

PEMBELAJARAN PjBL BERBASIS *ENVIRONMENTAL-STREAM* UNTUK MENINGKATKAN BERPIKIR KREATIF PADA PEMBUATAN BRIKET

Ilmi Fara Fadlika¹, Tri Wahyu Agustina², Asrianty Mas'ud³

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

ilmifarafadlika0604@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterlaksanaan pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis *Environmental-STREAM* dan menganalisis peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi perubahan lingkungan melalui pembuatan briket dari limbah tempurung kelapa. Metode yang digunakan adalah *Quasi-Experimental Design* dengan desain *Static Group Pretest-Posttest*. Subjek penelitian adalah 46 siswa kelas X di Madrasah Aliyah di Kabupaten Bandung, yang terbagi menjadi kelas eksperimen (PjBL berbasis *Environmental-STREAM*) dan kelas kontrol (PjBL tanpa pendekatan *Environmental-STREAM*). Instrumen yang digunakan meliputi lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan soal uraian singkat berbasis indikator berpikir kreatif Torrance, yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlaksanaan pembelajaran memperoleh rata-rata 93,33% (guru) dan 95,00% (peserta didik), keduanya dalam kategori sangat baik. Analisis N-gain menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh peningkatan berpikir kreatif sebesar 70,5% (kategori tinggi) dan kelas kontrol sebesar 43,0% (kategori sedang), dengan perbedaan yang terbukti signifikan secara statistik berdasarkan uji Mann-Whitney ($p = 0,000 < 0,05$). Selisih peningkatan terbesar terjadi pada indikator *originality* (48,0%) dan *elaboration* (37,8%), menunjukkan bahwa konteks lingkungan pada pembelajaran berbasis *Environmental-STREAM* dapat mendorong kedua aspek berpikir kreatif tersebut. Simpulan penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kreatif yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, meskipun interpretasi hasil perlu mempertimbangkan keterbatasan desain Quasi-Eksperimen yang digunakan.

Kata Kunci: Berpikir kreatif, Briket, *Environmental-STREAM*, Perubahan Lingkungan, *Project Based Learning*.

ABSTRACT

This study aims to analyze the implementation of Environmental-STREAM-based Project-Based Learning (PjBL) and to examine improvements in students' creative thinking skills regarding environmental change through the production of briquettes from coconut shell waste. The method used was a quasi-experimental design with a static group pretest-posttest design. The research subjects were 46 tenth-grade students at a Madrasah Aliyah in Bandung Regency, divided into an experimental class (Environmental-STREAM-based PjBL) and a control class (PjBL without the Environmental-STREAM approach). The instruments used

included an observation sheet for the implementation of the learning process and short-answer questions based on Torrance's indicators of creative thinking, namely fluency, flexibility, originality, and elaboration. The results showed that the implementation of instruction achieved an average of 93.33% (teachers) and 95.00% (students), both falling into the "very good" category. N-gain analysis showed that the experimental class achieved a 70.5% increase in creative thinking (high category) and the control class achieved a 43.0% increase (moderate category), with a difference proven to be statistically significant based on the Mann-Whitney test ($p = 0.000 < 0.05$). The largest increases were observed in the indicators of originality (48.0%) and elaboration (37.8%), indicating that the environmental context in Environmental-STREAM-based learning can foster these two aspects of creative thinking. The conclusions of this study indicate that Environmental-STREAM-based PjBL learning demonstrated a greater improvement in creative thinking skills compared to the control class, although the interpretation of the results must take into account the limitations of the quasi-experimental design used

Keywords: *Creative thinking, Briquettes, Environmental-STREAM, Environmental Change, Project-Based Learning.*

PENDAHULUAN

Perkembangan sains dan teknologi di abad ke-21 menuntut lulusan yang tidak hanya menguasai konten pengetahuan, tetapi juga mampu berpikir kreatif dalam menghadapi permasalahan nyata (Agustina et al., 2020). Kreativitas menjadi salah satu kompetensi paling mendasar dalam tuntutan 4C (*critical thinking, creativity, communication, collaboration*) yang kini menjadi orientasi utama pendidikan sains di Indonesia (Suparya et al., 2022). Namun, asesmen internasional menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif siswa Indonesia masih jauh dari yang diharapkan. Hasil PISA 2022 menempatkan Indonesia dalam 14 negara dengan capaian berpikir kreatif terendah dengan rata-rata skor siswa Indonesia hanya 19 dari 60, sementara rata-rata OECD mencapai 33, dan hanya 5% siswa Indonesia yang tergolong *high achievers* dibandingkan rata-rata OECD sebesar 27% (OECD, 2024).

Kondisi yang sama terlihat pada penguasaan sains secara umum, sebagaimana ditunjukkan data TIMSS 2015 di mana skor sains Indonesia hanya mencapai 397, jauh di bawah rata-rata internasional 500 (Martin et al., 2016). Data ini mencerminkan bahwa pembelajaran sains di Indonesia, termasuk pembelajaran biologi, belum sepenuhnya berhasil mendorong siswa untuk berpikir tingkat tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran biologi perlu lebih dari sekadar penyampaian konsep, sehingga guru dituntut untuk mendorong siswa berpikir kreatif sekaligus peka terhadap isu lingkungan, mengingat tantangan yang akan dihadapi generasi muda semakin kompleks (Partnership for 21st Century Learning, 2015; Bybee, 2013). Selain itu, pembelajaran biologi pada Kurikulum Merdeka

seharusnya bersifat kontekstual dan berbasis proyek, agar siswa dapat mengaitkan konsep biologi dengan permasalahan nyata di sekitar mereka (Kemendikbud, 2020).

Kreativitas menjadi salah satu syarat yang harus dimiliki oleh siswa pada perkembangan abad 21 guna menghadapi dunia kerja (Hariyanto & Jannah, 2020). Hal ini tercermin dalam instrumen PISA yang tidak hanya mengukur penguasaan materi akademik, tetapi juga kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan secara reflektif dan kreatif dalam menyelesaikan permasalahan kehidupan nyata (Pratiwi et al., 2019). Kreativitas adalah kompetensi untuk memunculkan, menerapkan, dan mengomunikasikan konsep-konsep inovatif kepada pihak lain, serta menunjukkan keterbukaan dan kesigapan terhadap pandangan baru dan beragam. Berpikir kreatif mengindikasikan kemampuan untuk mengeksplorasi suatu gagasan melalui pemikiran, yang sejalan dengan salah satu sasaran dalam sistem pendidikan nasional (Yuliani et al., 2017).

Pengukuran kemampuan berpikir kreatif dalam penelitian pendidikan banyak mengacu pada empat indikator yang dikembangkan Torrance (1974), yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Torrance (1974), menjabarkan keempat indikator tersebut sebagai kelancaran siswa dalam menghasilkan banyak gagasan yang relevan (*fluency*), kemampuan melihat persoalan dari berbagai sudut pandang yang berbeda (*flexibility*), kemampuan memunculkan ide yang baru dan tidak lazim (*originality*), serta kemampuan mengembangkan dan memperinci suatu gagasan secara lebih mendalam (*elaboration*) (Wijayanti dkk., 2025; Mulyadi dkk., 2024). Sejalan dengan hal ini, Aryanti et al. (2021), yang menganalisis profil berpikir kreatif siswa SMA pada pembelajaran Biologi bertema perubahan lingkungan dan daur ulang limbah turut menggunakan indikator Torrance sebagai instrumen pengukuran, mengingat tema tersebut erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari siswa.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pendidik mata pelajaran Biologi di salah satu Madrasah Aliyah (MA) di Kabupaten Bandung, pembelajaran Biologi yang dilaksanakan masih belum sepenuhnya diarahkan pada pengembangan keterampilan abad ke-21, di mana praktikum yang ada belum berfokus pada pemecahan masalah kontekstual kehidupan sehari-hari siswa. Kondisi serupa juga diungkapkan oleh Pulungan & Khairuna (2023), bahwa dominasi pembelajaran konvensional dalam biologi menjadi penghambat berkembangnya kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Oleh karena itu, pendidik dituntut beralih pada model pembelajaran yang lebih aktif, seperti penerapan pembelajaran berbasis proyek.

