



Peningkatan Literasi Sains dan Berpikir Kritis Melalui ESD di SMPN 2 Bojong

Tahmid^{1*}, Nurkhoiri², M. Syaiful²

¹SMP Negeri 2 Bojong Tegal Jawa tengah

²Magister Pendidikan IPA Pascasarjana Universitas PGRI Semarang

*Email: tahmid562@guru.smp.belajar.id

Info Artikel	Abstrak
<p>Diterima: 12 Juli 2024 Direvisi: 08 Agustus 2024 Diterima untuk diterbitkan: 30 November 2024</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas implementasi perangkat pembelajaran sains berbasis <i>Education for Sustainable Development</i> (ESD) pada materi pencemaran lingkungan di SMPN 2 Bojong. Menggunakan metode penelitian tindakan kelas dengan desain kuasi-eksperimental, 24 siswa kelas VII dibagi menjadi kelompok eksperimen dan kontrol. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan dalam literasi sains (26,6 poin) dan keterampilan berpikir kritis (1,7 poin) pada kelompok eksperimen. Selain itu, 87% siswa melaporkan peningkatan kesadaran terhadap lingkungan, dan kualitas proyek kelompok eksperimen dinilai "sangat baik" (68%). Meskipun terdapat tantangan dalam adaptasi awal guru, implementasi ESD berhasil menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif dan relevan. Kesimpulannya, perangkat pembelajaran berbasis ESD efektif dalam meningkatkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan kesadaran lingkungan siswa, serta memberikan dasar untuk adopsi lebih luas dalam pembelajaran sains di SMP. Berdasarkan temuan ini, direkomendasikan agar sekolah mengintegrasikan perangkat ESD dalam pembelajaran sains untuk memperkuat keterampilan abad 21 pada siswa.</p>

© 2024 Tahmid. This is an open-access article under the CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan yang semakin kompleks di era modern ini menuntut adanya perhatian serius dari berbagai pihak, termasuk dunia pendidikan (Maritsa *et al.*, 2021). Pencemaran lingkungan, sebagai salah satu isu global yang krusial, tidak hanya berdampak pada kesehatan dan kualitas hidup manusia, tetapi juga mengancam keberlangsungan ekosistem dan biodiversitas (Lasaiba, 2023). Pendidikan memiliki peran vital dalam membekali generasi muda dengan pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang diperlukan untuk menghadapi tantangan lingkungan di masa depan.

Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan atau *Education for Sustainable Development* (ESD) muncul sebagai paradigma pendidikan yang menjawab kebutuhan akan pendekatan holistik dalam mengatasi permasalahan lingkungan (Parinduri *et al.*, 2023). ESD tidak hanya berfokus pada transfer pengetahuan semata, tetapi juga menekankan pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan (Ramadani & Ananda, 2024). Melalui ESD, peserta didik diharapkan dapat memahami keterkaitan antara aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan dalam konteks pembangunan berkelanjutan (Vioreza *et al.*, 2023b).

Di Indonesia, implementasi ESD dalam kurikulum pendidikan masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satunya adalah keterbatasan perangkat pembelajaran yang secara efektif mengintegrasikan prinsip-prinsip ESD ke dalam materi pelajaran, khususnya dalam pembelajaran sains (Irwansyah & Perkasa, 2022). Padahal, sains sebagai disiplin ilmu yang mempelajari fenomena alam memiliki posisi strategis dalam membangun kesadaran dan pemahaman peserta didik terhadap isu-isu lingkungan (Fitria & Indrasari, 2020).

SMPN 2 Bojong, sebagai salah satu institusi pendidikan menengah di Indonesia, juga menghadapi tantangan serupa dalam mengimplementasikan pembelajaran sains berbasis ESD (Fadilah & Afrilianto, 2022). Observasi awal menunjukkan bahwa pembelajaran sains di sekolah ini masih cenderung bersifat konvensional dan kurang mengaitkan materi dengan isu-isu lingkungan kontemporer. Akibatnya, peserta didik seringkali kesulitan dalam menghubungkan konsep-konsep sains yang dipelajari dengan permasalahan lingkungan yang mereka hadapi sehari-hari (Amin & Sumendap, 2022).

