

**ENVIRONMENTAL-STREAM: PEMBELAJARAN PENCEMARAN
LINGKUNGAN MELALUI PBL BERBASIS *GALLERY WALK*
TERHADAP KETERAMPILAN KOMUNIKASI SAINS**

Sakhi Anafi Setiawan¹, Tri Wahyu Agustina², Sri Maryanti³

Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung^{1,2,3}

Sakhisetiawan04@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan keterampilan komunikasi sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* pada materi pencemaran lingkungan. *Environmental-STREAM* digunakan sebagai kerangka integratif yang memperluas *STREAM* dengan menempatkan dimensi lingkungan sebagai konteks utama pembelajaran. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen dan rancangan *nonequivalent control group design*. Partisipan penelitian berjumlah 34 siswa kelas VII yang terbagi ke dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol melalui teknik *purposive sampling*. Data dikumpulkan menggunakan tes uraian keterampilan komunikasi sains dan dianalisis secara deskriptif berdasarkan skor N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,315 dengan kategori sedang, sedangkan kelompok kontrol memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,297 dengan kategori rendah. Pada kelompok eksperimen, indikator *Cognitive Categories* memperoleh N-Gain tertinggi sebesar 0,491, diikuti *Content Knowledge* sebesar 0,268 dan *Volitional Change* sebesar 0,204. Selisih N-Gain antarkelompok yang relatif kecil menunjukkan bahwa keunggulan kelompok eksperimen terutama terlihat pada indikator *Cognitive Categories*, sedangkan indikator *Content Knowledge* dan *Volitional Change* belum memperlihatkan perbedaan yang substansial dibandingkan kelompok kontrol. Berdasarkan hasil tersebut, model PBL berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* berpotensi mendukung peningkatan keterampilan komunikasi sains siswa, khususnya pada dimensi kognitif dalam pembelajaran materi pencemaran lingkungan.

Kata Kunci: *Environmental-STREAM, Gallery Walk, Keterampilan Komunikasi Sains, Pencemaran Lingkungan, Problem-Based Learning*

ABSTRACT

This study aimed to analyze the improvement in students' science communication skills after participating in learning through a Problem-Based Learning (PBL) model based on Gallery Walk and incorporating Environmental-STREAM in environmental pollution topics. Environmental-STREAM was used as an integrativ

framework that extends STREAM by positioning the environmental dimension as the primary learning context. This study employed a quantitative approach using a quasi-experimental method with a nonequivalent control group design. The participants consisted of 34 seventh-grade students divided into an experimental group and a control group through purposive sampling. Data were collected using a science communication skills essay test and descriptively analyzed based on N-Gain scores. The results showed that the experimental group obtained a mean N-Gain of 0.315, categorized as moderate, while the control group obtained a mean N-Gain of 0.297, categorized as low. In the experimental group, the Cognitive Categories indicator obtained the highest N-Gain of 0.491, followed by Content Knowledge at 0.268 and Volitional Change at 0.204. The relatively small difference in N-Gain between the groups indicates that the advantage of the experimental group was primarily evident in the Cognitive Categories indicator, while Content Knowledge and Volitional Change did not demonstrate substantial differences compared with the control group. Based on these findings, the PBL model based on Gallery Walk and incorporating Environmental-STREAM has the potential to support the improvement of students' science communication skills, particularly in the cognitive dimension of environmental pollution learning.

Keywords: *Environmental-STREAM, Environmental Pollution, Gallery Walk, Problem-Based Learning, Science Communication Skills*

PENDAHULUAN

Pendidikan memegang peranan penting dalam membentuk sumber daya manusia yang mampu menghadapi dinamika dan tantangan pada era global (Siregar et al., 2024). Dalam konteks tersebut, kualitas pendidikan tidak lagi dinilai semata-mata dari penguasaan pengetahuan, tetapi juga dari keberhasilan peserta didik dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, memecahkan masalah, berkomunikasi, dan berkolaborasi sebagai kompetensi yang dibutuhkan pada abad ke-21 (Trilling & Fadel, 2009; Zubaidah, 2017). Di antara keterampilan tersebut, keterampilan komunikasi sains menjadi salah satu aspek penting karena memungkinkan siswa menyampaikan gagasan, berdiskusi berdasarkan data ilmiah, serta mempertahankan argumen secara logis dan sistematis (Quinn et al., 2012).

Kulgemeyer dan Schecker (2013) merumuskan keterampilan komunikasi sains ke dalam tiga kelompok indikator yang saling berkaitan, yaitu *Cognitive Categories*, *Content Knowledge*, dan *Volitional Change*. *Cognitive Categories* berkaitan dengan kemampuan siswa dalam menyusun dan menyesuaikan penjelasan ilmiah agar mudah dipahami. *Content Knowledge* merujuk pada penguasaan materi yang mendukung ketepatan dan validitas informasi yang disampaikan. Sementara itu, *Volitional Change* merepresentasikan motivasi dan kemauan psikologis siswa untuk terlibat dalam proses komunikasi dan dialog ilmiah.

Integrasi ketiga indikator tersebut menunjukkan bahwa komunikasi sains bukan sekadar proses menyampaikan informasi. Komunikasi sains merupakan proses dialogis yang memerlukan kemampuan menyusun penjelasan, penguasaan konsep, serta kemauan untuk terlibat aktif dalam pertukaran gagasan. Oleh karena itu, pembelajaran sains perlu memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan ketiga indikator tersebut secara terpadu.

Namun, pelaksanaan pembelajaran sains di sekolah masih menghadapi berbagai tantangan. Siswa umumnya belum aktif berpartisipasi dalam diskusi, kurang percaya diri ketika menyampaikan pendapat, serta belum mampu mengomunikasikan gagasan ilmiah secara optimal (Algozi et al., 2025). Anggraini dan Nora (2024) juga melaporkan bahwa penerapan *Problem-Based Learning* belum sepenuhnya mendorong keaktifan belajar karena siswa masih beradaptasi dengan pembelajaran yang menuntut partisipasi aktif dan cenderung mengandalkan penjelasan guru.

Kondisi serupa ditemukan oleh Muamala dan Wulandari (2024), yang menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam keterampilan komunikasi ilmiah, terutama ketika memaparkan hasil percobaan secara percaya diri dan menjelaskan materi yang telah dipelajari. Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya pembelajaran yang memberikan ruang lebih luas kepada siswa untuk berdiskusi, menyampaikan gagasan, menanggapi pendapat, dan menyusun penjelasan ilmiah.

Rendahnya keterampilan komunikasi sains salah satunya disebabkan oleh keterbatasan pengalaman belajar yang menarik dan kontekstual, terutama pada materi yang berkaitan dengan permasalahan nyata (Aini et al., 2025). Materi pencemaran lingkungan merupakan salah satu topik yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa. Salah satu persoalan yang relevan dengan materi tersebut adalah meningkatnya limbah plastik, khususnya *styrofoam*, yang sulit terurai secara alami (Jambeck et al., 2015).

Kompleksitas permasalahan pencemaran lingkungan menuntut siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menganalisis penyebab dan dampaknya serta mengomunikasikan alternatif penanggulangannya secara ilmiah (Sudarisman, 2015). Tanpa pendekatan pembelajaran yang tepat, materi pencemaran lingkungan dapat terbatas pada penguasaan teori sehingga keterampilan komunikasi sains siswa belum berkembang secara optimal.

Salah satu model yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah *Problem-Based Learning* (PBL). Model PBL mengorganisasikan pembelajaran dengan menempatkan permasalahan kehidupan nyata sebagai titik awal kegiatan belajar. Melalui model tersebut, siswa berperan aktif dalam membangun pengetahuan melalui kegiatan identifikasi masalah, pencarian informasi, diskusi kelompok, penyelidikan, dan penyusunan alternatif solusi (Rizal et al., 2023).

Efektivitas PBL dalam pembelajaran materi pencemaran lingkungan telah dilaporkan oleh Faturrahman et al. (2023), yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis serta pemahaman ilmiah siswa. Rofiqi et al. (2024) juga menyatakan bahwa penerapan PBL yang dipadukan dengan kegiatan diskusi kelompok dapat mendukung perkembangan keterampilan komunikasi dan kolaborasi siswa pada materi pencemaran lingkungan.

Meskipun demikian, pelaksanaan PBL memerlukan strategi yang mampu memfasilitasi interaksi dan presentasi aktif. Salah satu strategi yang dapat dipadukan dengan PBL adalah *Gallery Walk*. Strategi *Gallery Walk* memberikan kesempatan kepada siswa untuk bergerak, mengamati hasil kerja kelompok, berdiskusi, memberikan tanggapan, serta mempresentasikan ide pada sejumlah titik atau stasiun pembelajaran di dalam kelas (Lestari et al., 2024).

Anwar (2015) menjelaskan bahwa *Gallery Walk* dapat meningkatkan keterampilan berbicara dan komunikasi siswa secara langsung. Sunarti dan Septiana (2019) juga menunjukkan bahwa kombinasi PBL dengan strategi *Gallery Walk* mampu mendukung kreativitas dan keterampilan komunikasi siswa pada topik lingkungan. Melalui strategi tersebut, siswa tidak hanya menyusun hasil penyelidikan, tetapi juga menjelaskan, mempertahankan, dan memperbaiki gagasan berdasarkan tanggapan yang diperoleh.