Pembelajaran biologi sangat erat kaitannya dengan pendidikan lingkungan atau konsep ekologi (Artika & Rosemary, 2023). Berdasarkan hasil observasi di sekolah, pembelajaran biologi pada materi perubahan lingkungan selama ini hanya diajarkan sebatas pengetahuan teoritis tanpa diikuti dengan pengaplikasian nyata dalam bentuk tindakan atau proyek yang melatih keterampilan siswa dalam mengelola dan menjaga lingkungan. Salah satu masalah yang teridentifikasi adalah

ketidaksesuaian antara materi pembelajaran dan penerapan di dunia nyata; konten pendidikan sering kali terlalu menekankan konsep teoritis dan akademis tanpa mempertimbangkan relevansinya dengan kehidupan sehari-hari atau implementasi praktis. Kekurangan dalam menghubungkan pembelajaran dengan pengalaman praktis ini dapat berdampak pada kesiapan siswa untuk memasuki dunia kerja (Isma et al., 2023).

Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) merupakan model pembelajaran alternatif yang selaras dengan pendekatan pendidikan saat ini. PjBL memfasilitasi keterlibatan siswa dalam keberhasilan proyek sekaligus mencapai tujuan yang diinginkan dan pemahaman konseptual (Dewi, 2021). Model PjBL mendorong peningkatan kreativitas, ketajaman pemecahan masalah, dan kemampuan berpikir kritis di antara peserta didik melalui kegiatan yang berpusat pada proyek (Ridha et al., 2022). Penerapan PjBL pada proyek pengolahan limbah juga terbukti efektif meningkatkan berpikir kreatif siswa SMK (Wibowo et al., 2021), serta memberikan pengaruh besar terhadap hasil belajar IPA dibandingkan dengan pembelajaran konvensional (Zahra & Rahmiati, 2025).

Untuk mengembangkan keterampilan abad 21 dibutuhkan pembelajaran inovatif yang tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep, tetapi juga pada proses berpikir dan pemecahan masalah kontekstual. Pendidikan sains saat ini yang selaras dengan tuntutan abad ke-21 mencakup pendekatan STREAM, yang berevolusi dari STEM dan STEAM. Pendekatan STREAM menumbuhkan kebiasaan berpikir kritis yang dibutuhkan untuk abad ke-21 (Agustina et al., 2019). STREAM adalah metodologi pendidikan multidisiplin yang mengintegrasikan berbagai bidang seperti *Science*, *Technology*, *Religion*, *Engineering*, *Arts*, dan *Mathematics* (Agustina et al., 2020). Mirip dengan STEM, pendekatan STREAM dicirikan oleh fokusnya pada masalah dunia nyata atau kontekstual. Dalam menangani masalah-masalah ini, metodologi STREAM mengadopsi prinsip-prinsip dari STEM, menekankan proses desain teknik yang tumpang tindih dengan penyelidikan ilmiah (Agustina et al., 2020). Modifikasi signifikan dalam STREAM melibatkan dimasukkannya komponen *Religion* (R), yang dimaksudkan untuk berfungsi sebagai dasar pengembangan individu yang unggul dan berprinsip dalam lanskap global saat ini (Yusuf et al., 2018).

Inovasi lain selain STREAM adalah pendekatan E-STEM (*Environmental-STEM*) yang merupakan evolusi dari pendidikan STEM yang memasukkan aspek pendidikan lingkungan, sebagai respons terhadap tuntutan pembelajaran yang tidak hanya fokus pada pemahaman konsep sains dan teknologi, tetapi juga pada kesadaran akan isu-isu lingkungan. Konsep E-STEM pertama kali diperkenalkan oleh *National Association for Environmental Education* (NAEE). Pendekatan ini menekankan partisipasi aktif siswa dalam proses rekayasa desain yang dihubungkan dengan tantangan lingkungan aktual (Helvaci & Helvaci, 2019; Koculu & Girgin, 2022). Hal ini sejalan dengan Capaian Pembelajaran (CP) Fase E materi perubahan lingkungan pada mata pelajaran Biologi dalam Kurikulum

Merdeka, di mana peserta didik diharapkan memiliki kemampuan untuk menciptakan solusi atas permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional, atau global terkait pemahaman perubahan lingkungan (Kemendikbudristek, 2022).

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pendidik di salah satu Madrasah Aliyah (MA) di Kabupaten Bandung, ditemukan bahwa di sekitar lingkungan sekolah banyak terdapat limbah organik berupa tempurung kelapa yang dibiarkan menumpuk tanpa pengelolaan lebih lanjut. Kondisi ini menjadi dasar pemilihan isu lokal yang relevan sebagai bentuk implementasi konkret Capaian Pembelajaran Fase E mata pelajaran Biologi, di mana peserta didik diharapkan mampu menciptakan solusi atas permasalahan lingkungan sekitar. Salah satu alternatif yang tidak hanya bernilai lingkungan tetapi juga kaya akan muatan pembelajaran lintas disiplin adalah mengolah limbah tempurung kelapa menjadi bahan bakar arang (briket). Briket dari limbah tempurung kelapa tidak hanya menjadi solusi pengurangan limbah organik di lingkungan sekitar, tetapi juga berpotensi sebagai sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan (Nufus et al., 2024). Briket merupakan jenis bahan bakar padat yang dibentuk menjadi bentuk tertentu untuk menghasilkan sumber energi alternatif berkualitas tinggi (Haliza & Saroso, 2022).

Dalam penelitian ini, pembuatan briket dari limbah tempurung kelapa dipilih sebagai proyek yang berpotensi mengintegrasikan aspek sains, teknologi, rekayasa, seni, matematika, dan nilai religi yang selaras dengan pendekatan *Environmental-STREAM* (Agustina et al., 2020). Komponen *Science* diimplementasikan melalui proses karbonisasi tempurung kelapa, *Technology* melalui pemanfaatan alat sederhana dan digital dalam pembuatan briket, *Religion* melalui penanaman nilai syukur dan kepedulian terhadap lingkungan sebagai wujud tanggung jawab manusia dalam menjaga bumi sebagaimana amanah sebagai khalifah (Yusuf et al., 2018), *Engineering* melalui tahapan PDBU (*Planning, Designing, Building, dan Utilizing*), *Arts* melalui desain bentuk dan kemasan briket, *Mathematics* melalui perhitungan komposisi bahan dan analisis durasi nyala, serta komponen *Environmental* sebagai landasan keseluruhan proyek dalam upaya pelestarian lingkungan berkelanjutan (Helvaci & Helvaci, 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini penting dilakukan dengan tujuan untuk mendeskripsikan keterlaksanaan pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* pada materi perubahan lingkungan; dan untuk menganalisis peningkatan berpikir kreatif pada kelas dengan pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* dan pada kelas yang tidak menggunakan pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* pada materi perubahan lingkungan dalam pembuatan briket.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan *metode Quasi-Experimental Design* berbentuk *Static Group Pretest-Posttest Design* (Fraenkel et

al., 2012), sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Desain ini dipilih karena kondisi di sekolah tidak memungkinkan dilakukannya randomisasi penuh, mengingat kelas telah terbentuk secara administratif sebelum penelitian berlangsung. Kelas eksperimen diberikan pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM*, sedangkan kelas kontrol diberikan pembelajaran PjBL sederhana tanpa integrasi *Environmental-STREAM*. Penetapan kelas X-B sebagai kelas eksperimen dan kelas X-A sebagai kelas kontrol dilakukan berdasarkan rekomendasi guru, bukan berdasarkan perbedaan kemampuan akademik. Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas X pada salah satu Madrasah Aliyah di Kabupaten Bandung yang terdiri atas dua rombongan belajar, masing-masing berjumlah 23 peserta didik.