Selain itu, rendahnya tingkat literasi sains dan keterampilan berpikir kritis di kalangan peserta didik SMPN 2 Bojong juga menjadi perhatian serius. Hasil asesmen menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik masih kesulitan dalam menganalisis informasi ilmiah, mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dalam fenomena alam, serta merumuskan solusi terhadap permasalahan lingkungan (Limiansih *et al.*, 2024). Kondisi ini tentu memprihatinkan mengingat literasi sains dan keterampilan berpikir kritis merupakan kompetensi esensial yang diperlukan dalam menghadapi tantangan abad ke-21 (Barus *et al.*, 2024).

Upaya mengatasi permasalahan tersebut, pengembangan perangkat pembelajaran sains berbasis ESD menjadi langkah strategis yang perlu dilakukan. Perangkat pembelajaran ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, serta memfasilitasi peserta didik dalam mengonstruksi pemahaman yang mendalam tentang isu-isu lingkungan melalui pendekatan saintifik. Lebih jauh lagi, perangkat pembelajaran berbasis ESD dapat menjadi katalis dalam menumbuhkan kesadaran lingkungan dan mendorong aksi nyata peserta didik dalam melestarikan lingkungan.

Materi pencemaran lingkungan dipilih sebagai fokus pengembangan perangkat pembelajaran karena permasalahan pencemaran yang semakin meningkat menjadi isu mendesak baik di tingkat lokal maupun global (Ni'mah, 2023). Di sekitar SMPN 2 Bojong, pencemaran udara akibat emisi kendaraan, pencemaran air dari limbah domestik, dan degradasi tanah karena penggunaan pestisida berlebihan adalah masalah nyata yang berdampak langsung pada kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan. Penelitian ini dilakukan karena rendahnya tingkat literasi lingkungan di kalangan siswa, yang membuat mereka kesulitan memahami hubungan antara aktivitas manusia dengan kerusakan lingkungan yang mereka hadapi sehari-hari. Pembelajaran berbasis ESD bertujuan memberikan pengalaman belajar yang relevan dan kontekstual, sehingga siswa dapat memahami konsep sains terkait pencemaran, menganalisis dampaknya terhadap ekosistem dan kesehatan manusia, serta mengembangkan solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan tersebut, sehingga mereka tidak hanya lebih sadar lingkungan, tetapi juga mampu berkontribusi dalam upaya pelestarian lingkungan di komunitas mereka (Widarti & Roshayanti, 2021).

Implementasi perangkat pembelajaran sains berbasis ESD pada materi pencemaran lingkungan diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik

SMPN 2 Bojong. Melalui kegiatan-kegiatan pembelajaran yang dirancang secara sistematis, peserta didik akan diajak untuk mengeksplorasi berbagai aspek pencemaran lingkungan, mulai dari identifikasi sumber-sumber pencemaran, analisis dampak ekologis dan sosial-ekonomi, hingga perumusan strategi mitigasi dan adaptasi (Jumini *et al.*, 2023). Proses pembelajaran yang bersifat inkuiri dan berbasis proyek akan memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan investigasi ilmiah, berpikir sistem, dan kolaborasi (Mashudi, 2021).

Lebih lanjut, perangkat pembelajaran ini juga dirancang untuk meningkatkan literasi sains peserta didik (Siregar *et al.*, 2023). Literasi sains tidak hanya mencakup pemahaman terhadap konsep-konsep ilmiah, tetapi juga kemampuan untuk mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam konteks kehidupan sehari-hari. Dalam konteks materi pencemaran lingkungan, peningkatan literasi sains akan membantu peserta didik dalam memahami informasi-informasi ilmiah terkait isu lingkungan, menginterpretasikan data dan grafik yang relevan, serta mengkomunikasikan temuan-temuan ilmiah secara efektif.