Selain model dan strategi pembelajaran, diperlukan pendekatan multidisipliner agar siswa dapat memahami persoalan pencemaran lingkungan secara lebih holistik. Pendekatan *Environmental-STREAM*, yang meliputi *Science, Technology, Religion, Engineering, Arts, and Mathematics*, digunakan sebagai kerangka pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, nilai keagamaan, rekayasa, seni, matematika, dan lingkungan sebagai konteks utama.

Pendekatan *Environmental-STREAM* tidak hanya berorientasi pada penguasaan pengetahuan, tetapi juga mendorong kepedulian lingkungan, kreativitas, pengembangan karakter, dan kemampuan merancang solusi terhadap permasalahan nyata (Rafsanjany et al., 2025; Sa'diah et al., 2025). Integrasi berbagai bidang tersebut memungkinkan siswa memandang permasalahan pencemaran lingkungan dari beragam sudut pandang.

Dalam penelitian ini, muatan *Environmental-STREAM* diarahkan pada kegiatan pembuatan produk *biofoam* sebagai alternatif pengganti *styrofoam* berbasis bahan alami yang lebih mudah terurai (Muhharam, 2020). *Styrofoam* merupakan material yang sulit terurai secara hayati dan dapat memberikan dampak negatif terhadap ekosistem perairan (Navaratnam et al., 2023). Oleh karena itu, pengembangan bahan alternatif seperti *biofoam* relevan sebagai salah satu upaya mengurangi penggunaan material berbasis polistirena (Amaraweera et al., 2022).

Melalui kegiatan pembuatan *biofoam*, siswa tidak hanya mempelajari konsep pencemaran lingkungan, tetapi juga mengidentifikasi permasalahan, merancang solusi, menghasilkan produk, dan mengomunikasikan proses serta hasilnya secara ilmiah. Kegiatan tersebut memberi kesempatan kepada siswa untuk

mengembangkan pengetahuan, kemampuan menyusun penjelasan, dan keterlibatan dalam komunikasi kelompok.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan PBL berbasis *Gallery Walk* dalam pembelajaran IPA (Karyatin, 2016) dan integrasi STREAM pada konteks lingkungan (Suryanda et al., 2023). Namun, kombinasi PBL, *Gallery Walk*, dan *Environmental-STREAM* melalui pembuatan produk *biofoam* untuk mendukung keterampilan komunikasi sains belum banyak dikaji.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi model PBL, strategi *Gallery Walk*, dan muatan *Environmental-STREAM* melalui kegiatan pembuatan *biofoam* dalam pembelajaran pencemaran lingkungan. Integrasi tersebut secara khusus diarahkan untuk mendukung keterampilan komunikasi sains berdasarkan indikator *Cognitive Categories*, *Content Knowledge*, dan *Volitional Change*.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan keterampilan komunikasi sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model *Problem-Based Learning* berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* pada materi pencemaran lingkungan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai potensi model tersebut dalam mendukung perkembangan setiap indikator keterampilan komunikasi sains.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen (*quasi-experimental research*). Rancangan penelitian yang digunakan adalah *nonequivalent control group design*, dengan kelas eksperimen dan kelas kontrol sebagai kelompok pembandingan. Dalam rancangan tersebut, subjek penelitian tidak ditempatkan ke dalam kelompok melalui proses randomisasi secara penuh karena kelas yang telah terbentuk secara administratif digunakan sebagai kelompok penelitian (Creswell, 2014; Sugiyono, 2019).

Rancangan *nonequivalent control group design* digunakan karena peneliti tidak memiliki kewenangan untuk mengubah atau mengacak pembagian kelas yang telah tersedia. Melalui rancangan tersebut, kondisi keterampilan komunikasi sains siswa sebelum dan sesudah pembelajaran dapat dibandingkan pada dua kelompok yang menerima perlakuan berbeda.

Penelitian dilaksanakan pada Tahun Ajaran 2025/2026 di salah satu Madrasah Tsanawiyah di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Populasi penelitian terdiri atas seluruh siswa kelas VII yang berjumlah 34 siswa dan terbagi ke dalam dua rombongan belajar, yaitu kelas VII A dan kelas VII B.

Penentuan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan dan kriteria tertentu yang sesuai dengan kebutuhan penelitian (Sugiyono, 2019). Teknik tersebut dipilih karena kelas telah terbentuk secara administratif dan tidak dapat diacak kembali oleh peneliti.

Berdasarkan teknik tersebut, kelas VII A yang terdiri atas 17 siswa ditetapkan sebagai kelompok eksperimen, sedangkan kelas VII B yang juga terdiri

atas 17 siswa ditetapkan sebagai kelompok kontrol. Penetapan kelompok mempertimbangkan kesetaraan kemampuan awal berdasarkan skor *pretest*, ketersediaan kelas, dan kesesuaian dengan rancangan pembelajaran yang telah disusun.

Rancangan penelitian dapat disajikan sebagai berikut.

Tabel 1. Metode Kuasi Eksperimen

Kelompok	<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Posttest</i>
Kelas A	O ₁	X	O ₂
Kelas B	O ₃	-	O ₄

(Fraenkel et al., 2012)

Keterangan: Kelas A adalah Kelas Eksperimen; Kelas B adalah Kelas Kontrol

Pengumpulan data dilakukan melalui tes keterampilan komunikasi sains yang diberikan sebanyak dua kali, yaitu sebelum pembelajaran (*pretest*) dan setelah pembelajaran (*posttest*). Tes diberikan kepada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol untuk memperoleh gambaran mengenai keterampilan komunikasi sains siswa sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran.

Skor *pretest* dan *posttest* dari masing-masing kelompok diolah untuk menggambarkan capaian keterampilan komunikasi sains setiap siswa. Peningkatan keterampilan komunikasi sains pada kedua kelompok diukur menggunakan N-Gain berdasarkan selisih skor *pretest* dan *posttest*. Selanjutnya, peningkatan pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dibandingkan berdasarkan karakteristik data yang diperoleh.

Tes Keterampilan Komunikasi Sains

Instrumen yang digunakan untuk mengukur keterampilan komunikasi sains berupa tes uraian yang diberikan pada saat *pretest* dan *posttest*. Tes terdiri atas 13 butir soal yang dikembangkan berdasarkan tiga indikator keterampilan komunikasi sains menurut Kulgemeyer dan Schecker (2013), yaitu *Cognitive Categories*, *Content Knowledge*, dan *Volitional Change*.

Cognitive Categories direpresentasikan oleh soal nomor 1 sampai dengan 5, *Content Knowledge* oleh soal nomor 6 sampai dengan 9, dan *Volitional Change* oleh soal nomor 10 sampai dengan 13. Kisi-kisi tes keterampilan komunikasi sains disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kisi-Kisi Tes Keterampilan Komunikasi Sains

Indikator	Indikator Operasional	No. Soal	r	Keterangan
<i>Cognitive Categories</i>	Menjelaskan dampak styrofoam terhadap banjir	1	0,682	Valid
	Memberikan contoh dampak sampah bagi kesehatan	2	0,474	Valid
	Menjelaskan proses masuknya mikroplastik ke tubuh	3	0,496	Valid
	Menjelaskan konsep khalifah dan tanggung jawab lingkungan	4	0,732	Valid

	Menjelaskan alasan mengganti plastik dengan biofoam	5	0,578	Valid
Content Knowledge	Menyebutkan alat uji ketahanan biofoam secara ringkas dan tepat	6	0,647	Valid
	Menyebutkan alat pembuatan <i>biofoam</i> beserta fungsinya secara ringkas	7	0,714	Valid
	Menghitung kebutuhan bahan <i>biofoam</i> secara tepat dan sistematis	8	0,696	Valid
	Menghitung proporsi takaran bahan biofoam secara tepat dan sistematis	9	0,881	Valid
Volitional Change	Menyusun langkah-langkah merancang biofoam secara runtut dan logis	10	0,517	Valid
	Menjelaskan desain biofoam secara sistematis disertai alasan pemilihan desain	11	0,586	Valid
	Mendesripsikan tampilan fisik biofoam menggunakan bahasa sehari-hari	12	0,494	Valid
	Menyusun urutan pembuatan biofoam secara runtut agar mudah diikuti	13	0,465	Valid

Berdasarkan Tabel 2, seluruh butir tes memperoleh koefisien validitas antara 0,465 dan 0,881 serta dinyatakan valid. Nilai validitas tertinggi terdapat pada soal nomor 9 sebesar 0,881, sedangkan nilai terendah terdapat pada soal nomor 13 sebesar 0,465. Dengan demikian, seluruh butir dapat digunakan untuk mengukur keterampilan komunikasi sains siswa.

Jawaban siswa dinilai menggunakan rubrik analitik dengan rentang skor 0 sampai dengan 4. Rubrik penskoran disusun berdasarkan karakteristik setiap indikator komunikasi sains sebagaimana disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rubrik Penskoran Tes Keterampilan Komunikasi Sains

Skor	Cognitive Categories	Content Knowledge	Volitional Change
0	Tidak menjawab atau jawaban salah	Tidak menjawab atau jawaban salah	Tidak menjawab atau jawaban salah
1	Jawaban ada	Jawaban ada	Jawaban ada
2	Jawaban lengkap dan relevan secara konsep	Jawaban akurat secara ilmiah	Jawaban panjang, alur solusi masih acak
3	Jawaban lengkap dan menggunakan bahasa yang komunikatif	Jawaban akurat, ringkas, dan padat	Jawaban panjang dengan alur solusi yang runtut dan sistematis
4	Jawaban panjang, komunikatif, disertai penjelasan tambahan	Jawaban akurat, ringkas, padat, dan efisien dalam pemilihan kata	Jawaban sistematis, alur solusi runtut, dan mudah diikuti

Berdasarkan Tabel 3, skor 0 diberikan apabila siswa tidak menjawab atau memberikan jawaban yang salah, sedangkan skor 4 diberikan apabila jawaban memenuhi kriteria tertinggi pada setiap indikator. Rubrik tersebut digunakan untuk menjaga konsistensi penskoran jawaban siswa pada saat *pretest* dan *posttest*.