Teknik pengambilan sampel menggunakan sampling jenuh (*exhaustive sampling*), yaitu seluruh anggota populasi dijadikan sampel penelitian (Sugiyono, 2013). Konsekuensi metodologis dari desain ini adalah adanya potensi ancaman validitas internal berupa *selection bias*, namun hal tersebut dikendalikan melalui pemeriksaan kesetaraan kemampuan awal antarkelas sebelum perlakuan diberikan. Untuk memastikan kelayakan perbandingan antarkelas, dilakukan uji kesetaraan awal menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji Mann-Whitney terhadap data pretest kedua kelas. Secara deskriptif, rata-rata pretest kelas eksperimen sebesar 65,40 dan kelas kontrol sebesar 63,77, dengan selisih hanya 1,63 poin. Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan data pretest kelas kontrol ($p = 0,261 > 0,05$) dan kelas eksperimen ($p = 0,161 > 0,05$) keduanya berdistribusi normal. Selanjutnya, hasil uji Mann-Whitney menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,707 ($p > 0,05$), yang berarti tidak terdapat perbedaan kemampuan awal yang signifikan antara kedua kelas, sehingga keduanya dinyatakan setara dan layak untuk dibandingkan. Rancangan desain penelitian disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rancangan Desain Penelitian (Fraenkel et al., 2012)

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

Keterangan:

O₁ : Pretest pada kelas eksperimen

O₃ : Pretest pada kelas kontrol

O₂ : Posttest pada kelas eksperimen

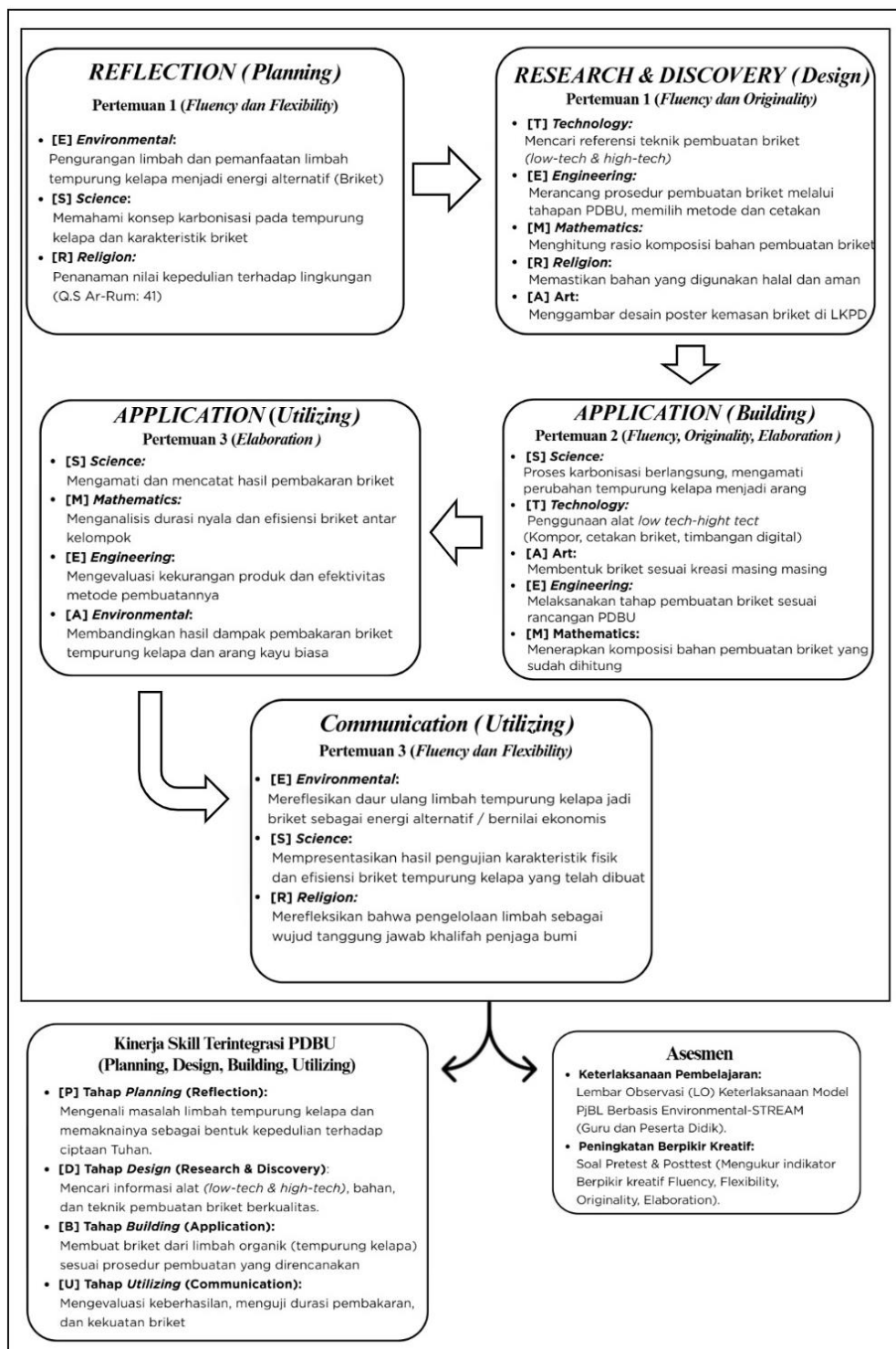
O₄ : Posttest pada kelas kontrol

X : Intervensi (PjBL *Environmental-STREAM*)

Efek : $(O_2 - O_1) - (O_4 - O_3)$

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua kelompok, sesuai dengan dua fokus penelitian yang dianalisis. Pertama, untuk mengukur keterlaksanaan pembelajaran, digunakan LKPD pada materi perubahan lingkungan berbasis *Environmental-STREAM* serta lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran bagi guru dan peserta didik. Pembelajaran PjBL berbasis

Environmental-STREAM dalam penelitian ini diimplementasikan pada setiap aktivitas pembelajaran yang terukur pada proyek pembuatan briket dari limbah tempurung kelapa. Keterkaitan antara setiap komponen *Environmental-STREAM* dengan aktivitas pembelajaran disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Implementasi Pembelajaran PjBL Berbasis *Environmental-STREAM* pada Proyek Pembuatan Briket (Laboy-Rush, 2010; Torrance, 1974)

