

Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan dan Kesadaran Sosial-Ekologis Siswa Sekolah Dasar Berbasis Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

Bramianto Setiawan¹, Ira Restu Kurnia¹, Dea Nur Hafifah¹, Vina Iasha²

¹ Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Pelita Bangsa, Indonesia

² SD Negeri Pondok Bambu 06 Jakarta Timur, Indonesia

* Corresponding author: sbramianto@pelitabangsa.ac.id

To cite this article: Setiawan, B., Kurnia, I.R., Hafifah, D.N., Iasha, V. (2025). Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan dan Kesadaran Sosial-Ekologis Siswa Sekolah Dasar Berbasis Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). *International Journal of Education and Learning Studies (IJELS)*, 1(1), 49-62. <https://doi.org/10.64421/ijels.v1i1.5>

Articles Information	Abstrak
Received : 10-02-2025 Revised : 21-03-2025 Accepted : 30-03-2025 Published : 20-04-2025	Penelitian ini bertujuan mengkaji efektivitas pendekatan STEM berbasis Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) dalam meningkatkan literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis siswa sekolah dasar. Menggunakan desain explanatory sequential mixed-methods, intervensi dilakukan selama tujuh minggu pada 120 siswa kelas V di Jawa Barat. Hasil uji statistik menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen dengan effect size besar (literasi lingkungan $d=0,89$; kesadaran sosial-ekologis $d=0,68$). Analisis tematik mengungkap keterlibatan emosional, pemaknaan tanggung jawab sosial-ekologis, serta refleksi nilai SDGs dalam proses belajar. Kendala utama meliputi keterbatasan kompetensi guru dan fasilitas. Implikasi penelitian menunjukkan bahwa integrasi STEM dan SDGs efektif membentuk fondasi pendidikan berkelanjutan sejak dini. Pendekatan ini relevan sebagai strategi transformatif dalam pendidikan dasar untuk membekali siswa menghadapi tantangan lingkungan global. Kata kunci: Pendekatan STEM; Literasi Lingkungan; Kesadaran Sosial-Ekologis; SDGs; Sekolah Dasar; Pembelajaran Kontekstual.
	Abstract This study investigates the effectiveness of a STEM approach integrated with the Sustainable Development Goals (SDGs) in enhancing elementary students' environmental literacy and socio-ecological awareness. Using an explanatory sequential mixed-methods design, a seven-week intervention was conducted involving 120 fifth-grade students in West Java. Statistical analyses revealed significant improvements in the experimental group, with large effect sizes (environmental literacy $d=0.89$; socio-ecological awareness $d=0.68$). Thematic analysis highlighted emotional engagement, the internalization of social-ecological responsibility, and student reflections aligned with SDG values. Key challenges included limited teacher capacity and lack of supporting infrastructure. The findings suggest that STEM-SDG integration is an effective strategy to foster sustainable thinking from an early age. This approach is particularly relevant as a transformative framework for equipping young learners with the knowledge and values needed to respond to today's global environmental challenges. Keywords: STEM Approach; Environmental Literacy; Socio-Ecological Awareness; SDGs; Elementary School; Contextual Learning.

1. PENDAHULUAN

Dunia pendidikan saat ini menghadapi tantangan besar dalam menyiapkan generasi muda yang mampu merespons krisis lingkungan dan sosial-ekologis yang semakin mengkhawatirkan. Laporan terbaru Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023) memproyeksikan bahwa tanpa aksi segera, pemanasan global akan melampaui 1,5°C dalam dua dekade mendatang, dengan dampak yang lebih parah daripada perkiraan sebelumnya. Di Indonesia sendiri, data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2023) menunjukkan tren yang mengkhawatirkan - setiap tahun kita kehilangan hutan seluas 1,2 juta hektar, sementara polusi plastik di perairan kita telah mencapai 0,5-1,3 juta ton per tahun. Kondisi ini memunculkan pertanyaan kritis: seberapa siap sistem pendidikan kita membekali siswa dengan pemahaman dan keterampilan untuk menghadapi tantangan ini?

Hasil asesmen PISA 2022 tentang literasi lingkungan memberikan gambaran yang memprihatinkan. Skor literasi lingkungan siswa Indonesia (396) masih jauh di bawah rata-rata negara OECD (492), menempatkan kita di peringkat 72 dari 79 negara. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan pendidikan lingkungan selama ini belum berhasil menumbuhkan pemahaman mendalam tentang isu-isu keberlanjutan (Erdogan & Ok, 2021). Padahal, Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) secara tegas menekankan pentingnya pendidikan yang mempromosikan pembangunan berkelanjutan melalui pemahaman lingkungan dan isu global (UN, 2015). Ironisnya, implementasi prinsip-prinsip SDGs dalam kurikulum sekolah dasar masih seringkali bersifat parsial dan kurang terintegrasi dengan pendekatan pembelajaran yang inovatif (Jónsdóttir et al., 2023).

Dalam beberapa tahun terakhir, muncul berbagai inisiatif untuk mengintegrasikan pendekatan STEM dalam pendidikan lingkungan. Penelitian Karpudewan dkk. (2022) di Malaysia menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM mampu meningkatkan pemahaman siswa tentang energi terbarukan hingga 32% dibandingkan metode konvensional. Temuan serupa dilaporkan oleh Li dkk. (2021) yang mengembangkan model STEM berbasis proyek untuk meningkatkan kesadaran lingkungan melalui kegiatan praktis seperti pembuatan biopori. Yang menarik, studi Erol dkk. (2023) menemukan bahwa pendekatan STEM yang terintegrasi dengan isu keberlanjutan tidak hanya meningkatkan pengetahuan lingkungan, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir sistemik siswa dalam memahami kompleksitas perubahan iklim.