Seluruh instrumen diujicobakan sebelum digunakan dalam penelitian. Validitas butir soal dianalisis menggunakan korelasi *Pearson product-moment*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh 13 butir soal dinyatakan valid dengan

nilai koefisien korelasi antara 0,465 dan 0,881. Reliabilitas instrumen dianalisis menggunakan koefisien Cronbach's alpha dan memperoleh nilai sebesar 0,861. Nilai tersebut menunjukkan bahwa instrumen memiliki konsistensi internal yang sangat tinggi sehingga layak digunakan sebagai alat pengumpulan data.

Teknik Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif menggunakan skor *pretest*, *posttest*, dan N-Gain. Analisis dilakukan untuk menggambarkan peningkatan keterampilan komunikasi sains siswa secara keseluruhan dan pada masing-masing indikator.

Rumus N-Gain yang digunakan mengacu pada Hake (1999), yaitu:

$$N - Gain = \frac{(\text{Skor } posttest - \text{Skor } pretest)}{(\text{Skor maksimum} - \text{Skor } pretest)} \quad (1)$$

Perhitungan N-Gain dilakukan dalam dua tahap. Pertama, N-Gain keseluruhan dihitung menggunakan total skor *pretest* dan *posttest* dari seluruh butir soal untuk setiap siswa. Nilai individual kemudian dirata-ratakan pada setiap kelompok untuk memperoleh gambaran umum peningkatan keterampilan komunikasi sains.

Kedua, N-Gain setiap indikator dihitung berdasarkan skor *pretest* dan *posttest* pada butir soal yang merepresentasikan masing-masing indikator. *Cognitive Categories* diukur melalui soal nomor 1 sampai dengan 5, *Content Knowledge* melalui soal nomor 6 sampai dengan 9, dan *Volitional Change* melalui soal nomor 10 sampai dengan 13. Skor maksimum setiap indikator disesuaikan dengan jumlah dan bobot butir soal.

Nilai N-Gain diinterpretasikan berdasarkan kriteria pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kriteria N-gain

Nilai N-gain (g)	Interpretasi
$g \geq 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$g < 0,30$	Rendah

(Hake, 1999)

Berdasarkan Tabel 4, nilai N-Gain yang semakin tinggi menunjukkan peningkatan keterampilan komunikasi sains yang semakin besar setelah pembelajaran dibandingkan dengan kondisi awal siswa. Nilai N-Gain digunakan untuk menggambarkan peningkatan pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, baik secara keseluruhan maupun pada setiap indikator keterampilan komunikasi sains.

Perbedaan peningkatan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol selanjutnya dapat diuji secara statistik setelah dilakukan pemeriksaan karakteristik data. Apabila data memenuhi asumsi parametrik, perbandingan dapat dianalisis menggunakan uji parametrik yang sesuai. Apabila asumsi parametrik tidak

terpenuhi, analisis dilakukan menggunakan uji nonparametrik. Jenis uji, nilai statistik, dan hasil signifikansinya perlu dicantumkan pada bagian hasil penelitian apabila analisis inferensial benar-benar dilakukan.

Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Keterlaksanaan model PBL berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* pada kelompok eksperimen dipantau menggunakan lembar observasi selama pembelajaran berlangsung. Instrumen observasi disusun berdasarkan lima fase sintaks PBL, yaitu orientasi peserta didik terhadap masalah, pengorganisasian peserta didik untuk belajar, pembimbingan penyelidikan individu dan kelompok, pengembangan dan penyajian hasil, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah.

Setiap indikator dinilai menggunakan skala dikotomis. Skor 1 diberikan apabila indikator terlaksana, sedangkan skor 0 diberikan apabila indikator tidak terlaksana. Skor observasi selanjutnya dikonversi ke dalam bentuk persentase untuk menggambarkan tingkat keterlaksanaan setiap tahapan pembelajaran.

Persentase keterlaksanaan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$NP = \left(\frac{R}{SM} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

NP = Nilai persentase

R = Jumlah skor yang diperoleh

SM = Skor maksimum

Persentase yang diperoleh diinterpretasikan berdasarkan kriteria keterlaksanaan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Kriteria Tingkat Keterlaksanaan Pembelajaran

Persentase Nilai (%)	Kategori
81% - 100%	Sangat baik
61% - 80%	Baik
41% - 60%	Cukup
21% - 40%	Rendah
0% - 20%	Rendah sekali

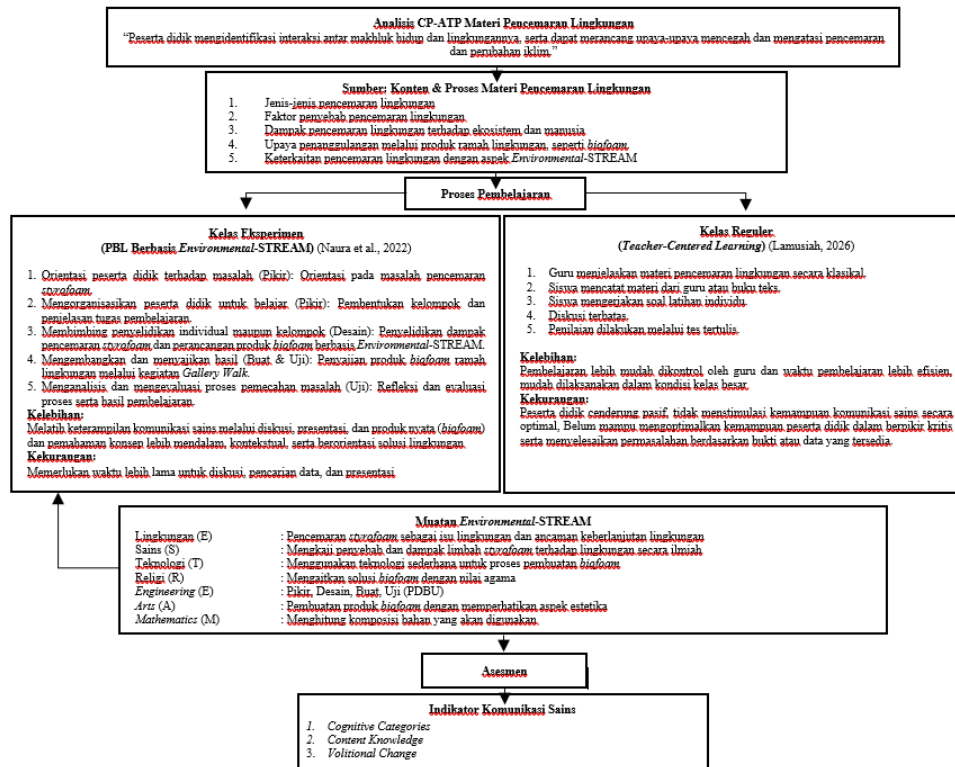
(Arikunto, 2013)

Berdasarkan Tabel 5, persentase keterlaksanaan yang semakin tinggi menunjukkan bahwa tahapan pembelajaran telah dilaksanakan semakin sesuai dengan rancangan. Hasil observasi digunakan sebagai data pendukung untuk memastikan bahwa perlakuan pada kelompok eksperimen dilaksanakan berdasarkan sintaks yang telah ditetapkan.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan memberikan perlakuan yang berbeda kepada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen

mengikuti pembelajaran menggunakan model *Problem-Based Learning* berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM*, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran berpusat pada guru atau *Teacher-Centered Learning*. Rangkaian implementasi pembelajaran pada kedua kelompok disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Implementasi Pendekatan *Environmental-STREAM* pada Pembelajaran IPA

Gambar 1 menyajikan alur implementasi pendekatan *Environmental-STREAM* dalam pembelajaran IPA secara keseluruhan. Alur dimulai dari analisis Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran (CP-ATP) materi pencemaran lingkungan, yang kemudian dijabarkan ke dalam sumber konten dan proses materi yang mencakup jenis, faktor, dampak, serta upaya penanggulangan pencemaran. Berdasarkan analisis tersebut, proses pembelajaran dibagi menjadi dua jalur, yaitu kelas eksperimen yang menerapkan PBL berbasis *Environmental-STREAM* melalui tahapan Pikir, Desain, Buat, dan Uji (PDBU), serta kelas reguler yang menggunakan pendekatan *Teacher-Centered Learning*. Muatan *Environmental-STREAM* diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran kelas eksperimen dengan memetakan setiap komponen meliputi Lingkungan, Sains, Teknologi, Religi, *Engineering*, *Arts*, dan *Mathematics* pada konteks pencemaran styrofoam dan pembuatan biofoam. Seluruh rangkaian pembelajaran bermuara pada asesmen keterampilan komunikasi sains siswa yang ditinjau melalui tiga indikator, yaitu *Cognitive Categories*, *Content Knowledge*, dan *Volitional Change*.