Implementasi model *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis *Environmental-STREAM* melalui proyek pembuatan briket tempurung kelapa diuraikan secara terstruktur dalam tiga kali pertemuan, mulai dari tahap perencanaan hingga presentasi hasil yang terintegrasi dalam kerangka Kinerja Skill PDBU (*Planning, Design, Building, Utilizing*), sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Alur pembelajaran ini dirancang untuk mengaitkan penguasaan materi dengan penerapan pemecahan masalah lingkungan, yang kemudian dievaluasi secara menyeluruh melalui lembar keterlaksanaan pembelajaran dengan rincian kisi-kisi sebagaimana disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kisi-Kisi Lembar Observasi Keterlaksanaan

No	Indikator	Pengamatan
1	Tahap Planning (<i>Reflection</i>)	Mengenali masalah lingkungan di sekitar sekolah (limbah organik) dan mendaur ulang limbah tersebut sebagai bentuk kepedulian terhadap ciptaan Tuhan.
2	Tahap Design (<i>Research & Discovery</i>)	Mencari informasi alat (<i>low-tech & high-tech</i>) dan bahan serta teknik pembuatan briket, memahami tahapan dan karakteristik pembuatan briket berkualitas.
3	Tahap Building (<i>Application</i>)	Membuat briket dari bahan limbah organik sesuai prosedur pembuatan yang telah ditentukan.
4	Tahap Utilizing (<i>Communication</i>)	Mengevaluasi keberhasilan, menguji durasi pembakaran dan kekuatan briket.

Lembar observasi keterlaksanaan mengacu pada rubrik analitik berskala 0–4, dengan kriteria 0 (buruk), 1 (kurang), 2 (cukup), 3 (baik), dan 4 (sangat baik). Indikator lembar observasi tersebut disusun mengacu pada tahapan pendekatan *E-STREAM* dalam kerangka Kinerja Skill PDBU (*Planning, Design, Building, Utilizing*) (Laboy-rush, 2010). Sebelum digunakan, lembar observasi telah dikonsultasikan kepada dosen pembimbing dan dinyatakan layak untuk digunakan dalam penelitian. Pengisian lembar observasi aktivitas guru dilakukan oleh guru pengampu mata pelajaran Biologi di sekolah tersebut, sedangkan lembar observasi aktivitas peserta didik diisi oleh satu orang teman sejawat peneliti. Masing-masing lembar observasi diisi oleh satu observer, sehingga perhitungan reliabilitas antarpemilai tidak dapat dilakukan dan menjadi salah satu keterbatasan dalam penelitian ini. Kedua, untuk mengukur peningkatan berpikir kreatif digunakan instrumen soal uraian singkat yang diberikan pada tahap awal (*pretest*) dan akhir pembelajaran (*posttest*), yang disusun berdasarkan indikator berpikir kreatif Torrance, yaitu *fluency, flexibility, originality*, dan *elaboration*. Adapun data keterlaksanaan pembelajaran *PjBL* berbasis *Environmental-STREAM* selanjutnya dianalisis secara deskriptif kualitatif berdasarkan perhitungan persentase hasil

skoring keterlaksanaan aktivitas guru dan siswa, yang kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria tingkat keberhasilan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kriteria Tingkat Keberhasilan (Arikunto, 2012)

Persentase Nilai (%)	Kategori
86–100	Sangat baik
76–85	Baik
60–75	Cukup baik
55–59	Kurang
≤ 54	Kurang sekali

Peningkatan kemampuan berpikir kreatif peserta didik dianalisis menggunakan indeks gain ternormalisasi (*N-gain*) yang dikembangkan oleh Hake (1998). *N-gain* digunakan untuk mengukur besarnya peningkatan antara skor *pretest* dan *posttest* dengan memperhitungkan skor maksimum, sehingga mampu mencerminkan peningkatan yang sesungguhnya tanpa dipengaruhi oleh perbedaan kemampuan awal antarkelas. Perhitungan *N-gain* tersebut dilakukan berdasarkan rumus pada persamaan (1) berikut.

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

Hasil perhitungan *N-gain* kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria peningkatan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria *N-gain* (Hake, 1998)

Nilai <i>N-gain</i> (g)	Kriteria
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Nilai *N-gain* yang diperoleh kemudian dirata-ratakan per kelas dan per indikator, lalu dikategorikan berdasarkan Tabel 4 (Hake, 1998). Untuk menguji signifikansi perbedaan peningkatan antarkelas, dilakukan uji statistik inferensial yang diawali dengan uji normalitas Shapiro-Wilk mengingat jumlah sampel masing-masing kelas sebanyak 23 peserta didik ($N \leq 50$) (Sugiyono, 2013). Apabila data berdistribusi normal ($p > 0,05$), pengujian dilanjutkan dengan uji *Independent*

Sample t-test, sedangkan apabila data tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), pengujian dilanjutkan dengan uji nonparametrik Mann-Whitney dengan kriteria pengambilan keputusan apabila nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti terdapat perbedaan peningkatan yang signifikan antara kedua kelas (Sugiyono, 2013).

Uji Mann-Whitney merupakan uji nonparametrik yang digunakan untuk membandingkan dua kelompok independen ketika asumsi normalitas data tidak terpenuhi, dan secara konseptual merupakan alternatif dari uji *Independent Sample t-test* (Siegel & Castellan, 1988). Uji ini tidak mensyaratkan distribusi data yang normal karena pengujiannya berbasis peringkat (*rank*), sehingga analisis tetap dapat dilakukan secara valid meskipun sebaran data tidak memenuhi asumsi parametrik (Field, 2018). Uji Mann-Whitney berfungsi untuk menguji ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan secara statistik antara dua kelompok independen. Meski demikian, uji ini tidak menjelaskan seberapa besar pengaruh perlakuan yang sebenarnya terjadi. Untuk melengkapi analisis inferensial tersebut, dilakukan perhitungan *effect size* sebagai ukuran besarnya dampak praktis dari intervensi yang diberikan. Cohen (1988), mendefinisikan *effect size* sebagai ukuran yang menggambarkan besarnya pengaruh suatu perlakuan terhadap variabel yang diteliti, sementara Ellis & Steyn (2003), menekankan bahwa *effect size* berfungsi untuk menilai besarnya pengaruh perlakuan secara substantif, bukan sekadar memastikan keberadaan efek secara statistik. Apabila pengujian dilanjutkan dengan uji nonparametrik Mann-Whitney, maka *effect size* dihitung menggunakan rumus persamaan (2) berikut.

$$r = \frac{Z}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

Keterangan:

r = ukuran *effect size* nonparametrik

Z = nilai Z dari output uji *Mann-Whitney U Test*

N = jumlah total subjek ($n_1 + n_2$)

Seluruh proses analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan program IBM SPSS Statistics versi 27. Hasil perhitungan nilai r berkisar antara 0 hingga 1, di mana semakin tinggi nilai r yang diperoleh maka semakin besar pula pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diteliti. Kategori interpretasi nilai r mengacu pada kriteria Rosenthal (1991), sebagaimana disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Kriteria Interpretasi Effect Size (Rosenthal, 1991)

Nilai Uji r	Kategori
$0,00 \leq r \leq 0,29$	Rendah
$0,30 \leq r \leq 0,49$	Sedang
$ r \geq 0,50$	Tinggi

HASIL PENELITIAN

Keterlaksanaan Pembelajaran PjBL Berbasis *Environmental-STREAM*

Data keterlaksanaan pembelajaran diperoleh dari hasil observasi terhadap aktivitas guru dan peserta didik pada setiap tahapan sintaks PjBL yang diintegrasikan dengan tahapan *engineering design process* pendekatan *Environmental-STREAM*, yaitu *Reflection* (Pikir), *Research* (Desain), *Discovery* (Desain), *Application* (Buat), *Application* (Uji), dan *Communication*, yang dilaksanakan dalam tiga kali pertemuan. Rekapitulasi hasil keterlaksanaan disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Keterlaksanaan Pembelajaran PjBL Berbasis *Environmental-STREAM*