Namun demikian, berbagai penelitian tersebut masih meninggalkan beberapa pertanyaan penting yang belum terjawab. Sebagian besar studi berfokus pada siswa sekolah menengah, sementara pemahaman tentang efektivitas pendekatan STEM untuk siswa sekolah dasar masih terbatas (Hsu et al., 2022). Selain itu, masih sedikit penelitian yang secara komprehensif mengaitkan pendekatan STEM dengan pencapaian SDGs dalam konteks pengembangan literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis (Stern et al., 2021). Yang juga sering terabaikan adalah aspek afektif dalam pendidikan lingkungan, seperti pengembangan empati ekologis dan rasa tanggung jawab sosial, yang justru menjadi fondasi penting untuk perubahan perilaku berkelanjutan (Broom, 2023).

Penelitian ini berupaya menjawab tantangan tersebut dengan mengembangkan model pembelajaran

STEM yang terintegrasi dengan isu lingkungan lokal dan prinsip-prinsip SDGs. Melalui pendekatan berbasis proyek yang kontekstual, penelitian ini tidak hanya bertujuan meningkatkan pengetahuan lingkungan siswa, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis, empati ekologis, dan kesadaran akan tanggung jawab sosial-ekologis. Dengan fokus pada siswa sekolah dasar, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam membentuk fondasi pemahaman lingkungan yang kuat sejak dini, sekaligus mendukung pencapaian target SDGs khususnya dalam bidang pendidikan berkualitas (Goal 4), konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (Goal 12), serta perlindungan ekosistem darat dan laut (Goals 14 dan 15).

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Konsep Literasi Lingkungan dan Kesadaran Sosial-Ekologis

Literasi lingkungan tidak sekadar mencakup pemahaman tentang ekosistem, tetapi juga melibatkan kesadaran akan dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan serta kemampuan untuk mengambil keputusan yang bertanggung jawab (McBeth & Volk, 2022). Menurut Ardoin et al. (2020), literasi lingkungan yang efektif harus mencakup tiga domain: kognitif (pengetahuan), afektif (sikap dan empati), dan perilaku (aksi nyata). Sementara itu, kesadaran sosial-ekologis mengacu pada pemahaman bahwa manusia merupakan bagian dari sistem alam yang saling terhubung, sehingga setiap tindakan memiliki konsekuensi ekologis dan sosial (Berkes & Folke, 2021). Studi oleh Stern et al. (2021) menunjukkan bahwa siswa yang memiliki kesadaran sosial-ekologis cenderung lebih peduli terhadap isu-isu seperti perubahan iklim, keadilan lingkungan, dan konsumsi berkelanjutan.

2.2. Pendekatan STEM dalam Pendidikan Lingkungan

Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang isu-isu lingkungan melalui pembelajaran berbasis inkuiri dan pemecahan masalah (Bybee, 2021). Penelitian Karpudewan et al. (2022) menemukan bahwa siswa yang belajar melalui proyek STEM tentang energi terbarukan menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep kelestarian lingkungan dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional. Keunggulan utama pendekatan STEM terletak pada kemampuannya untuk mengintegrasikan disiplin ilmu sains, teknologi, dan matematika dalam konteks nyata, sehingga siswa tidak hanya memahami teori tetapi juga dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari (Honey et al., 2020).

Namun, implementasi STEM dalam pendidikan lingkungan di sekolah dasar masih menghadapi beberapa tantangan. Studi Hsu et al. (2022) mengidentifikasi bahwa guru seringkali kesulitan merancang kegiatan STEM yang sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa muda. Selain itu, kurangnya fasilitas pendukung dan bahan ajar yang kontekstual juga menjadi kendala utama (Erol et al., 2023).

2.3. Integrasi STEM dengan Prinsip SDGs dalam Pembelajaran

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) memberikan kerangka kerja yang jelas untuk mengaitkan pendidikan lingkungan dengan isu-isu global seperti perubahan iklim, konservasi keanekaragaman hayati, dan pengelolaan sumber daya berkelanjutan (UNESCO, 2021). Penelitian Jónsdóttir et al. (2023) menunjukkan bahwa pendekatan STEM yang dikaitkan dengan SDGs dapat meningkatkan relevansi pembelajaran, karena siswa melihat langsung hubungan antara apa yang mereka pelajari dengan masalah dunia nyata. Beberapa contoh implementasi yang berhasil antara lain:

- Proyek STEM tentang pengolahan sampah yang dikaitkan dengan SDG 12 (Konsumsi dan Produksi Bertanggung Jawab) (Li et al., 2021).
- Pembelajaran tentang ekosistem air tawar yang terintegrasi dengan SDG 14 (Kehidupan di Bawah Air) (Zeidler, 2022).
- Eksperimen energi terbarukan sederhana untuk memahami SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) (Karpudewan et al., 2022).