HASIL PENELITIAN

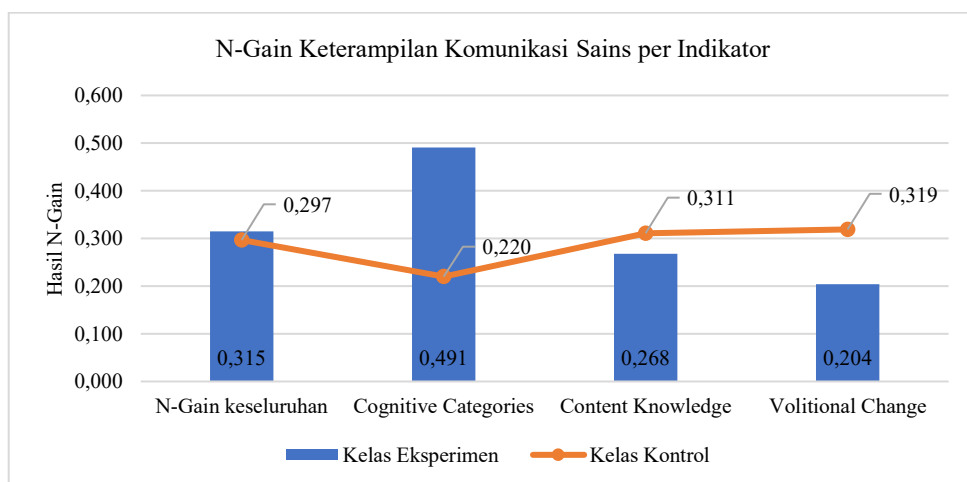
Peningkatan Keterampilan Komunikasi Sains

Peningkatan keterampilan komunikasi sains siswa dianalisis dengan membandingkan skor *pretest* dan *posttest* dari kelas eksperimen yang menerapkan model *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* dan kelas kontrol yang menerapkan metode *Teacher-Centered Learning*. Hasil perhitungan N-gain selengkapnya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil N-Gain Keterampilan Komunikasi Sains

Indikator	Kelas Eksperimen	Kategori	Kelas Kontrol	Kategori
N-Gain Keseluruhan	0,315	Sedang	0,297	Rendah
<i>Cognitive Categories</i>	0,491	Sedang	0,220	Rendah
<i>Content Knowledge</i>	0,268	Rendah	0,311	Sedang
<i>Volitional Change</i>	0,204	Rendah	0,319	Sedang

Tabel 6 menunjukkan bahwa kelas eksperimen mencapai nilai N-gain keterampilan komunikasi sains sebesar 0,315 yang tergolong kategori sedang, sedangkan kelas kontrol memperoleh nilai N-gain sebesar 0,297 yang masuk dalam kategori rendah. Meskipun secara keseluruhan kelas eksperimen lebih tinggi, hasil per indikator menunjukkan gambaran yang lebih kompleks. Kelas eksperimen hanya unggul pada indikator *Cognitive Categories* dengan nilai 0,491 berkategori sedang, jauh melampaui kelas kontrol yang memperoleh 0,220 berkategori rendah. Sebaliknya, pada indikator *Content Knowledge* dan *Volitional Change*, kelas kontrol justru mencatatkan nilai N-gain yang lebih tinggi, yakni 0,311 dan 0,319 berkategori sedang, dibandingkan kelas eksperimen yang masing-masing memperoleh 0,268 dan 0,204 berkategori rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa keunggulan perlakuan tidak bersifat menyeluruh pada semua indikator keterampilan komunikasi sains yang diukur. Perbandingan nilai N-gain antarindikator untuk kedua kelas secara visual disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram N-Gain

Pada kelas eksperimen, indikator *Cognitive Categories* mencatat nilai N-gain tertinggi sebesar 0,491 yang tergolong kategori sedang, sedangkan kelas kontrol hanya memperoleh nilai N-gain sebesar 0,220 dengan kategori rendah. Kesenjangan yang cukup signifikan antara kedua kelas ini mengindikasikan bahwa penerapan model PBL berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* berkontribusi langsung terhadap kemampuan siswa dalam mengamati dan mengidentifikasi fenomena pencemaran lingkungan, mengumpulkan dan menyajikan data hasil pengamatan, serta menggunakan gambar, tabel, atau model sederhana untuk menjelaskan data. Berbeda dengan *Cognitive Categories*, indikator *Content Knowledge* menunjukkan fenomena yang menarik. Kelas kontrol mencatatkan nilai N-gain yang lebih tinggi (0,311, kategori sedang) dibandingkan kelas eksperimen (0,268, kategori rendah). Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan siswa dalam menjelaskan konsep pencemaran lingkungan secara runtut dan ilmiah serta menyampaikan argumen berbasis data mengalami peningkatan yang lebih besar di kelas kontrol. Pola serupa ditemukan pada indikator *Volitional Change*, di mana kelas kontrol kembali memperoleh nilai N-gain lebih tinggi (0,319, kategori sedang) dibandingkan kelas eksperimen (0,204, kategori rendah).

Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran pada Kelas Eksperimen

Hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Keterlaksanaan Pembelajaran pada Kelas Eksperimen

No	Fase	Pertemuan 1	Pertemuan 2	Skor
1	Orientasi Terhadap Masalah	Terlaksana	Tidak Dijadwalkan	1
2	Mengorganisasikan siswa	Terlaksana	Tidak Dijadwalkan	1
3	Membimbing penyelidikan	Terlaksana	Tidak Dijadwalkan	1
4	Mengembangkan & menyajikan hasil	Terlaksana	Terlaksana	1
5	Analisis & evaluasi	Tidak Dijadwalkan	Terlaksana	1
Total Skor				5
Persentase				100%
Kategori				Sangat Baik

Berdasarkan hasil observasi, seluruh lima fase sintaks PBL berhasil diimplementasikan pada kedua pertemuan dengan total skor 5 dari skor maksimum 5. Persentase keterlaksanaan dihitung menggunakan rumus $NP = (R/SM) \times 100\%$, sehingga diperoleh nilai sebesar 100% yang termasuk dalam kategori "Sangat Baik" berdasarkan kriteria Arikunto (2013). Meskipun demikian, terdapat sejumlah temuan hasil observasi yang perlu diperhatikan sebagai konteks penting dalam memaknai capaian N-gain siswa. Pada fase orientasi terhadap masalah, siswa

menunjukkan antusiasme yang tinggi ketika dihadapkan pada permasalahan pencemaran styrofoam di lingkungan sekitar. Pada fase pengorganisasian siswa, muncul hambatan awal yang cukup signifikan. Siswa menunjukkan resistensi terhadap pembentukan kelompok yang ditentukan guru dan lebih menginginkan pengelompokan berdasarkan barisan tempat duduk masing-masing.

Kemudian pada fase membimbing penyelidikan mandiri dan kelompok, kondisi pembelajaran berjalan relatif lebih kondusif. Seluruh kelompok menunjukkan keterlibatan yang baik dalam mencari informasi terkait pencemaran *styrofoam* dan proses pembuatan *biofoam*. Pada fase mengembangkan dan menyajikan hasil, terdapat kontras yang sangat mencolok antara dua sub-fase. Pada sub-fase pengembangan produk *biofoam*, siswa menunjukkan antusiasme yang tinggi. Namun, antusiasme tersebut berubah drastis ketika memasuki sub-fase penyajian melalui *Gallery Walk*. Siswa menunjukkan keengganan yang sangat kuat untuk tampil, bahkan terdapat satu kelompok yang secara eksplisit menolak untuk melakukan presentasi. Kondisi yang paling menantang terjadi pada fase analisis dan evaluasi. Banyak siswa yang sering meninggalkan ruang kelas dengan berbagai keperluan, mulai dari izin ke toilet hingga meninggalkan kelas tanpa izin dan didapati bermain di luar sekolah. Kondisi tersebut menyebabkan proses refleksi dan evaluasi tidak berlangsung secara optimal.

Temuan observasi mengindikasikan bahwa seluruh tahapan menggunakan model *Problem-Based Learning* berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* dapat dilaksanakan sesuai dengan sintaks yang telah dirancang. Meskipun demikian, setiap fase pembelajaran memperlihatkan karakteristik pelaksanaan yang berbeda, mulai dari antusiasme siswa pada tahap orientasi dan pengembangan produk, hambatan pada pembentukan kelompok dan presentasi, hingga kendala dalam pelaksanaan refleksi pada tahap evaluasi.



Gambar 3. Dokumentasi pelaksanaan fase orientasi terhadap masalah, pengembangan produk *biofoam*, penyajian hasil melalui *Gallery Walk*, serta refleksi dan evaluasi akhir dalam pembelajaran PBL bermuatan *Environmental-STREAM*.