No	Tahapan PjBL Berbasis <i>Environmental-STREAM</i>	Pencapaian Guru (%)	Kategori	Pencapaian Peserta Didik (%)	Kategori
1	<i>Reflection</i> (Pikir)	66,67	Cukup baik	100,00	Sangat baik
2	<i>Research</i> (Desain)	100,00	Sangat baik	87,50	Sangat baik
3	<i>Discovery</i> (Desain)	100,00	Sangat baik	87,50	Sangat baik
4	<i>Application</i> (Buat)	100,00	Sangat baik	100,00	Sangat baik
5	<i>Application</i> (Uji)	100,00	Sangat baik	100,00	Sangat baik
6	<i>Communication</i>	100,00	Sangat baik	93,75	Sangat baik
	Rata-rata	93,33	Sangat baik	95,00	Sangat baik

Sumber kriteria kategori: Arikunto (2012)

Berdasarkan Tabel 6, keterlaksanaan pembelajaran secara keseluruhan memperoleh skor rata-rata 93,33% pada aktivitas guru dan 95,00% pada aktivitas peserta didik, keduanya berada pada kategori sangat baik. Skor terendah terjadi pada tahap *Reflection* (Pikir) untuk aktivitas guru pada pertemuan pertama, yaitu 66,67% (kategori cukup baik), sementara pada tahap yang sama aktivitas peserta didik justru mencapai 100,00% (sangat baik). Secara keseluruhan, keterlaksanaan capaian sintaks PjBL berbasis *Environmental-STREAM* menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran berlangsung sangat baik sesuai dengan desain pembelajaran yang telah ditetapkan.

Peningkatan Berpikir Kreatif pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Data peningkatan berpikir kreatif diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen (X-B) yang menerapkan model pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* dan kelas kontrol (X-A) yang menerapkan model PjBL

tanpa pendekatan *Environmental-STREAM*. Hasil N-Gain *score* berpikir kreatif per indikator pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil N-Gain Score Berpikir Kreatif per Indikator Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Indikator	N-Gain % Eksperimen	Kategori Eksperimen	N-Gain % Kontrol	Selisih (Kelas Eksperimen – Kelas Kontrol)	Kategori Kontrol
<i>Fluency</i>	56,9	Sedang	46,5	10,4	Sedang
<i>Flexibility</i>	69,2	Sedang	58,8	10,4	Sedang
<i>Originality</i>	73,7	Tinggi	25,7	48,0	Rendah
<i>Elaboration</i>	78,1	Tinggi	40,3	37,8	Sedang
N Gain Keseluruhan	70,5	Tinggi	43,0	27,4	Sedang

Berdasarkan data Tabel 7, N-gain keseluruhan kelas eksperimen sebesar 70,5% (kategori tinggi), sedangkan kelas kontrol sebesar 43,0% (kategori sedang). Untuk mengetahui besarnya peningkatan yang terjadi setelah memperhitungkan skor awal, dilakukan analisis N-gain pada setiap indikator berpikir kreatif Torrance. Pada level indikator, kelas eksperimen secara konsisten unggul pada seluruh indikator. Secara deskriptif, rata-rata N-gain kelas eksperimen pada seluruh indikator berada pada kategori sedang hingga tinggi, sedangkan kelas kontrol berada pada kategori rendah hingga sedang. Perbedaan kategori paling nyata terjadi pada indikator *originality*, di mana kelas eksperimen mencapai 73,7% (kategori tinggi) sementara kelas kontrol hanya sebesar 25,7% (kategori rendah). Selisih N-gain paling besar terjadi pada indikator *originality* (48,0%) dan *elaboration* (37,8%), sedangkan selisih pada *fluency* dan *flexibility* relatif lebih kecil (10,4%).

Tabel 8. Hasil Uji Normalitas Data N-Gain Score (Shapiro-Wilk)

Kelas	Statistic	df	Sig.
Kontrol	,842	23	,002
Eksperimen	,860	23	,004

Berdasarkan Tabel 8, hasil uji normalitas menggunakan metode Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) untuk data N-Gain Score kelas kontrol sebesar 0,002 dan kelas eksperimen sebesar 0,004. Karena kedua nilai tersebut lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data N-Gain Score dari kelas eksperimen dan kelas kontrol tersebut berdistribusi tidak normal. Oleh karena itu, asumsi normalitas tidak terpenuhi, maka analisis statistik untuk pengujian hipotesis dilanjutkan menggunakan statistik non-parametrik, yaitu Uji Mann-Whitney yang digunakan untuk menguji perbedaan antara dua kelompok independen (kelas kontrol dan kelas eksperimen) tanpa mensyaratkan data berdistribusi normal, apabila asumsi normalitas data tidak terpenuhi.

Tabel 9. Hasil Uji Mann-Whitney Data N-Gain Score

Keterangan	Nilai N-Gain
Mann-Whitney U	55,000
Wilcoxon W	331,000
Z	-4,690
Asymp. Sig. (2-tailed)	<,001

Berdasarkan Tabel 9, hasil uji Mann-Whitney menunjukkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar <,001. Karena nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti terdapat perbedaan peningkatan kemampuan berpikir kreatif yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Ditinjau dari nilai Mean Rank, kelas eksperimen memiliki peringkat rata-rata yang jauh lebih tinggi (32,61) dibandingkan kelas kontrol (14,39).

Untuk melengkapi analisis inferensial tersebut, dilakukan perhitungan effect size guna mengetahui besarnya pengaruh perlakuan secara nyata. Berdasarkan nilai $Z = -4,690$ dan jumlah total sampel $N = 46$, diperoleh nilai effect size sebesar $r = 4,690/\sqrt{46} = 0,69$. Merujuk pada kriteria Rosenthal (1991), nilai $r = 0,69$ termasuk dalam kategori besar ($r \geq 0,50$), yang mengindikasikan bahwa pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif peserta didik.

PEMBAHASAN

Keterlaksanaan Pembelajaran PjBL Berbasis *Environmental-STREAM*

Keterlaksanaan pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* pada penelitian ini secara keseluruhan berada pada kategori sangat baik dengan rata-rata capaian aktivitas guru sebesar 93,33% dan peserta didik 95,00%. Capaian ini menunjukkan bahwa seluruh tahapan sintaks PjBL yang terintegrasi dengan komponen *Environmental-STREAM* dapat dijalankan secara konsisten selama tiga pertemuan. Agustina et al. (2020) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis *STREAM* yang dirancang secara sistematis terbukti mampu mendorong berkembangnya kebiasaan berpikir siswa secara menyeluruh, dan capaian keterlaksanaan yang sangat baik dalam penelitian ini menjadi salah satu indikator bahwa rancangan pembelajaran tersebut dapat diimplementasikan dengan baik di lapangan.

Capaian terendah terjadi pada tahap *Reflection (Planning)* untuk aktivitas guru pada pertemuan pertama, yaitu 66,67% (kategori cukup baik). Kondisi ini dapat diidentifikasi dari dua faktor teknis. Pertama, pengelolaan waktu pada pertemuan pertama belum optimal karena sebagian besar tersita untuk orientasi umum dan pengenalan sintaks pembelajaran yang baru pertama kali diterapkan, sehingga fasilitasi guru dalam mendorong peserta didik mengenali permasalahan limbah tempurung kelapa sebagai isu lingkungan nyata sekaligus potensi pemanfaatannya menjadi produk bernilai ekonomis belum terlaksana secara penuh.

