
- Fina, & Mulyono, Y. (2025). *Efektivitas Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem Based Learning) Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Biologi: Sebuah Systematic Review Dan Meta-Analysis*.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them 1*. <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>
- NSW Government. (2017). *Cognitive load theory in practice Examples for the classroom More information*. www.cese.nsw.gov.au/publications
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results Factsheets Indonesia PUBE*. <https://oecdch.art/a40de1dbaf/C108>.
- Rismanto, B., & Hayat, M. A. (2025). Correlational Study Between Conceptual Understanding and Critical Thinking Skills of Students on Biology Materials. *Universal Education Journal of Teaching and Learning*, 2(1), 32–38. <https://doi.org/10.63081/uejtl.v2i1.37>
- Savery, J. R., & Duffy, T. M. (1995). Problem Based Learning: An instructional model and its constructivist framework. In *Educational Technology* (Vol. 35).
- Susanty Manalu, M., & Lumbantobing, F. A. (2024). *Pendekatan Labirin Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Dan Mendapatkan Gambaran Motivasi Belajar Peserta Didik*. <https://proceeding.unesa.ac.id/index.php/semnasipa/article/view/3596>
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. In *Educational Psychology Review* (Vol. 31, Number 2, pp. 261–292). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Wedanthi, L. P. R., Dantes, N., & Sariyasa. (2024). Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berorientasi STEAM Terhadap Hasil Belajar IPAS. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Sains Dan Humaniora*, 9(1), 39–49. <https://doi.org/10.23887/jppsh.v9i1.92966>
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2012). *Pengajaran Pemahaman melalui Desain*.