PEMBAHASAN

Peningkatan Keterampilan Komunikasi Sains

Merujuk pada Tabel 6, indikator *Cognitive Categories* merupakan indikator dengan peningkatan paling signifikan di kelas eksperimen. Keunggulan capaian ini dapat dipahami melalui karakteristik model pembelajaran yang diterapkan. Dalam sintaks PBL, tahap orientasi terhadap masalah mendorong siswa mengidentifikasi permasalahan pencemaran *styrofoam* di lingkungan sekitar, sehingga kemampuan siswa dalam mengamati dan mengklasifikasi fenomena ilmiah secara sistematis dapat berkembang (Khoiriyah & Husamah, 2018). Selanjutnya, pada tahap penyelidikan secara mandiri maupun kelompok, siswa melakukan pencarian informasi, merancang alat dan bahan pembuatan *biofoam*, serta menyajikan data dalam bentuk visual selama sesi *Gallery Walk*. Aktivitas tersebut mendorong berkembangnya sub-indikator *Cognitive Categories* melalui proses pengoperasionalisasian konsep ke dalam bentuk produk nyata yang dapat diamati secara langsung. (Faturrahman et al., 2023). Muatan *Environmental-STREAM* turut memperkuat peningkatan indikator *Cognitive Categories* karena siswa tidak hanya menerapkan aspek *Science* (S) dan *Engineering* (E) melalui pendekatan Pikir–Desain–Buat–Uji (PDBU) (Agustina et al., 2020), tetapi juga memanfaatkan aspek *environment* sebagai konteks utama dalam mengidentifikasi permasalahan pencemaran *styrofoam* di lingkungan sekitar. Integrasi ketiga aspek tersebut mendorong siswa melakukan observasi, mengumpulkan data, menganalisis informasi, hingga merancang solusi secara sistematis, yang pada akhirnya mengoptimalkan keterampilan komunikasi sains siswa dalam menyampaikan gagasan ilmiah tersebut (Supriaman, 2023).

Sebaliknya, rendahnya N-gain *Cognitive Categories* pada kelas kontrol (0,22) mencerminkan terbatasnya kesempatan siswa untuk mengembangkan keterampilan kognitif selama proses pembelajaran. Pada pembelajaran *Teacher-Centered Learning*, siswa lebih banyak menerima informasi secara pasif dari penjelasan guru, sehingga kemampuan mengamati, mengklasifikasi, dan menyajikan data secara mandiri tidak terlatih secara optimal. Hal ini sejalan dengan Muamala & Wulandari (2024) yang mengatakan bahwa kegiatan belajar yang berpusat pada guru cenderung tidak menstimulasi kemampuan kognitif sains siswa secara optimal akibat rendahnya partisipasi aktif siswa dalam proses penemuan konsep.

Pada indikator *Content Knowledge*, nilai N-gain kelas kontrol (0,311) tercatat lebih tinggi dibandingkan kelas eksperimen (0,268). Perbedaan ini dapat dipahami melalui beberapa pertimbangan kontekstual. Pertama, pembelajaran *Teacher-Centered Learning* di kelas kontrol diselenggarakan dengan pola penyampaian materi secara langsung dari guru kepada siswa, di mana kegiatan belajar didominasi oleh penjelasan guru sementara siswa berperan sebagai penerima informasi melalui aktivitas mendengarkan, memperhatikan, dan mencatat (Lamusiah, 2026). Karakteristik pembelajaran tersebut memungkinkan

penyampaian konsep pencemaran lingkungan berlangsung secara lebih terstruktur dengan demikian interpretasi siswa dalam mempelajari materi menjadi lebih sistematis dalam waktu pembelajaran yang tersedia. Kedua, siswa kelas VII yang menjadi subjek penelitian ini belum terbiasa dengan pembelajaran berbasis masalah yang menuntut keterlibatan aktif, penyelidikan, dan kemandirian belajar. Dalam pembelajaran PBL, siswa diharapkan mampu mengidentifikasi permasalahan, menentukan kebutuhan belajar, serta membangun pengetahuan dengan proses penyelidikan secara mandiri dengan guru berperan sebagai fasilitator (Hmelo-Silver, 2004). Akan tetapi, transisi dari pola pembelajaran yang berpusat pada guru menuju pembelajaran yang berorientasi pada siswa kerap menimbulkan tantangan tersendiri, khususnya bagi sebagian siswa di tahap awal penerapannya. Karena mereka masih beradaptasi dengan tuntutan belajar yang lebih mandiri (Komariah et al., 2019). Kondisi tersebut diduga menyebabkan sebagian siswa di kelas eksperimen belum mampu mengoptimalkan pemerolehan pengetahuan konten selama proses pembelajaran.

Ketiga, rendahnya N-gain *Content Knowledge* pada kelas eksperimen juga diduga dipengaruhi oleh kompleksitas tugas yang dihadapi siswa. Selama proses pembelajaran PBL berbasis *Gallery Walk*, siswa secara bersamaan dituntut memecahkan masalah, membuat produk *biofoam*, serta mempersiapkan presentasi hasil. Integrasi muatan *Environmental-STREAM* melalui kegiatan pembuatan *biofoam* ini pada dasarnya menyediakan ruang belajar (*learning space*) yang lebih kontekstual karena siswa mempelajari konsep pencemaran lingkungan melalui pengalaman langsung (Hmelo-Silver, 2013). Namun, perhatian siswa lebih banyak tercurah pada proses penyelesaian proyek, perancangan produk, dan presentasi sehingga pendalaman konsep ilmiah yang menjadi bagian dari *Content Knowledge* belum berlangsung secara optimal akibat tingginya beban kognitif dari aktivitas transaksi kelompok tersebut (Kirschner & Sweller, 2018). Temuan ini menunjukkan bahwa muatan *Environmental-STREAM* berkontribusi dalam memberikan pengalaman belajar yang bermakna, tetapi penguatan penguasaan konsep memerlukan durasi pembelajaran yang lebih panjang agar siswa mampu mengintegrasikan pengalaman praktik dengan pemahaman konseptual secara lebih mendalam (Gupta et al., 2018).

Indikator *Volitional Change* mencatat temuan yang serupa dengan *Content Knowledge*, yakni nilai N-gain pada kelas kontrol mencapai nilai lebih tinggi (0,319, kategori sedang) dibandingkan dengan kelas eksperimen (0,204, kategori rendah). Hal ini menjadi temuan yang paling perlu dikaji secara mendalam, mengingat strategi *Gallery Walk* yang diintegrasikan dalam kelas eksperimen secara teoritis dirancang khusus untuk melatih keberanian siswa dalam menyampaikan pendapat, mengajukan pertanyaan, dan mengonfirmasi pemahaman selama diskusi berlangsung (Anwar, 2015). Selain itu, muatan *Environmental-STREAM* yang diterapkan melalui kegiatan pembuatan *biofoam* sebagai alternatif pengganti *styrofoam* juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk

mengomunikasikan hasil rancangan, menjelaskan proses pembuatan, serta menyampaikan solusi terhadap permasalahan pencemaran lingkungan. Aktivitas tersebut secara teoretis mendukung pengembangan indikator *Volitional Change* karena siswa dilatih menyampaikan gagasan ilmiah berdasarkan pengalaman belajar yang kontekstual (Widowati et al., 2026).

Terdapat beberapa penjelasan yang dapat dikemukakan untuk memahami fenomena ini. Pertama, siswa kelas VII masih mengalami proses adaptasi terhadap pembelajaran *Gallery Walk*, terlebih implementasi pembelajaran hanya berlangsung dalam dua pertemuan, sehingga sebagian siswa menunjukkan rasa kurang percaya diri saat mempresentasikan hasil diskusi (Anwar, 2015). Meskipun pembelajaran telah mengintegrasikan muatan *Environmental-STREAM* yang mendorong siswa mempresentasikan solusi lingkungan melalui produk *biofoam*, pada tahap awal pelaksanaan sebagian siswa masih belum berpartisipasi secara optimal dalam kegiatan *Gallery Walk*. Hal ini diperkuat oleh temuan Hakim et al. (2019) yang mengungkapkan bahwa ketika *Gallery Walk* pertama kali diterapkan, sejumlah siswa cenderung pasif, kurang menunjukkan antusiasme, dan belum berkontribusi secara optimal dalam pembelajaran. Namun, seiring bertambahnya kesempatan berlatih, partisipasi siswa meningkat secara bertahap disertai pemahaman yang semakin baik terhadap proses pembelajaran yang dijalani. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan *Volitional Change* melalui *Gallery Walk* tidak terjadi secara instan, tetapi memerlukan pembiasaan dan pendampingan agar siswa dapat berpartisipasi secara lebih optimal dalam kegiatan presentasi dan diskusi (Lestari et al., 2024).

Kedua, Risdi & Herni (2025) mengungkapkan bahwa *Small Group Discussion* berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan siswa mengemukakan pendapat, berpartisipasi aktif dalam diskusi, dan mendengarkan secara kritis karena interaksi berlangsung dalam kelompok kecil yang lebih kondusif. Dalam setting kelompok kecil yang akrab, siswa merasa lebih bebas bertanya dan menanggapi pendapat teman tanpa tekanan untuk tampil di depan lebih banyak audiens (Risdi & Herni, 2025). Sebaliknya, pada kelas eksperimen, integrasi *Environmental-STREAM* melalui kegiatan pembuatan *biofoam* dan sesi *Gallery Walk* menuntut siswa mengomunikasikan hasil proyek kepada kelompok lain. Aktivitas tersebut mengharuskan siswa menjelaskan konsep dan menyampaikan informasi kepada audiens yang berbeda, sehingga memberikan tuntutan komunikasi yang lebih kompleks (Tan & Perrault, 2025). Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan *Volitional Change* tidak semata-mata dipengaruhi oleh karakteristik kegiatan pembelajaran, tetapi juga dipengaruhi oleh tingkat kepercayaan diri siswa serta sejauh mana mereka berpartisipasi aktif dalam mengomunikasikan gagasannya sepanjang proses pembelajaran berlangsung. (Muliadi & Hariadi, 2024; Tan & Perrault, 2025).