Kedua, pengarahan awal guru belum cukup memancing peserta didik untuk memaknai permasalahan di sekitar sekolah sebagai titik awal proyek yang bermakna. Namun, capaian peserta didik pada tahap ini justru mencapai 100% yang menunjukkan bahwa antusiasme awal peserta didik sangat tinggi meskipun fasilitas guru belum sepenuhnya optimal. Nita & Irwandi (2021) menjelaskan bahwa tahap pembuka dalam pembelajaran dengan model PjBL memang kerap menjadi titik adaptasi terlama ketika model pembelajaran baru pertama kali diterapkan, karena guru perlu menyesuaikan pengelolaan waktu dan strategi pengarahan secara bersamaan. Agustina et al. (2019) menambahkan bahwa keberhasilan implementasi pembelajaran berbasis STREAM sangat bergantung pada kesiapan guru dalam memfasilitasi eksplorasi kontekstual sejak awal pembelajaran.

Pada tahap *Research* dan *Discovery (Design)*, aktivitas guru mencapai 100% namun aktivitas peserta didik sebesar 87,50% (kategori sangat baik). Capaian peserta didik yang belum mencapai 100% disebabkan oleh distribusi partisipasi yang tidak merata antaranggota kelompok, di mana sebagian peserta didik cenderung pasif dan mengandalkan anggota yang lebih dominan dalam proses diskusi dan perancangan prosedur. Pada tahap ini guru menekankan pemahaman peserta didik terhadap faktor-faktor keberhasilan pembuatan briket, meliputi ketepatan takaran komposisi bahan, teknik pencetakan yang benar, serta pentingnya tekanan manual yang cukup agar briket tidak mudah hancur. Wibowo et al. (2021) menyatakan bahwa distribusi partisipasi yang tidak merata antaranggota merupakan tantangan yang umum dijumpai dalam pembelajaran berbasis proyek kelompok, terutama pada tahap yang menuntut pemahaman konseptual dan pengambilan keputusan bersama. Ridha et al. (2022) menambahkan bahwa keterlibatan aktif seluruh anggota kelompok dalam tahap perancangan merupakan faktor penting yang menentukan kualitas produk akhir dalam pembelajaran PjBL berbasis STEM.

Pada tahap *Application (Building dan Utilizing)*, baik guru maupun peserta didik mencapai 100% (kategori sangat baik). Capaian penuh ini mencerminkan bahwa ketika pembelajaran berpusat pada kegiatan pembuatan dan pengujian briket secara langsung, seluruh peserta didik terlibat aktif. Pada tahap ini peserta didik secara nyata menjalankan proses karbonisasi tempurung kelapa, menggunakan alat sederhana sesuai rancangan yang telah disusun, melaksanakan setiap langkah pembuatan briket secara sistematis, menerapkan komposisi bahan yang telah dihitung sebelumnya, sekaligus menuangkan ide desain kemasan briket dalam bentuk sketsa poster dari produk yang dihasilkan. Keseluruhan aktivitas ini menempatkan peserta didik sebagai pelaku utama dalam menciptakan solusi nyata dari permasalahan lingkungan yang mereka identifikasi sejak awal pembelajaran. Menurut Putri & Zulyusri (2022), model PjBL memberikan pengaruh paling optimal ketika peserta didik dilibatkan langsung dalam kegiatan membuat dan menguji produk nyata, hal tersebut sejalan dengan hasil keterlaksanaan pembelajaran yang tercapai 100%. Selain itu, menurut Agustina et al. (2019),

pembelajaran berbasis STREAM yang melibatkan praktik langsung terbukti efektif dalam membekalkan kreativitas peserta didik secara menyeluruh.

Pada tahap *Communication (Utilizing)*, guru mencapai 100% namun peserta didik sebesar 93,75% (kategori sangat baik). Capaian peserta didik yang belum mencapai 100% disebabkan tidak semua peserta didik terlibat aktif saat sesi presentasi berlangsung, sebagian cenderung menyerahkan peran kepada anggota kelompok tertentu. Meski demikian, tahap ini tetap berjalan sangat baik ditandai dengan peserta didik mampu menyampaikan laporan hasil proyek briket secara runtut, merefleksikan kontribusi briket sebagai energi alternatif ramah lingkungan, serta mengaitkan seluruh proses proyek dengan nilai tanggung jawab menjaga lingkungan yang telah mereka pahami selama pembelajaran berlangsung. Suyono et al. (2025), menegaskan bahwa keterkaitan proyek dengan permasalahan nyata di lingkungan sekitar peserta didik merupakan faktor utama yang mendukung optimalnya keterlaksanaan pembelajaran PjBL berbasis Environmental-STREAM. Aryanti et al. (2021) menambahkan bahwa ruang untuk mengekspresikan dan mengomunikasikan gagasan secara mandiri merupakan kondisi yang mendukung berkembangnya kemampuan berpikir kreatif peserta didik secara optimal.

Peningkatan Berpikir Kreatif pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Peningkatan kemampuan berpikir kreatif peserta didik dianalisis berdasarkan empat indikator Torrance, yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration* (Torrance, 1974). Hasil analisis data menunjukkan bahwa kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran PjBL berbasis Environmental-STREAM mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol pada seluruh indikator tersebut. Secara keseluruhan, kelas eksperimen memperoleh N-gain 70,5% (kategori tinggi) sedangkan kelas kontrol memperoleh 43,0% (kategori sedang). Perbedaan ini terbukti signifikan secara statistik melalui uji Mann-Whitney ($p < 0,001$) dan diperkuat oleh nilai effect size $r = 0,69$ kategori besar (Rosenthal, 1991), yang menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Menarik untuk dicermati, Suyono et al. (2025) menemukan bahwa indikator *originality* dan *elaboration* justru cenderung paling sulit ditingkatkan melalui PjBL secara umum, namun dalam penelitian ini keduanya justru menjadi indikator dengan selisih terbesar antara kedua kelas (48,0% dan 37,8%), sedangkan selisih pada *fluency* dan *flexibility* relatif lebih kecil (10,4%). Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan Environmental-STREAM memberi kontribusi tersendiri yang tidak ditemukan pada PjBL tanpa pendekatan tersebut. Putri & Zulyusri (2022) menyimpulkan dari 30 studi bahwa PjBL secara konsisten berpengaruh positif terhadap berpikir kreatif siswa biologi, dan pengaruh tersebut semakin kuat ketika diintegrasikan dengan pendekatan berbasis permasalahan lingkungan nyata.

Pada indikator *fluency* dan *flexibility*, kedua kelas menunjukkan capaian dalam kategori sedang dengan selisih yang sama yaitu 10,4%. Kelas eksperimen

memperoleh N-gain *fluency* sebesar 56,9% dan *flexibility* sebesar 69,2%, sedangkan kelas kontrol memperoleh 46,5% dan 58,8%. Kecilnya selisih ini menunjukkan bahwa kedua kemampuan tersebut dapat berkembang baik melalui PjBL berbasis *Environmental-STREAM* ataupun PjBL biasa, karena struktur PjBL itu sendiri sudah menempatkan peserta didik sebagai pelaku aktif yang mencari informasi, berdiskusi, dan mengajukan gagasan solusi. Pada kelas eksperimen, kemampuan *fluency* berkembang melalui proses pencarian referensi dan pengajuan berbagai alternatif teknik pembuatan briket, sementara *flexibility* berkembang melalui diskusi kelompok dalam menentukan desain produk. Peserta didik yang terlibat langsung dalam pembuatan dan pengujian produk cenderung menghasilkan gagasan yang lebih beragam dan terdorong untuk mengeksplorasi berbagai alternatif solusi, khususnya ketika permasalahan yang diangkat bersifat nyata dan dekat dengan keseharian mereka (Nita & Irwandi, 2021; Wibowo et al., 2021). Proses diskusi dan pengambilan keputusan dalam kelompok selama proyek berlangsung juga melatih kemampuan peserta didik memandang persoalan dari berbagai sudut pandang (Syahputri & Simatupang, 2025).