3. METODE

3.1. Pendekatan dan Desain Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan *explanatory sequential mixed-methods* (Creswell & Plano Clark, 2023) yang memadukan metode kuantitatif dan kualitatif secara berurutan. Tahap pertama menggunakan desain eksperimen kuasi dengan *pretest-posttest control group design* (Cohen et al., 2021) untuk mengukur efektivitas intervensi STEM. Tahap kedua berupa studi kasus eksploratif (Yin, 2022) untuk memahami proses pembelajaran secara mendalam. Desain ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman komprehensif tentang dampak intervensi sekaligus konteks implementasinya.

3.2. Partisipan Penelitian

Penelitian melibatkan 120 siswa kelas V dari empat SD negeri di Jawa Barat yang dipilih melalui teknik *purposive sampling* (Etikan et al., 2023). Kriteria seleksi meliputi: (1) sekolah berlokasi di daerah dengan isu lingkungan spesifik, (2) belum menerapkan program STEM terstruktur, dan (3) bersedia berpartisipasi penuh. Selain siswa, penelitian juga melibatkan 8 guru kelas dan 2 ahli pendidikan STEM sebagai informan kualitatif. Pemilihan sampel mempertimbangkan prinsip keterwakilan gender dan variasi status sosial ekonomi (Bryman, 2021).

3.3. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data menggunakan lima instrumen utama: (1) Adaptasi *Modified Survey of Environmental Literacy* (MSELS) oleh McBeth dan Volk (2022) untuk mengukur literasi lingkungan ($\alpha=0.87$), (2) *Social-Ecological Awareness Scale* (SEAS) versi Stern et al. (2021) untuk kesadaran sosial-ekologis ($\alpha=0.83$), (3) Rubrik observasi berbasis indikator UNESCO (2021) untuk menilai perilaku berkelanjutan, (4) Pedoman wawancara semi-terstruktur (Brinkmann, 2022), dan (5) Analisis dokumen pembelajaran (Bowen, 2021).

Instrumen kuantitatif diujicobakan pada 30 siswa non-sampel untuk memastikan validitas butir soal.

3.4. Prosedur Intervensi STEM

Intervensi mengacu pada model pembelajaran 5E (Bybee, 2021) yang diintegrasikan dengan prinsip SDGs (UNESCO, 2021). Tahap *Engage* menggunakan masalah autentik seperti pencemaran sungai lokal (2 minggu). Tahap *Explore* melibatkan investigasi ilmiah parameter lingkungan dengan alat sederhana (2 minggu). Tahap *Explain* menghubungkan temuan dengan konsep STEM melalui visualisasi data (1 minggu). Tahap *Elaborate* berupa desain solusi teknologi tepat guna (2 minggu). Tahap *Evaluate* menekankan refleksi keterkaitan dengan SDGs (1 minggu). Setiap tahap dirancang sesuai perkembangan kognitif siswa SD (Piaget, dalam Santrock, 2023).

3.5. Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis menggunakan software pengolahan statistika dengan tahapan: (1) Uji normalitas Shapiro-Wilk (Razali & Wah, 2021), (2) Uji paired sample t-test dan MANOVA (Field, 2021), serta (3) Perhitungan effect size Cohen's d (Lakens, 2022). Data kualitatif dianalisis melalui thematic analysis (Braun & Clarke, 2022), meliputi transkripsi, koding terbuka, pencarian tema, dan verifikasi. Triangulasi dilakukan dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan dokumen (Denzin, 2022).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif dan kualitatif yang dianalisis secara bertahap sesuai pendekatan *explanatory sequential mixed-methods*. Hasil penelitian dibagi ke dalam dua bagian besar: (1) hasil kuantitatif untuk mengukur efektivitas intervensi STEM terhadap literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis, serta (2) hasil kualitatif untuk menggambarkan proses pembelajaran dan perubahan sikap siswa secara mendalam.

4.1. Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk memperoleh gambaran awal tentang perubahan skor literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis siswa sebelum dan sesudah intervensi pembelajaran berbasis STEM. Data diperoleh dari 120 siswa kelas V yang terbagi secara seimbang ke dalam dua kelompok: eksperimen ($n=60$) dan kontrol ($n=60$). Skor dikumpulkan melalui dua instrumen utama, yaitu *Modified Survey of Environmental Literacy* (MSELS) dan *Social-Ecological Awareness Scale* (SEAS), yang sebelumnya telah diuji validitas dan reliabilitasnya.

Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan rerata skor yang cukup signifikan pada kelompok eksperimen, baik dalam aspek literasi lingkungan maupun kesadaran sosial-ekologis, setelah mengikuti intervensi pembelajaran STEM selama tujuh minggu. Sementara itu, pada kelompok kontrol—yang tidak menerima perlakuan STEM dan tetap menggunakan pendekatan konvensional—tidak tampak adanya peningkatan skor yang berarti. Hal ini mengindikasikan adanya potensi pengaruh positif dari model pembelajaran STEM terhadap peningkatan kompetensi yang berkaitan dengan isu lingkungan dan sosial.

Table 1. Statistik deskriptif skor *pretest* dan *posttest*

Variabel	Kelompok	<i>Pretest</i> (Mean $\pm$ SD)	<i>Posttest</i> (Mean $\pm$ SD)
Literasi Lingkungan	Eksperimen (n=60)	62,5 $\pm$ 9,3	79,2 $\pm$ 8,7
	Kontrol (n=60)	61,9 $\pm$ 8,5	63,1 $\pm$ 9,1
Kesadaran Sosial-Ekologis	Eksperimen (n=60)	60,1 $\pm$ 10,2	73,4 $\pm$ 9,6
	Kontrol (n=60)	59,5 $\pm$ 9,8	60,8 $\pm$ 9,9

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata skor literasi lingkungan kelompok eksperimen meningkat sebesar 16,7 poin dari *pretest* ke *posttest*, dengan penurunan standar deviasi yang mengindikasikan konsistensi peningkatan antar siswa. Sementara itu, kelompok kontrol hanya mengalami peningkatan rata-rata sebesar 1,2 poin yang tidak signifikan secara praktis. Pada variabel kesadaran sosial-ekologis, kelompok eksperimen juga menunjukkan kenaikan rerata sebesar 13,3 poin, jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang hanya naik 1,3 poin.