Ketiga, berdasarkan analisis individual, beberapa siswa pada kelas eksperimen memperoleh nilai N-gain negatif, seperti siswa ke-9 (N-gain = -0,200)

dan siswa ke-10 ($N\text{-gain} = -0,143$), yang mengonfirmasi bahwa skor *posttest* lebih rendah jika dibandingkan skor *pretest*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tidak seluruh siswa mampu beradaptasi secara optimal dengan pembelajaran PBL berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* yang dilaksanakan dalam dua pertemuan (Hmelo-Silver, 2004). Dengan durasi implementasi yang terbatas pada dua pertemuan, siswa perlu menyesuaikan diri dengan berbagai tuntutan tersebut dalam waktu yang relatif singkat. Selama pembelajaran, siswa dituntut untuk mengidentifikasi masalah, melakukan penyelidikan, merancang produk *biofoam*, berdiskusi, serta mempresentasikan hasil kepada kelompok lain. Tuntutan aktivitas yang beragam tersebut memerlukan kemampuan belajar mandiri, komunikasi, dan pengelolaan informasi yang baik (Hmelo-Silver, 2004). Bagi sebagian siswa yang masih beradaptasi dengan pembelajaran berbasis masalah, proses penyelesaian masalah dan pelaksanaan proyek dapat menyita perhatian sehingga pengembangan pemahaman konseptual belum berlangsung secara optimal (Hmelo-Silver, 2013). Dengan demikian, meskipun muatan *Environmental-STREAM* telah menyediakan konteks pembelajaran yang mendorong siswa untuk mengomunikasikan solusi ilmiah terhadap permasalahan lingkungan, manfaat tersebut belum dapat dimanfaatkan secara optimal oleh seluruh siswa selama periode penelitian (Gupta et al., 2018). Kondisi tersebut tercermin pada penurunan skor *posttest* beberapa siswa sehingga memengaruhi nilai rerata $N\text{-gain}$ kelas secara keseluruhan.

Peningkatan keterampilan komunikasi sains pada kelas eksperimen diduga berkaitan erat dengan karakteristik model *Problem-Based Learning* yang menempatkan siswa sebagai subjek utama dalam menyelesaikan permasalahan kontekstual (Hmelo-Silver, 2004). Dalam penelitian ini, permasalahan pencemaran lingkungan akibat styrofoam dijadikan konteks belajar yang menuntut siswa untuk mencari informasi, menganalisis masalah, mendiskusikan alternatif solusi, serta mengomunikasikan hasil pemikiran mereka baik dalam kelompok maupun di hadapan kelas (Hmelo-Silver, 2004). Melalui serangkaian aktivitas tersebut, siswa terdorong untuk lebih aktif menyampaikan gagasan, menjelaskan konsep, dan mengomunikasikan hasil pengamatan secara ilmiah. Hal ini sejalan dengan laporan Arafat et al. (2025) yang menyatakan bahwa penerapan *Problem-Based Learning* terbukti mendorong keaktifan siswa dalam pembelajaran, mempererat kerja sama antarkelompok, sekaligus memperdalam pemahaman konsep siswa.

Selain penerapan PBL, penggunaan strategi *Gallery Walk* turut memberikan kontribusi terhadap peningkatan keterampilan komunikasi sains (Tan & Perrault, 2025). Melalui kegiatan *Gallery Walk*, setiap kelompok menyampaikan hasil diskusi melalui produk yang kemudian diamati dan didiskusikan oleh kelompok lain (Safrizal, 2021). Kegiatan ini menciptakan interaksi dua arah yang memungkinkan siswa mengemukakan pendapat, mengajukan pertanyaan, memberikan umpan balik, serta mempertahankan argumen yang dibangun berdasarkan temuan penyelidikan yang diperoleh sepanjang proses pembelajaran.

berlangsung (Francek, 2006). Kesempatan untuk berkomunikasi secara langsung dan berulang tersebut dapat membantu meningkatkan kepercayaan diri siswa dalam menyampaikan gagasan ilmiah serta memperbaiki kemampuan komunikasi mereka selama proses pembelajaran berlangsung (Luckyta et al., 2020).

Pendekatan ini menghubungkan konsep pencemaran lingkungan dengan aspek sains, teknologi, rekayasa, seni, matematika, lingkungan, serta nilai religius yang diintegrasikan dalam pengembangan produk untuk mengatasi permasalahan yang ditemui dalam konteks kehidupan nyata sehari-hari. Pendekatan ini memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan berkesan bagi siswa, sekaligus mengaitkan proses belajar dengan konteks nyata yang relevan. (Kurniawan et al., 2021; Widowati et al., 2026). Integrasi berbagai disiplin dalam *Environmental-STREAM* memungkinkan siswa memahami permasalahan lingkungan dari berbagai sudut pandang sekaligus mendorong mereka merumuskan penyelesaian masalah yang lebih inovatif dan aplikatif (Widowati et al., 2026). Melalui kegiatan pembuatan *biofoam* sebagai alternatif pengganti *styrofoam*, siswa tidak sekadar memahami konsep pencemaran lingkungan secara teoritis, tetapi turut dilibatkan secara aktif dalam merancang solusi atas permasalahan yang dihadapi. Temuan ini sejalan dengan temuan Qomariah & Shidiq (2025) serta Kamisah et al. (2025) yang menyatakan bahwa kegiatan proyek pada materi pencemaran lingkungan mendorong siswa merancang dan menghasilkan solusi terhadap permasalahan lingkungan secara nyata. Kondisi tersebut mendorong siswa untuk menjelaskan proses kerja, mengemukakan alasan ilmiah, serta menyampaikan hasil yang diperoleh kepada teman sebaya. Aktivitas tersebut selaras dengan komponen keterampilan komunikasi sains yang meliputi penguasaan konten, kemampuan menyusun penjelasan ilmiah, dan penyampaian informasi kepada orang lain (Kulgemeyer & Schecker, 2013).

Secara keseluruhan, penerapan PBL berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* memberikan kontribusi terhadap peningkatan keterampilan komunikasi sains siswa, meskipun peningkatannya berbeda pada setiap indikator. Perlu dicatat bahwa keunggulan kelas eksperimen hanya tampak pada indikator *Cognitive Categories*, sedangkan pada indikator *Content Knowledge* dan *Volitional Change*, kelas kontrol justru mencatatkan nilai N-gain yang lebih tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran yang diterapkan belum sepenuhnya unggul dibandingkan pembelajaran konvensional pada seluruh dimensi keterampilan komunikasi sains yang diukur. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa setiap komponen keterampilan komunikasi sains memiliki karakteristik perkembangan yang berbeda sehingga dipengaruhi oleh tuntutan aktivitas pembelajaran yang tidak sama. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa integrasi PBL, *Gallery Walk*, dan *Environmental-STREAM* berpotensi mendukung pengembangan keterampilan komunikasi sains, namun efektivitasnya dipengaruhi oleh karakteristik indikator yang diukur, kesiapan siswa, serta durasi implementasi pembelajaran.

Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran pada Kelas Eksperimen

Temuan observasi memperlihatkan seluruh sintaks model PBL berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* telah terlaksana sesuai dengan rancangan pembelajaran. Meskipun keterlaksanaan pembelajaran mencapai kategori "Sangat Baik", dinamika yang muncul pada setiap fase menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi sintaks belum sepenuhnya diikuti oleh perkembangan yang merata pada setiap indikator keterampilan komunikasi sains. Oleh karena itu, temuan observasi memberikan konteks yang penting dalam menjelaskan capaian N-gain yang diperoleh siswa.

Pada fase orientasi terhadap masalah, siswa menunjukkan antusiasme yang tinggi ketika dihadapkan pada permasalahan pencemaran *styrofoam* di lingkungan sekitar. Respons positif yang ditunjukkan siswa mengindikasikan bahwa konteks permasalahan yang diangkat dalam pembelajaran berhasil menarik perhatian sejak awal, mengingat kaitannya yang erat dengan permasalahan yang ditemui dalam konteks kehidupan nyata. Permasalahan yang autentik dan relevan berpotensi membangkitkan situational interest sekaligus mengaktifkan pengetahuan awal siswa, sehingga partisipasi aktif mereka dalam pembelajaran semakin terdorong. (Schmidt et al., 2011). Respons awal yang diberikan siswa terhadap isu yang disajikan guru mengindikasikan bahwa konteks masalah yang dipilih dalam penelitian ini cukup relevan dan dekat dengan keseharian siswa, sehingga mampu menumbuhkan rasa ingin tahu sejak awal pembelajaran (Arends, 2019). Keterlibatan awal ini memiliki peran strategis dalam pembelajaran berbasis masalah, karena kesiapan siswa untuk mengikuti proses penyelidikan pada tahap selanjutnya semakin terbentuk dengan sendirinya (Yew et al., 2011).

Pada fase pengorganisasian siswa, muncul hambatan awal yang cukup signifikan. Siswa menunjukkan resistensi terhadap pembentukan kelompok yang ditentukan guru dan lebih menginginkan pengelompokan berdasarkan barisan tempat duduk masing-masing. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian siswa masih membutuhkan penyesuaian terhadap pembelajaran berbasis masalah yang menuntut interaksi dengan anggota kelompok yang berbeda (Shimazoe & Aldrich, 2010). Kondisi ini mengindikasikan bahwa sebagian siswa cenderung lebih merasa nyaman berkolaborasi dengan teman yang sudah akrab dibandingkan harus menyesuaikan diri dalam kelompok yang baru. Ketidaknyamanan dalam dinamika kelompok ini turut memengaruhi efektivitas diskusi pada tahap awal pembelajaran, karena kohesivitas kelompok merupakan salah satu faktor kunci keberhasilan pembelajaran berbasis masalah (Shimazoe & Aldrich, 2010).