Perbedaan paling besar antara kedua kelas terdapat pada indikator *originality*, di mana kelas eksperimen mencapai N-gain 73,7% (kategori tinggi) sementara kelas kontrol hanya 25,7% (kategori rendah), dengan selisih 48,0%. Tingginya capaian ini berkaitan dengan CP materi perubahan lingkungan yang berorientasi pada isu lokal, salah satunya permasalahan di sekitar lingkungan sekitar sekolah berupa limbah termpurung kelapa yang terabaikan, sehingga peserta didik terdorong menemukan solusi yang sesuai dengan kondisi nyata di sekitar mereka, bukan sekadar meniru prosedur yang sudah umum. Selain itu, nilai tanggung jawab menjaga lingkungan yang dikaitkan dengan kesadaran spiritual peserta didik juga memberikan dorongan dari dalam diri untuk memanfaatkan kembali limbah menjadi produk yang bernilai. Hal ini tercermin dari munculnya inisiatif kreatif selama praktikum, seperti keinginan menambahkan warna pada briket dan membentuk briket dengan cetakan tidak konvensional, yang menunjukkan bahwa peserta didik tidak sekadar mengikuti prosedur melainkan mengembangkan gagasan orisinal dari pengalaman langsung mereka. Orisinalitas gagasan peserta didik cenderung berkembang lebih signifikan ketika proyek berdasarkan pada permasalahan lingkungan yang nyata dan dekat dengan kehidupan mereka (Aryanti et al., 2021; Wibowo et al., 2021). Konteks permasalahan yang bersifat lokal tersebut mendorong lahirnya solusi yang relevan dan berdampak nyata bagi lingkungan sekitar (Suyono et al., 2025).

Pada indikator *elaboration*, kelas eksperimen menunjukkan capaian tertinggi di antara seluruh indikator yaitu 78,1% (kategori tinggi), sedangkan kelas kontrol memperoleh 40,3% (kategori sedang) dengan selisih 37,8%. Tingginya capaian ini tidak lepas dari penerapan kerangka PDBU (Laboy-Rush, 2010) dalam sintaks PjBL berbasis *Environmental-STREAM* yang menuntut peserta didik melaksanakan setiap tahapan secara sistematis. Kegiatan menghitung komposisi

bahan secara teliti dan menuangkan ide desain kemasan dalam bentuk sketsa poster juga mendorong peserta didik untuk memperhatikan setiap detail produk yang mereka hasilkan. Sebaliknya, kelas kontrol cenderung berhenti pada produk yang cukup berfungsi tanpa dorongan untuk menyempurnakannya lebih lanjut. Istiqomah et al. (2025) menemukan bahwa *elaboration* cenderung menjadi indikator dengan capaian tertinggi dalam pembelajaran berbasis proyek yang memiliki tahap pengujian produk terstruktur, karena proses uji coba dan evaluasi secara alami melatih peserta didik untuk menyempurnakan setiap aspek produk mereka. Hal ini sejalan dengan Wibowo et al. (2021) yang menyatakan bahwa dalam proyek pengolahan limbah, kemampuan elaborasi berkembang karena peserta didik dituntut mempertimbangkan banyak faktor secara teliti mulai dari komposisi bahan hingga teknik pembentukan produk.

Berdasarkan keseluruhan data pada setiap indikator berpikir kreatif, penerapan model PjBL berbasis *Environmental-STREAM* terbukti memberikan kontribusi yang lebih spesifik pada dimensi berpikir kreatif tingkat tinggi, khususnya *originality* dan *elaboration*, dibandingkan PjBL tanpa integrasi tersebut. Kebaruan penelitian ini terletak pada penambahan komponen *Religion* dan *Environmental* dalam konteks Madrasah Aliyah berbasis pesantren. Konteks yang selama ini jarang diteliti dalam kajian pembelajaran berbasis proyek terintegrasi. Jannah & El-Yunusi (2024) menunjukkan bahwa konteks pendidikan berbasis keagamaan justru mendukung implementasi PjBL secara optimal, sementara Suyono et al. (2025) menegaskan bahwa keterkaitan proyek dengan nilai-nilai lokal merupakan faktor utama yang membedakan efektivitasnya dari pembelajaran konvensional. Meski demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan, seperti jumlah sampel yang kecil (23 peserta didik per kelas) membatasi generalisasi hasil, desain quasi-eksperimen memiliki keterbatasan inheren berupa ketiadaan randomisasi dan potensi variabel pengganggu yang tidak terkontrol (Andrade, 2021), serta cakupan proyek yang terbatas pada limbah tempurung kelapa sehingga perlu dikaji lebih lanjut pada jenis limbah organik lain.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa keterlaksanaan pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* pada materi perubahan lingkungan dalam pembuatan briket terlaksana dengan sangat baik pada seluruh tahapan, baik pada aktivitas guru maupun peserta didik. Penerapan pembelajaran PjBL berbasis *Environmental-STREAM* menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kreatif peserta didik yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, terutama pada indikator *originality* dan *elaboration*, yang mengindikasikan bahwa pengintegrasian permasalahan lingkungan nyata ke dalam sintaks pembelajaran mendorong peserta didik untuk tidak sekadar menghasilkan ide, tetapi juga merancang dan menghasilkan produk yang bermanfaat. Perbedaan peningkatan tersebut terbukti signifikan secara statistik, meskipun interpretasinya perlu

dilakukan secara hati-hati mengingat keterbatasan desain quasi-eksperimen yang digunakan. Disarankan agar penelitian selanjutnya memperluas cakupan populasi ke berbagai latar sekolah yang lebih beragam serta mengeksplorasi kombinasi pendekatan Environmental-STREAM dengan model pembelajaran lain guna memperoleh temuan yang lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, W. T., Rustaman, N. Y., & Purwianingsih, W. (2019). Membekalkan kreativitas mahasiswa melalui strategi pembelajaran berbasis STREAM menggunakan konten bioteknologi tradisional. *Bioeduin*, 9(1), 43–52.
- Agustina, T. W., Rustaman, N. Y., Riandi, & Purwianingsih, W. (2020). The STREAM approach (Science-Technology-Religion-Engineering-Arts-Mathematics) provides students' thinking habits. *Edusains*, 12(2), 283–296.
- Andrade, C. (2021). The limitations of quasi-experimental studies, and methods for data analysis when a quasi-experimental research design is unavoidable. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 43(5), 458–460.
- Arikunto, S. (2012). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Artika, W., & Rosemary, R. (2023). Environmental STEM (E-STEM) in building climate-resilient communities in Aceh: Students' awareness. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 6238–6246. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.4970>
- Aryanti, Y., Afandi, Wahyuni, E. S., & Putra, D. A. (2021). Torrance creative thinking profile of senior high school students in biology learning: Preliminary research. *Journal of Physics: Conference Series*, 1842(1), 012080. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012080>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Dewi, P. S. (2021). E-Learning: PjBL pada mata kuliah pengembangan kurikulum dan silabus. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 1332–1340.
- Ellis, S. M., & Steyn, H. S. (2003). Practical significance (effect sizes) versus or in combination with statistical significance (p-values). *Management Dynamics*, 12(4), 51–53.
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE Publications.
- Fraenkel, L., Peters, E., Charpentier, P., Olsen, B., Errante, L., Schoen, R. T., & Reyna, V. (2012). Decision tool to improve the quality of care in rheumatoid arthritis. *Arthritis Care & Research*, 64(7), 977–985.
- Haliza, H. N., & Saroso, H. (2022). Pembuatan bio-briket dari sabut kelapa dan