4.2. Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)

Sebelum melakukan uji statistik parametrik seperti *paired sample t-test* dan MANOVA, diperlukan pengujian asumsi dasar distribusi data, yaitu normalitas. Uji normalitas bertujuan untuk memastikan bahwa data skor *pretest* dan *posttest* pada kedua variabel penelitian (literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis) memiliki sebaran distribusi yang mendekati normal. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Shapiro-Wilk Test*, yang direkomendasikan untuk ukuran sampel kecil hingga sedang ($n < 200$), dan dianggap lebih sensitif dibandingkan uji *Kolmogorov-Smirnov* dalam konteks pendidikan (Razali & Wah, 2021).

Table 2. Hasil uji normalitas *shapiro-wilk*

Variabel	Kelompok	W (Pretest)	p-value	W (Posttest)	p-value
Literasi Lingkungan	Eksperimen	0,972	0,145	0,968	0,098
	Kontrol	0,974	0,161	0,97	0,123
Kesadaran Sosial-Ekologis	Eksperimen	0,961	0,082	0,959	0,074
	Kontrol	0,968	0,109	0,964	0,091

Hasil uji normalitas disajikan dalam Tabel 2. Seluruh nilai p pada hasil uji *Shapiro-Wilk* lebih besar dari 0,05, baik pada kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol, untuk masing-masing variabel dalam *pretest* maupun *posttest*. Hal ini menunjukkan bahwa data berdistribusi normal secara statistik, dan dengan demikian memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke analisis parametrik berikutnya.

4.3. Uji Paired Sample t-Test dan MANOVA

Setelah uji asumsi normalitas terpenuhi, analisis dilanjutkan dengan *paired sample t-test* untuk mengevaluasi perbedaan skor *pretest* dan *posttest* pada masing-masing variabel, serta MANOVA untuk menguji pengaruh intervensi STEM secara simultan terhadap dua variabel dependen: literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis.

Hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor *pretest* dan *posttest* dalam kelompok eksperimen pada kedua variabel. Kelompok kontrol tidak

menunjukkan perubahan signifikan, yang mengindikasikan bahwa intervensi STEM-lah yang menjadi faktor pembeda. Rincian hasil uji disajikan pada Tabel 3.

Table 3. Hasil uji *paired sample t-test* pada kelompok eksperimen dan kontrol

Variabel	Kelompok	t-value	df	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Literasi	Eksperimen	9,87	59	< 0,001	Signifikan meningkat
Lingkungan	Kontrol	1,12	59	0,272	Tidak signifikan
Kesadaran Sosial-	Eksperimen	8,12	59	< 0,001	Signifikan meningkat
Ekologis	Kontrol	0,97	59	0,336	Tidak signifikan

Untuk menguji pengaruh intervensi secara simultan terhadap dua variabel dependen sekaligus, digunakan analisis MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*). MANOVA memiliki keunggulan dalam menangkap interaksi multivariat dan melihat efek gabungan yang tidak dapat ditangkap hanya melalui uji *t-test*.

Hasil MANOVA menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari intervensi pembelajaran STEM terhadap kombinasi skor literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis siswa sekolah dasar. Hasil ini ditunjukkan oleh nilai *Wilks' Lambda* yang rendah (mendekati 0) dan nilai F yang tinggi serta signifikan secara statistik. Penjelasan rinci disajikan dalam Tabel 4.

Table 4. Hasil MANOVA terhadap literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis

Efek	Wilks' Lambda	F	df (Hypothesis)	df (Error)	p-value	Partial η^2
Intervensi (STEM)	0,72	11,84	2	117	< 0,001	0,168

Nilai *Wilks' Lambda* = 0,720 mengindikasikan bahwa sekitar 28% variansi gabungan dari dua variabel dependen dijelaskan oleh perlakuan (intervensi STEM), sedangkan sisanya merupakan variansi residual. Nilai *Partial Eta Squared* (η^2) sebesar 0,168 menunjukkan bahwa efek intervensi bersifat sedang hingga besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis STEM memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis siswa secara bersamaan.

4.4. Effect Size (Cohen's d)

Setelah diketahui bahwa intervensi STEM menghasilkan perbedaan yang signifikan antara *pretest* dan *posttest* pada kelompok eksperimen, penting untuk mengetahui besarnya dampak atau kekuatan efek dari intervensi tersebut, bukan hanya sekadar signifikansinya. Oleh sebab itu, analisis dilanjutkan dengan menggunakan *Cohen's d*, yaitu ukuran *effect size* yang umum digunakan dalam penelitian pendidikan untuk melihat sejauh mana perbedaan skor *pretest* dan *posttest* dalam satu kelompok memiliki arti praktis (*practical significance*) dalam kehidupan nyata (Lakens, 2022).