Pada fase membimbing penyelidikan mandiri dan kelompok, kondisi pembelajaran berjalan relatif lebih kondusif. Seluruh kelompok menunjukkan keterlibatan yang baik dalam mencari informasi terkait pencemaran *styrofoam* dan proses pembuatan *biofoam*. Keterlibatan aktif tersebut mengindikasikan bahwa kegiatan penyelidikan mampu mempertahankan partisipasi siswa selama pembelajaran berlangsung, didukung oleh temuan bahwa PBL meningkatkan

motivasi dan keterlibatan siswa melalui aktivitas pemecahan masalah yang aktif (Gusman et al., 2023). Temuan observasi pada fase ini sejalan dengan antusiasme awal siswa terhadap isu lingkungan, di mana kegiatan penyelidikan yang bersifat aktif dan eksploratif berhasil mempertahankan keterlibatan kognitif siswa (Faturrahman et al., 2023). Aktivitas mengumpulkan informasi, mengolah data, serta penyajian hasil penyelidikan turut membuka ruang bagi siswa untuk mengasah kemampuan mengamati, menganalisis, dan mengomunikasikan data sehingga capaian indikator *Cognitive Categories* pada kelas eksperimen lebih unggul dibandingkan kelas kontrol. (Faturrahman et al., 2023). Selain itu, muatan *Environmental-STREAM* melalui kegiatan pembuatan *biofoam* mendorong siswa mengintegrasikan aspek *Science* dan *Engineering* dalam merancang solusi terhadap permasalahan pencemaran lingkungan sehingga proses penyelidikan menjadi lebih kontekstual (Gupta et al., 2018).

Pada fase mengembangkan dan menyajikan hasil, terdapat kontras yang sangat mencolok antara dua sub-fase yang berbeda. Pada sub-fase pengembangan produk *biofoam*, siswa kembali menunjukkan antusiasme yang tinggi. Antusiasme tersebut menunjukkan bahwa kegiatan menghasilkan produk nyata dapat mengoptimalkan keterlibatan siswa dikarenakan mereka berpartisipasi secara aktif dalam proses merancang solusi terhadap permasalahan lingkungan. Hasil penelitian ini sejalan dengan prinsip muatan *Environmental-STREAM* yang berfokus pada proses pembelajaran berbasis produk konkret sebagai sarana pengembangan kreativitas dan pemahaman kontekstual siswa (Agustina et al., 2022). Namun, antusiasme tersebut berubah drastis ketika memasuki sub-fase penyajian hasil melalui *Gallery Walk*. Siswa menunjukkan keengganan yang sangat kuat untuk memaparkan produk mereka dengan tampil di depan kelas. Guru harus melakukan dorongan berulang kali agar siswa bersedia maju, bahkan terdapat satu kelompok yang secara eksplisit menolak untuk melakukan presentasi. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa lebih siap mengikuti aktivitas praktik dibandingkan aktivitas komunikasi ilmiah di depan kelompok lain (Yunita et al., 2025). Fenomena ini sangat relevan dalam menjelaskan rendahnya N-gain indikator *Volitional Change* pada kelas eksperimen (0,204, kategori rendah). Keengganan siswa untuk tampil dan berkomunikasi secara publik menunjukkan bahwa keterampilan menyampaikan gagasan ilmiah di depan audiens masih memerlukan pembiasaan dan pendampingan secara bertahap agar berkembang secara optimal (Anwar, 2015; Lestari et al., 2024). Ketidakmauan satu kelompok untuk presentasi juga secara langsung mengurangi pengalaman belajar komunikasi yang seharusnya diperoleh siswa tersebut, sehingga skor *posttest* mereka pada indikator *Volitional Change* tidak mencerminkan potensi sebenarnya dari model pembelajaran yang diterapkan.

Fase analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah menjadi tahapan yang paling menantang selama pembelajaran berlangsung. Berdasarkan catatan observasi, pengelolaan kelas pada fase ini belum berjalan secara optimal karena

banyak siswa keluar dan masuk ruang kelas. Beberapa siswa meminta izin ke kamar mandi, sedangkan sebagian lainnya meninggalkan kelas tanpa izin dan ditemukan berada di luar lingkungan kelas. Kondisi tersebut menyebabkan proses refleksi dan evaluasi tidak berlangsung secara optimal sehingga kesempatan siswa untuk memperkuat pemahaman terhadap materi pembelajaran menjadi berkurang (Li et al., 2024). Terganggunya fase evaluasi ini memberikan penjelasan tambahan mengapa indikator *Content Knowledge* pada kelas eksperimen (N-gain 0,268, kategori rendah) tidak berkembang seoptimal yang diharapkan, karena penguatan dan pengayaan konten yang seharusnya terjadi pada fase refleksi tidak dapat terlaksana secara efektif akibat kondisi kelas yang tidak kondusif.

Secara keseluruhan, hasil observasi memperlihatkan bahwa keberhasilan implementasi model PBL berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* tidak hanya dipengaruhi oleh keterlaksanaan setiap tahapan sintaks pembelajaran, tetapi juga oleh kesiapan siswa untuk berpartisipasi dalam pembelajaran yang menekankan kolaborasi, penyelidikan, dan komunikasi ilmiah. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kendati seluruh tahapan pembelajaran telah diimplementasikan sesuai prosedur yang telah dirancang, pengembangan keterampilan komunikasi sains, khususnya pada indikator *Content Knowledge* dan *Volitional Change*, masih memerlukan proses pembiasaan yang berkelanjutan agar siswa mampu menyesuaikan diri dengan karakteristik pembelajaran aktif dan berpartisipasi secara lebih optimal.

SIMPULAN

Penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis *Gallery Walk* bermuatan *Environmental-STREAM* pada materi pencemaran lingkungan berjalan dengan kategori “Sangat Baik” mengikuti sintaks pembelajaran yang telah disusun. Secara keseluruhan, kelas eksperimen memperoleh N-gain lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, dengan keunggulan yang terutama tampak pada indikator *Cognitive Categories*. Namun demikian, kelas kontrol mencatatkan N-gain yang lebih tinggi pada indikator *Content Knowledge* dan *Volitional Change*, sehingga model yang diterapkan tidak sepenuhnya unggul pada seluruh indikator yang diukur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi model *Problem-Based Learning* berbasis *Gallery Walk* dengan muatan *Environmental-STREAM* berpotensi mendukung pengembangan keterampilan komunikasi sains siswa pada materi pencemaran lingkungan. Meskipun demikian, Keterbatasan penelitian ini terletak pada cakupan subjek yang hanya melibatkan dua kelas dengan total 34 siswa dan pelaksanaan yang terbatas pada dua pertemuan. Penelitian berikutnya disarankan untuk memperluas jumlah sampel serta memperpanjang durasi intervensi agar dampak penerapan model pembelajaran dapat dikaji secara lebih menyeluruh dan mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. W., Rustaman, N. Y., Riandi, & Purwianingsih, W. (2020). Pendekatan STREAM (*Science, Technology, Religion, Engineering, Arts, and Mathematics*) membekalkan kebiasaan berpikir mahasiswa. *Edusains*, 12(2), 283–296. <https://doi.org/10.15408/es.v12i2.17605>
- Agustina, T. W., Sholikhah, M., Mas, A., & Amelia, L. (2022). Creating plant anatomy structure model using Science, Technology, Religion, Engineering, Arts, and Mathematics (STREAM) approach. *Jurnal Kajian Peradaban Islam*, 5(1), 24–33. <https://doi.org/10.47076/jkpi.v5i1.106>
- Aini, L. N., Septantiningtiyas, N., & Bali, M. M. E. I. (2025). Penerapan media pembelajaran interaktif berbasis *smart box* dalam mata pelajaran IPA untuk meningkatkan potensi belajar siswa madrasah ibtidaiyah. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(2), 160–176. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/25278>
- Algozi, B., Mahmudah, R., Arimbi, D., Fatmawati, D., Presilia, D., Sumiati, I., & Sari, E. (2025). Strategi guru dalam meningkatkan keaktifan siswa pada pembelajaran IPA di SMPN 2 Jember. *DIKSI: Jurnal Kajian Pendidikan dan Sosial*, 6(4), 804–815. <https://doi.org/10.53299/diksi.v6i4.2998>
- Amaraweera, S. M., Gunathilake, C., Gunawardene, O. H. P., Dassanayake, R. S., Fernando, N. M. L., Wanninayaka, D. B., Rajapaksha, S. M., Manamperi, A., Gangoda, M., Manchanda, A., Fernando, C. A. N., & Kulatunga, A. K. (2022). Preparation and characterization of dual-modified cassava starch-based biodegradable foams for sustainable packaging applications. *ACS Omega*, 7(23), 19579–19590. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01292>
- Anggraini, D., & Nora, D. (2024). Rendahnya keaktifan belajar siswa pada penerapan model *Problem Based Learning* dalam pembelajaran sosiologi. *Naradidik: Journal of Education & Pedagogy*, 3(3), 337–343. <https://doi.org/10.24036/nara.v3i3.197>
- Anwar, F. (2015). Enhancing students' speaking skill through gallery walk technique. *Register Journal*, 8(2), 226–237. <https://doi.org/10.18326/rgt.v8i2.384>
- Arafat, I., Purwanto, H., Sholihat, N., & Villmala, B. K. (2025). Model pembelajaran PBL untuk penguatan *critical thinking skills* siswa pada materi tata surya: Studi internasional di Kamboja. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 8(3), 436–446. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v8i3.15312>
- Arends, R. I. (2019). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Rineka Cipta.

- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Faturrahman, M., Putri, N., Nusantara, B. P., Novahisa, P., Ayu, N., & Sandra, K. M. (2023). Studi literatur: Penggunaan model PBL terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi pencemaran lingkungan. *Jurnal Biogenerasi*, 8(1), 310–322. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v8i1.2192>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Francek, M. (2006). Promoting discussion in the science classroom using gallery walks. *Journal of College Science Teaching*, 36(1), 27–31.
- Gupta, R., LaMarca, N., Rank, S. J., & Flinner, K. (2018). The environment as a pathway to science learning for K–12 learners: A case study of the E-STEM movement. *Ecopsychology*, 10(4), 228–242. <https://doi.org/10.1089/eco.2018.0047>
- Gusman, H. B., Rachmawati, R. C., Ulfah, M., & Priyatna, R. E. (2023). The effectiveness of Problem-Based Learning model in increasing students' cognitive outcomes and learning motivation in environmental change material. *Jurnal Mangifera Edu*, 8(1), 32–39. <https://doi.org/10.31943/mangiferaedu.v8i1.172>
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Indiana University. <https://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>
- Hakim, M. A. R., Anggraini, N., & Saputra, A. (2019). Gallery walk technique in improving students' speaking skill. *Script Journal: Journal of Linguistics and English Teaching*, 4(1), 26–37. <https://doi.org/10.24903/sj.v4i1.251>
- 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>
- Hmelo-Silver, C. E. (2013). Creating a learning space in problem-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(1), 24–39. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1334>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Kamisah, Syahri, W., & Syamsurizal. (2025). Pengaruh *Project Based Learning* terintegrasi *entrepreneurship* pada materi pencemaran lingkungan terhadap motivasi dan kemampuan berpikir kreatif. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 8(6), 1312–1327. <https://doi.org/10.31539/n53q8y77>

- Karyatin. (2016). Penerapan *Modified Problem Based Learning* dengan *Gallery Walk* untuk meningkatkan keterampilan menyusun peta pikiran dan hasil belajar IPA. *JPPIPA: Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 1(2), 42–51. <https://doi.org/10.26740/jppipa.v1n2.p42-51>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano R., J. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(2), 213–233. <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9277-y>
- Komariah, K., Sofyan, H., & Wagiran. (2019). Problem-based learning: Implementasi dan urgensinya bagi peningkatan kualitas pembelajaran. *Jurnal Kependidikan: Penelitian Inovasi Pembelajaran*, 3(2), 207–219.
- Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students explaining science: Assessment of science communication competence. *Research in Science Education*, 43(6), 2235–2256. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9354-1>
- Kurniawan, D., Maryanti, S., Sukardi, R., & Santi, D. (2021). Development of STREAM-integrated astronomy as an enrichment teaching material for elementary students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012214. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012214>
- Lamusiah, S. (2026). Kajian kurikulum nasional dalam pembelajaran berbasis TCL (*Teacher-Centered Learning*) dan SCL (*Student-Centered Learning*). *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 11(1), 730–744. <https://doi.org/10.23969/jp.v11i01.43709>
- Lestari, R. A., Haryanto, I. B., & Sumarni, W. (2024). Penerapan metode pembelajaran *Gallery Walk* untuk meningkatkan motivasi belajar siswa SMP Negeri 36 Semarang pada materi IPA. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan dan Penelitian Tindakan Kelas*, 1367–1374. <https://proceeding.unnes.ac.id/snpptk/article/view/3272>
- Li, X., Li, F., Chen, X., & Wang, L. (2024). Using reflection and dialog feedback to promote the development of situated and dynamic pedagogical content knowledge. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 6, Article 23. <https://doi.org/10.1186/s43031-024-00114-8>
- Luckyta, L., Sutisnawati, A., & Uswatun, D. A. (2020). Peran kemampuan komunikasi terhadap sikap percaya diri siswa sekolah dasar. *WASIS: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(2), 68–73. <https://doi.org/10.24176/wasis.v1i2.5019>
- Muamala, K., & Wulandari, R. (2024). Keterampilan kolaborasi dan komunikasi sains siswa sekolah menengah: Sebuah studi profil. *Jurnal Biologi*, 1(4), 1–19. <https://doi.org/10.47134/biology.v1i4.2907>

- Muharram, F. I. (2020). Penambahan kitosan pada biofoam berbahan dasar pati. *Edufortech*, 5(2), 119–127. <https://doi.org/10.17509/edufortech.v5i2.28814>
- Muliadi, M. M. R., & Hariadi, A. R. (2024). Implementasi metode *Small Group Discussion* dalam meningkatkan *self-confidence* dan kemampuan berpikir kritis siswa. *BEGIBUNG: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 2(3), 65–72. <https://doi.org/10.62667/begibung.v2i3.111>
- National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Qomariah, N., & Shidiq, G. A. (2025). The application of socioscientific issues-based learning to develop scientific argumentation skills in the production of biofoam from sugarcane bagasse. *Science Education and Application Journal*, 5(1), 48–57. <https://doi.org/10.58249/sjse.v5i01.171>
- Rafsanjany, K. M., Suhada, I., & Agustina, T. W. (2025). Apakah pembelajaran Etno-STREAM dapat meningkatkan komunikasi sains siswa? *ProSANDIKA UNIKAL: Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Universitas Pekalongan*, 6(1), 365–372. <https://doi.org/10.31941/prosandika.v6i1.2422>
- Risdi, M. F., & Herni, Z. (2025). Strategi *Small Group Discussion* dalam meningkatkan keterampilan komunikasi siswa pada mata pelajaran PAI di SMP Plus Nusantara. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 11(1), 211–233. <https://doi.org/10.23969/jp.v11i01.41925>
- Rizal, S., Prayogi, S., & Kurnia, N. (2023). Problem-based learning in science education: A literature review study. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 11(2), 116–136. <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v11i2.14671>
- Rofiqi, A., Suratno, & Ervina, Y. (2024). Effectiveness of problem-based learning with Teaching at the Right Level approach on learning outcomes and group discussion skills in environmental change material. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 114–123. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v13i1.79785>
- Sa'diah, N., Maryanti, R., & Agustina, L. (2025). STREAM approaches integrated halal in chemistry learning. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 185–193. <https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JPKIMIA/article/view/17083>
- Safrizal. (2021). Pembelajaran ekonomi dengan metode *Gallery Walk* di MA Qamarul Huda Bagu. *Jurnal Tirai Edukasi*, 4(1), 40–48. https://journal.uniqhba.ac.id/index.php/tirai_edukasi/article/view/213
- Schmidt, H. G., Rotgans, J. I., & Yew, E. H. J. (2011). The process of problem-based learning: What works and why. *Medical Education*, 45(8), 792–806. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x>

- Shimazoe, J., & Aldrich, H. (2010). Group work can be gratifying: Understanding and overcoming resistance to cooperative learning. *College Teaching*, 58(2), 52–57. <https://doi.org/10.1080/87567550903418594>
- Siregar, R., Lubis, P., Azkiah, F., & Putri, A. (2024). Peran penting pendidikan dalam pembentukan sumber daya manusia cerdas di era digitalisasi menuju *Smart Society 5.0*. *Indonesian Journal of Education and Development Research*, 2(2), 1408–1418. <https://doi.org/10.57235/ijedr.v2i2.2621>
- Sudarisman, S. (2015). Memahami hakikat dan karakteristik pembelajaran biologi dalam upaya menjawab tantangan abad ke-21 serta optimalisasi implementasi Kurikulum 2013. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 2(1), 29–35. <https://doi.org/10.25273/florea.v2i1.403>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sunarti, T., & Septiana, D. A. (2019). The effect of problem-based learning with gallery walk strategy on creativity and communication skills. In *Proceedings of the Mathematics, Informatics, Science, and Education International Conference* (pp. 144–148). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/miseic-19.2019.40>
- Suryanda, A., Miarsyah, M., Hanhan, A., & Abshor, U. (2023). Improving creative thinking skills through integration of problem-based learning with STEAM in environmental pollution material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(Special Issue), 184–190. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9iSpecialIssue.4524>
- Tan, W. A., & Perrault, S. (2025). Enhancing student engagement through a gallery walk: Applying multiple strategies to communicate scientific concepts. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 26(2). <https://doi.org/10.1128/jmbe.00207-24>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- Yew, E. H. J., Chng, E., & Schmidt, H. G. (2011). Is learning in problem-based learning cumulative? *Advances in Health Sciences Education*, 16(4), 449–464. <https://doi.org/10.1007/s10459-010-9267-y>
- Yunita, Winarno, N., Saprudin, & Kurniati, N. (2025). Problem-based learning with gallery walk oriented to improve students' communication skills on ecology and biodiversity topics. *Journal of Biology Education*, 8(2), 111–124. <https://doi.org/10.21043/jobv8i2.27919>
- Zubaidah, S. (2017). Keterampilan abad ke-21: Keterampilan yang diajarkan melalui pembelajaran. Dalam *Seminar Nasional Pendidikan: Isu-Isu Strategis Pembelajaran MIPA Abad ke-21*.