- serbuk kayu jati dengan menggunakan perekat tepung tapioka. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1), 238–244.
- 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>
- Hariyanto, A. B., & Jannah, U. R. (2020). Revolusi guru dalam pembelajaran abad 21. *Sigma*, 5(2), 77–84.
- Helvaci, S. C., & Helvaci, I. (2019). An interdisciplinary environmental education approach: Determining the effects of E-STEM activity on environmental awareness. *Universal Journal of Educational Research*, 7(2), 337–346.
- Isma, A., Makassar, U. N., Barat, U. S., & Teknik, F. (2023). Peta permasalahan pendidikan abad 21 di Indonesia. *JUPITER: Jurnal Pendidikan Terapan*, 1(September), 11–28.
- Istiqomah, I. L., Suratman, & Solichatun. (2025). Pengembangan bahan ajar IPAS berbasis SETS terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa pada pembelajaran berdiferensiasi sekolah dasar. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1). <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i1.14541>
- Jannah, M. L., & El-Yunusi, M. Y. M. (2021). Implementasi E-Modul Project Based Learning pada Pembelajaran PAI dalam meningkatkan Keaktifan Belajar Santri di Pondok Pesantren Nurul Ikhlas Sidoarjo. *Sulawesi Tenggara Educational Journal*, 4(3), 76–85.
- Kemendikbud. (2020). *Panduan pembelajaran dan asesmen*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kemendikbudristek. (2022). *Capaian pembelajaran pada pendidikan anak usia dini, jenjang pendidikan dasar, dan jenjang pendidikan menengah pada Kurikulum Merdeka (Keputusan Kepala BSKAP No. 033/H/KR/2022)*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Koculu, A., & Girgin, S. (2022). The effect of E-STEM education on students' perceptions and engineering design process about environmental issues. *World Journal of Education*, 12(6), 49–55.
- Laboy-Rush, D. (2010). Integrated STEM education through project-based learning. *Learning. Com*, 12(4), 1–12.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 international results in science*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Mulyadi, E., Yusuf, Y., & Yuliawati, L. (2024). Analisis kemampuan berpikir kreatif siswa SMP pada materi relasi dan fungsi. *Jurnal Theorems (The Original Research of Mathematics)*, 8(2), 371–382.
- Nita, R. S., & Irwandi, I. (2021). Peningkatan keterampilan berpikir kreatif siswa melalui model Project Based Learning (PjBL). *BIOEDUSAINS: Jurnal*

- Pendidikan Biologi dan Sains*, 4(2), 231–238.
<https://doi.org/10.31539/bioedusains.v4i2.2503>
- Nufus, T. H., Pramono, A. E., Dermawan, A., Ridlwan, H. M., Arnanda, R., & Rizkia, V. (2024). Pemanfaatan sampah organik untuk pembuatan briket arang sebagai energi ramah lingkungan dan usaha meningkatkan kemandirian desa. *Mitra Akademia: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 1–7.
- OECD. (2024). *New PISA results on creative thinking* (PISA in Focus, Vol. 125).
<https://doi.org/10.1787/b3a46696-en>
- Partnership for 21st Century Learning. (2015). *P21 framework definitions*. Battelle for Kids. <https://www.battelleforkids.org/networks/p21>
- Pratiwi, S. N., Cari, C., & Aminah, N. S. (2019). Pembelajaran IPA abad 21 dengan literasi sains siswa. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 9(1), 34–42.
- Pulungan, N. A., & Khairuna, K. (2023). Pengaruh model pembelajaran Project Based Learning (PjBL) terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 6(2), 422–431.
<https://doi.org/10.31539/bioedusains.v6i2.7249>
- Putri, Y. A., & Zulyusri, Z. (2022). Meta-analisis pengaruh model Project Based Learning terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa pada pembelajaran biologi. *Bioeduca: Journal of Biology Education*, 4(2), 84–94.
<https://doi.org/10.21580/bioeduca.v4i2.11891>
- Ridha, M. R., Zuhdi, M., & Ayub, S. (2022). Pengembangan perangkat pembelajaran PjBL berbasis STEM dalam meningkatkan kreativitas fisika peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(1), 223–228.
<https://doi.org/10.29303/jipp.v7i1.447>
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research* (Rev.ed.). SAGE Publications.
- Sugiyono, D. (2013). *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suparya, I. K., Suastra, I. W., & Arnyana, I. B. P. (2022). Rendahnya literasi sains: Faktor penyebab dan alternatif solusinya. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Citra Bakti*, 9(1), 153–166.
- Susilo, B., & Salirawati, D. (2025). Improving Students' Creative Thinking In Macromolecule Lessons Through AI-Based Ethnochemistry Project-Based Learning. *Journal of Educational Sciences*, 9(6), 5277–5296.
<https://doi.org/10.31258/jes.9.6.p.5277-5296>
- Siegel, S., & Castellan, N. J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Suyono, S., Tukiran, T., & Yuliaturosida, E. (2025). Exploring project-based learning for enhancing creative thinking in high schools: A bibliometric analysis and literature review. *Educational Process: International Journal*, 18, e2025480. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.17.480>
- Syahputri, N. D., & Simatupang, H. (2025). Pengaruh model PjBL terhadap

- kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada submateri pencemaran lingkungan hidup kelas X di SMAN 5 Medan. *EDUBIOPRENA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi, & Bioentrepreneurship*, 2(2), 59–64. <https://doi.org/10.26877/shzgcy13>
- Torrance, E.P. (1974). *Norms-Technical Manual Torrance Test of Creative Thinking*. Lexington, Massachusetts: Ginn and Company.
- Wibowo, G. J., Purwianingsih, W., & Kusnadi. (2021). Analyse of creative thinking ability of vocational students after waste management project-based learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012148. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012148>
- Wijayanti, W., Harlita, H., & Sugiharto, B. (2025). Profil kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi perubahan lingkungan. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(2), 1093–1099. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.16273>
- Yuliani, H., Mariati, M., Yulianti, R., & Herianto, C. (2017). Keterampilan berpikir kreatif pada siswa sekolah menengah di Palangka Raya menggunakan pendekatan saintifik. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 3(1), 48–56.
- Yusuf, I. R., Ukit, U., & Paujiah, E. (2018). Pengaruh integrasi nilai-nilai Islam melalui pendekatan iman dan taqwa (Imtaq) pada hasil belajar sistem reproduksi manusia di MAN 2 Kota Bandung. *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, 4(2), 45–52. <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v4i2.2875>
- Zahra, P., & Rahmiati. (2025). Investigating the effect of project-based learning on the science learning outcomes of fifth grade students in elementary school. *Journal of Educational Sciences*, 9(4), 3007–3018. <https://doi.org/10.31258/jes.9.4.p.3007-3018>