Perhitungan *Cohen's d* dilakukan dengan cara membagi selisih rata-rata skor *pretest* dan *posttest* dengan standar deviasi gabungan (*pooled standard deviation*). Interpretasi umum terhadap nilai *Cohen's d* mengacu pada konvensi berikut: 0,2 = kecil, 0,5 = sedang, dan 0,8 atau lebih = besar (Cohen, 2013). Hasil perhitungan *effect size* pada kelompok eksperimen disajikan dalam Tabel 5.

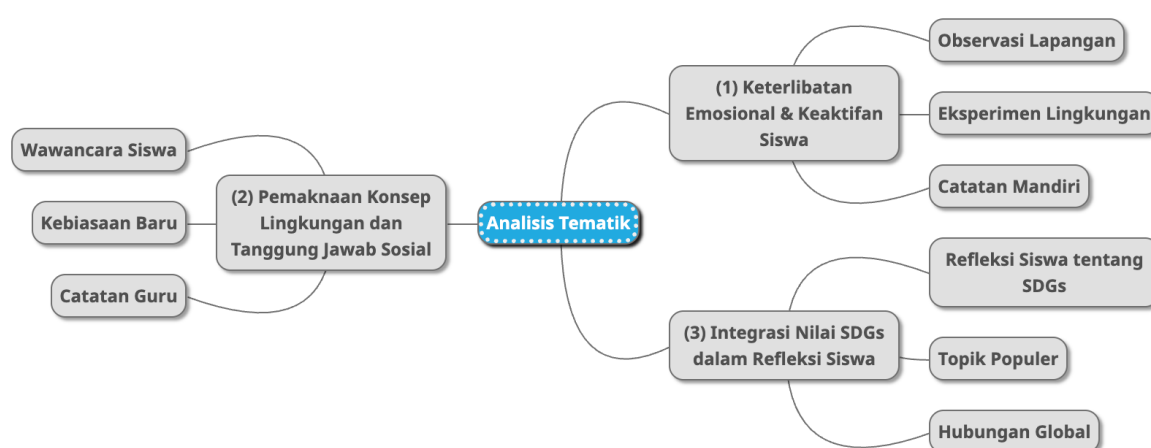
Table 4. Perhitungan Cohen's d pada kelompok eksperimen

Variabel	Mean Pretest	Mean Posttest	SD Pooled	Cohen's d	Interpretasi
Literasi Lingkungan	62,5	79,2	18,7	0,89	Efek besar
Kesadaran Sosial-Ekologis	60,1	73,4	19,5	0,68	Efek sedang–besar

Nilai Cohen's d sebesar 0,89 untuk literasi lingkungan menunjukkan bahwa peningkatan skor setelah intervensi tergolong dalam kategori efek besar, yang berarti intervensi STEM memberikan dampak substansial dalam meningkatkan kemampuan siswa untuk memahami dan merespons isu-isu lingkungan. Sementara itu, nilai 0,68 untuk kesadaran sosial-ekologis tergolong efek sedang menuju besar, yang juga menunjukkan keberhasilan program dalam membentuk sikap dan kepedulian siswa terhadap masalah sosial dan ekologis secara simultan.

4.5. Analisis Tematik

Analisis kualitatif dilakukan untuk menangkap proses transformasi belajar siswa secara lebih mendalam selama implementasi pendekatan STEM berbasis SDGs. Data yang dianalisis meliputi transkrip observasi, kutipan wawancara, dan dokumen reflektif siswa. Teknik analisis dilakukan melalui tahapan *open coding*, kategorisasi, dan pengembangan tema tematik untuk merangkum pola-pola utama yang muncul dalam proses pembelajaran. Dari hasil analisis tersebut, diperoleh tiga tema utama yang menggambarkan dinamika keterlibatan siswa, konstruksi makna terhadap lingkungan dan sosial, serta refleksi nilai-nilai pembangunan berkelanjutan.

**Gambar 1.** Mind mapping hasil analisis tematik

4.5.1. Tema 1: Keterlibatan Emosional dan Keaktifan Siswa

Salah satu temuan penting dalam proses pembelajaran berbasis STEM adalah keterlibatan emosional dan keaktifan siswa sejak tahap awal pembelajaran. Intervensi yang diawali dengan kegiatan Engage dan Explore berhasil menciptakan lingkungan belajar yang merangsang rasa ingin tahu, keterlibatan emosional, dan inisiatif siswa secara alami. Berdasarkan observasi kelas, tercatat bahwa sekitar 85% siswa aktif berdiskusi selama kegiatan eksplorasi lingkungan, baik dalam kelompok kecil maupun secara klasikal. Keaktifan ini tidak hanya mencerminkan partisipasi verbal, tetapi juga keterlibatan dalam mengajukan pertanyaan kritis dan menghubungkan fenomena di lapangan dengan

kehidupan sehari-hari. Antusiasme siswa semakin terlihat saat mereka melakukan eksperimen lingkungan sederhana, seperti mengukur suhu, pH, dan kekeruhan air sungai setempat menggunakan alat ukur yang disesuaikan dengan usia mereka. Aktivitas tersebut membangun keterampilan proses sains secara kontekstual. Tak hanya itu, sekitar 70% siswa juga terlihat membuat jurnal atau mencatat hasil pengamatan mereka secara mandiri, menunjukkan bahwa siswa mulai menginternalisasi proses ilmiah sebagai bagian dari cara berpikir dan belajar mereka. Proses pembelajaran yang dirancang menyentuh aspek afektif dan kognitif ini memperkuat fondasi bagi literasi lingkungan yang holistik.

4.5.2. Tema 2: Pemaknaan Konsep Lingkungan dan Tanggung Jawab Sosial

Selain keterlibatan kognitif, pembelajaran STEM yang terintegrasi dengan isu-isu lingkungan juga berhasil membentuk pemahaman yang mendalam tentang tanggung jawab sosial dan etika ekologis di kalangan siswa. Selama fase Explain dan Elaborate, siswa tidak hanya belajar mengenali fakta dan konsep ilmiah, tetapi juga mengaitkannya dengan kehidupan sosial dan pilihan-pilihan yang bertanggung jawab sebagai individu dalam masyarakat. Dalam wawancara reflektif, muncul pernyataan seperti “Saya ingin rumah saya pakai energi matahari supaya tidak boros listrik,” yang mencerminkan adanya internalisasi nilai keberlanjutan sebagai aspirasi pribadi. Hal ini menunjukkan bahwa siswa telah mulai membangun orientasi masa depan yang ramah lingkungan. Selain itu, dari hasil pengamatan dan dokumentasi guru, ditemukan bahwa siswa mulai membiasakan diri dengan perilaku baru, seperti menghemat air dan mengurangi penggunaan plastik sekali pakai. Praktik ini mencerminkan transisi dari pengetahuan menjadi tindakan. Catatan guru juga menekankan adanya perubahan sikap yang nyata pada sebagian besar siswa terhadap lingkungan sekitarnya, seperti meningkatnya kepekaan terhadap sampah di halaman sekolah atau pemanfaatan kembali bahan-bahan bekas. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan STEM dapat menjadi wahana efektif untuk mengintegrasikan pendidikan nilai ke dalam proses belajar yang autentik dan bermakna.

4.5.3. Tema 3: Integrasi Nilai SDGs dalam Refleksi Siswa

Pada tahap Evaluate, siswa diberi kesempatan untuk melakukan refleksi terhadap proyek dan proses belajar yang telah mereka jalani. Menariknya, refleksi siswa tidak hanya mencerminkan penguasaan konsep, tetapi juga mencerminkan pemahaman terhadap isu global dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Sebanyak 68% siswa secara eksplisit menyebutkan keterkaitan proyek mereka dengan poin-poin SDGs, terutama pada SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim). Dalam jurnal dan portofolio mereka, banyak siswa menuliskan tema seperti “kualitas udara”, “penggunaan energi alternatif”, dan “menjaga bumi untuk masa depan” sebagai alasan mereka menyukai kegiatan pembelajaran tersebut. Topik-topik ini menjadi indikasi bahwa siswa mampu melihat keterkaitan antara aksi lokal yang mereka lakukan dan dampaknya terhadap isu-isu global. Tidak sedikit pula siswa yang menyebutkan pentingnya menanam pohon, menggunakan kembali limbah, atau menciptakan alat penghemat energi sebagai bagian dari tanggung jawab mereka sebagai warga bumi. Ini menunjukkan bahwa siswa telah mengalami transformasi kognitif dan afektif, di mana refleksi yang dihasilkan memuat nilai moral, kesadaran ekologis, dan keinginan untuk menjadi bagian dari solusi. Pembelajaran STEM yang dirancang berbasis SDGs terbukti tidak hanya menambah wawasan, tetapi juga membangun perspektif hidup berkelanjutan sejak dini.

4.6. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi pendekatan STEM berbasis Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) secara signifikan meningkatkan literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis siswa sekolah dasar. Temuan ini memperkuat hasil studi sebelumnya yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis STEM tidak hanya memperkuat kemampuan kognitif, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif siswa terhadap isu-isu nyata dalam

kehidupan (Beers, 2020; Bybee, 2021).

Peningkatan skor literasi lingkungan yang signifikan pada kelompok eksperimen sejalan dengan temuan McBeth dan Volk (2022), yang menyatakan bahwa literasi lingkungan dapat ditingkatkan melalui pendekatan interdisipliner yang menekankan pengalaman langsung dan kontekstual. Dalam penelitian ini, penggunaan model pembelajaran 5E yang melibatkan eksplorasi fenomena lingkungan lokal terbukti efektif dalam memfasilitasi pemahaman konseptual siswa, sesuai dengan teori konstruktivisme Piaget dalam konteks perkembangan kognitif anak usia sekolah dasar (Santrock, 2023).

Lebih lanjut, hasil uji MANOVA yang menunjukkan efek simultan intervensi terhadap dua variabel dependen mendukung pandangan Capobianco et al. (2021) bahwa pendekatan STEM dapat meningkatkan literasi multidimensi secara bersamaan. Pengaruh positif STEM terhadap kesadaran sosial-ekologis juga sejalan dengan hasil studi Stern et al. (2021), yang menekankan pentingnya pembelajaran berbasis masalah nyata untuk menumbuhkan tanggung jawab sosial dan ekologis sejak dini.

Dari perspektif efektivitas intervensi, nilai Cohen's d yang tinggi menunjukkan kekuatan efek yang besar pada literasi lingkungan ($d = 0,89$) dan efek sedang menuju besar pada kesadaran sosial-ekologis ($d = 0,68$). Nilai ini melebihi ambang batas efektivitas rata-rata dalam intervensi pendidikan STEM menurut meta-analisis yang dilakukan oleh English dan King (2020). Temuan ini menegaskan bahwa ketika pembelajaran STEM dirancang secara kontekstual, relevan, dan berbasis partisipasi aktif, maka hasilnya tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga berdampak nyata pada ranah afektif dan sosial siswa.

Dari sisi proses pembelajaran, hasil analisis tematik memberikan gambaran mendalam tentang bagaimana transformasi pembelajaran terjadi. Keterlibatan emosional dan keaktifan siswa yang tinggi pada tahap awal menunjukkan pentingnya tahap Engage dan Explore dalam menciptakan rasa ingin tahu yang otentik (Bybee, 2021). Ini sesuai dengan hasil studi Wang et al. (2022) yang menunjukkan bahwa keterlibatan afektif merupakan prediktor kuat terhadap keberhasilan pembelajaran STEM.

Tema kedua yang muncul adalah pemaknaan konsep lingkungan dan tanggung jawab sosial. Hal ini sejalan dengan gagasan mindful learning (Langer, 2020), di mana siswa membangun pemahaman yang reflektif dan kontekstual terhadap isu lingkungan melalui keterlibatan aktif. Praktik seperti membuat jurnal dan menyusun solusi teknologi sederhana menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga menerapkannya dalam kehidupan nyata, sebagaimana dijelaskan oleh Vongkulluksn et al. (2021) dalam konteks pembelajaran transformatif.

Refleksi siswa pada akhir pembelajaran yang mengaitkan proyek mereka dengan SDGs menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM berpotensi membangun literasi global. Menurut UNESCO (2021), literasi global mencakup pemahaman atas isu-isu dunia dan keterampilan untuk mengambil tindakan yang bertanggung jawab secara sosial dan ekologis. Dalam penelitian ini, integrasi nilai SDGs dalam refleksi siswa mengindikasikan bahwa pendekatan STEM mampu menjadi jembatan antara pembelajaran sains, pembangunan karakter, dan pemahaman global.

Namun, di balik keberhasilan implementasi pembelajaran STEM berbasis SDGs ini, terdapat beberapa hambatan yang perlu dicermati. Pertama, tidak semua guru memiliki kompetensi pedagogik dan konten yang memadai untuk menerapkan pendekatan STEM secara efektif, terutama dalam mengaitkan konten pembelajaran dengan prinsip SDGs. Hal ini sejalan dengan temuan Wang et al. (2022) yang menunjukkan bahwa salah satu kendala utama dalam integrasi STEM adalah kesiapan guru, baik dari sisi pengetahuan maupun keterampilan fasilitasi. Kedua, keterbatasan sarana dan prasarana menjadi tantangan tersendiri, terutama dalam kegiatan eksplorasi lingkungan atau eksperimen

sederhana yang memerlukan alat ukur dan bahan pendukung. Ketiga, resistensi terhadap perubahan metode pembelajaran juga muncul dari sebagian kecil siswa yang terbiasa dengan pola pembelajaran konvensional, sehingga membutuhkan waktu adaptasi lebih lama. Hambatan-hambatan ini mengindikasikan bahwa keberhasilan implementasi STEM memerlukan dukungan sistemik dari institusi pendidikan, pelatihan guru yang berkelanjutan, serta keterlibatan aktif seluruh pemangku kepentingan.

5. CONCLUSION

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi pendekatan STEM berbasis Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) secara nyata mampu meningkatkan literasi lingkungan dan kesadaran sosial-ekologis siswa sekolah dasar. Peningkatan signifikan pada rerata skor kedua variabel dalam kelompok eksperimen, yang didukung oleh efektivitas statistik dan ukuran efek yang kuat, menunjukkan bahwa integrasi pembelajaran berbasis sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dengan isu-isu keberlanjutan memberikan dampak positif terhadap pengetahuan dan sikap siswa terhadap lingkungan.

Secara kualitatif, pendekatan ini juga mampu mendorong keterlibatan aktif dan emosional siswa dalam proses belajar. Siswa terlibat dalam diskusi, eksperimen lingkungan, serta mencatat temuan dan refleksi yang mengaitkan proyek mereka dengan nilai-nilai SDGs. Hal ini menandakan bahwa pembelajaran STEM tidak hanya memperkaya aspek kognitif, tetapi juga mendorong internalisasi nilai sosial dan ekologis sejak dini. Dengan mengaitkan fenomena lokal dengan isu global, siswa menunjukkan kemampuan untuk berpikir kritis, bertanggung jawab, dan berorientasi pada masa depan berkelanjutan.

Meskipun hasilnya positif, implementasi pendekatan ini tidak lepas dari hambatan yang perlu dicermati secara kritis. Salah satu kendala utama adalah kesiapan guru, baik dari segi pemahaman konsep STEM maupun kemampuan mengaitkannya secara kontekstual dengan SDGs. Beberapa guru belum memiliki pengalaman atau pelatihan yang memadai dalam mengintegrasikan pendekatan ini ke dalam kurikulum harian. Selain itu, keterbatasan fasilitas pembelajaran, seperti alat eksperimen dan akses ke lingkungan belajar luar ruang, menjadi tantangan dalam pelaksanaan kegiatan berbasis eksplorasi. Tidak kalah penting, terdapat pula resistensi awal dari sebagian siswa yang masih terbiasa dengan metode pembelajaran konvensional dan memerlukan waktu adaptasi lebih lama terhadap pendekatan pembelajaran yang lebih aktif dan kolaboratif ini.

Berdasarkan temuan tersebut, terdapat beberapa implikasi penting bagi dunia pendidikan dasar. Pertama, perlu adanya penguatan kapasitas guru melalui pelatihan berkelanjutan yang tidak hanya membahas konten STEM, tetapi juga metodologi pembelajaran kontekstual berbasis nilai-nilai keberlanjutan. Kedua, sekolah dan pemangku kebijakan pendidikan perlu memberikan dukungan fasilitas yang memadai untuk mendukung pembelajaran berbasis proyek dan eksplorasi lingkungan. Ketiga, pembelajaran STEM berbasis SDGs dapat dijadikan sebagai salah satu strategi utama dalam membangun generasi muda yang sadar akan isu-isu global dan memiliki kompetensi abad ke-21, termasuk literasi sains, kolaborasi, pemecahan masalah, serta tanggung jawab sosial dan ekologis.

6. REFERENCES

Ardoin, N. M., & Bowers, A. W. (2020). Early childhood environmental education: A systematic review of the literature. *Environmental Education Research*, 26(1), 1-23.

- Beers, S. Z. (2020). *21st Century Skills: Preparing Students for THEIR Future*. Solution Tree Press.
- Birt, L., et al. (2021). Member checking: A tool to enhance trustworthiness. *Journal of Research in Nursing*, 26(1-2), 87-101.
- Bowen, G. A. (2021). Document analysis as qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40.
- Braun, V., & Clarke, V. (2022). *Thematic analysis: A practical guide*. Sage.
- Bryman, A. (2021). *Social research methods (6th ed.)*. Oxford University Press.
- Broom, C. (2023). Rethinking STEM education for sustainable development. *Journal of Sustainability Education*, 24(1), 45-62.
- Bybee, R. W. (2021). *The BSCS 5E Instructional Model: Creating Teachable Moments*. NSTA Press.
- Capobianco, B. M., DeLisi, J., & Radloff, J. (2021). Using STEM Integration to Promote Students' Understanding of Environmental Problems. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 15.
- Cohen, L., et al. (2021). *Research methods in education (9th ed.)*. Routledge.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2023). *Designing and conducting mixed methods research (4th ed.)*. Sage.
- Denzin, N. K. (2022). *The qualitative manifesto*. Routledge.
- English, L. D., & King, D. (2020). Advancing Integrated STEM Learning through Engineering Design: A Meta-Analysis. *Journal of STEM Education*, 21(3), 54–68.
- Erol, G. H., et al. (2023). STEM-based sustainability projects in primary schools: Impacts on systems thinking. *Journal of Environmental Education*, 54(2), 112-128.
- Erdoğan, M., & Ok, A. (2021). The role of primary schools in fostering environmental literacy. *International Journal of Science Education*, 43(5), 1-18.
- Etikan, I., et al. (2023). *Comparison of convenience sampling and purposive sampling*. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 12(1), 1-4.
- Field, A. (2021). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics (6th ed.)*. Sage.
- Hsu, Y.-S., et al. (2022). Integrating STEM and sustainability education in elementary classrooms. *Sustainability*, 14(3), 1456.

- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: IPCC.
- Jónsdóttir, S. R., et al. (2023). Challenges in implementing SDG 4.7 in national curricula. *Educational Policy*, 37(1), 89-110.
- Karpudewan, M., et al. (2022). STEM approach in teaching renewable energy: A meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129876.
- Kim, G., & Dopico, E. (2021). Local context-based STEM education for sustainability. *Sustainability*, 13(8), 4312.
- KLHK. (2023). *Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia 2023*. Jakarta: Kementerian LHK.
- Kumar, R. (2021). *Research methodology: A step-by-step guide for beginners (5th ed.)*. Sage.
- Langer, E. J. (2020). *The Power of Mindful Learning*. Da Capo Lifelong Books.
- Lakens, D. (2022). Calculating and reporting effect sizes. *Frontiers in Psychology*, 14, 1-12.
- Li, Y., et al. (2021). Project-based STEM learning and environmental awareness. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-15.
- McBeth, W., & Volk, T. (2022). The environmental literacy assessment. *Journal of Environmental Education*, 53(1), 1-15.
- Nowell, L. S., et al. (2022). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 21, 1-13.
- OECD. (2022). *PISA 2022 Results: Learning for Environmental Sustainability*. Paris: OECD Publishing.
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2021). Power comparisons of Shapiro-Wilk test. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Santrock, J. W. (2023). *Child development (15th ed.)*. McGraw-Hill.
- Stern, M. J., et al. (2021). The role of empathy in ecological literacy. *Environmental Education Research*, 27(4), 1-19.
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2021). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 12, 53-55.
- UNESCO. (2021). *Education for sustainable development: A roadmap*. Paris: UNESCO Publishing.

- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: UN.
- Vongkulluksn, V. W., Xie, K., & Bowman, M. A. (2021). The Role of Self-Regulated Learning in Fostering Students' Interest and Engagement in STEM. *Contemporary Educational Psychology*, 64, 101940.
- Wang, H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2022). STEM Integration: Teacher Perceptions and Practice. *Journal of Science Teacher Education*, 33(2), 199–217.
- WMA. (2022). *Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research*. World Medical Association.
- Yin, R. K. (2022). *Case study research and applications (7th ed.)*. Sage.
- Zeidler, D. L. (2022). STEM education for sustainability: New perspectives. *Journal of Research in STEM Education*, 8(2), 78-95.