Selain itu, pengembangan keterampilan berpikir kritis juga menjadi fokus utama dalam implementasi perangkat pembelajaran ini. Berpikir kritis merupakan keterampilan esensial yang diperlukan dalam menganalisis kompleksitas permasalahan lingkungan dan merumuskan solusi yang efektif (Ningsih & Rizki, 2024). Melalui berbagai aktivitas pembelajaran seperti debat, studi kasus, dan pemecahan masalah, peserta didik akan dilatih untuk mengembangkan kemampuan analisis, evaluasi, dan sintesis informasi. Keterampilan berpikir kritis ini tidak hanya bermanfaat dalam konteks pembelajaran sains, tetapi juga akan membekali peserta didik dengan tools yang diperlukan untuk menjadi warga negara yang informed dan bertanggung jawab terhadap lingkungan (Hidayah & Jumadi, 2023).

Implementasi perangkat pembelajaran sains berbasis ESD di SMPN 2 Bojong juga sejalan dengan upaya pemerintah Indonesia dalam mewujudkan tujuan pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs). Melalui pendekatan pembelajaran yang holistik dan integratif, peserta didik akan dipersiapkan untuk menjadi agen perubahan yang mampu berkontribusi dalam pencapaian SDGs, khususnya tujuan-tujuan yang terkait dengan pelestarian lingkungan, pendidikan berkualitas, dan pembangunan berkelanjutan (Nashrullah, 2021).

Dalam implementasinya, perangkat pembelajaran sains berbasis ESD ini akan memanfaatkan berbagai sumber daya dan teknologi yang relevan. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi, misalnya, akan memungkinkan peserta didik untuk mengakses data-data terkini tentang kondisi lingkungan, melakukan simulasi dampak pencemaran, dan berkolaborasi dalam proyek-proyek lingkungan lintas sekolah atau bahkan lintas negara (Yusuf & Sodik, 2023). Selain itu, pemanfaatan lingkungan sekitar sebagai laboratorium alam akan memberikan pengalaman belajar yang autentik dan kontekstual bagi peserta didik.

Penelitian ini juga akan memperhatikan aspek keberlanjutan dalam implementasi perangkat pembelajaran. Hal ini mencakup pengembangan kapasitas guru dalam mengintegrasikan prinsip-prinsip ESD ke dalam pembelajaran sains, serta pembentukan jejaring kerjasama antara sekolah, komunitas lokal, dan stakeholder terkait. Dengan demikian, diharapkan implementasi perangkat pembelajaran sains berbasis ESD tidak hanya berdampak pada peningkatan literasi dan keterampilan berpikir kritis peserta didik, tetapi juga dapat mendorong transformasi budaya sekolah menuju komunitas pembelajaran yang lebih berkelanjutan.

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi karena implementasi perangkat pembelajaran sains berbasis ESD di sekolah masih minim, terutama dalam konteks pencemaran lingkungan yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa. Urgensi ini didorong oleh rendahnya literasi sains dan keterampilan berpikir kritis siswa dalam menghadapi isu lingkungan yang kian kompleks. Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pendekatan ESD mampu meningkatkan kesadaran lingkungan dan keterampilan berpikir kritis, namun banyak dari penelitian tersebut masih berfokus pada tingkat teoretis atau dalam konteks yang kurang langsung terkait dengan kehidupan siswa. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan dan implementasi perangkat pembelajaran yang secara spesifik dirancang untuk mengatasi masalah lokal pencemaran lingkungan, yang belum

banyak diteliti dalam konteks pendidikan di Indonesia. Dengan memfokuskan pada aplikasi praktis dan konteks nyata, penelitian ini tidak hanya menawarkan bukti empiris tentang efektivitas ESD, tetapi juga memberikan model pembelajaran yang inovatif dan responsif terhadap tantangan lingkungan masa kini, serta berpotensi untuk diintegrasikan lebih luas dalam kurikulum pendidikan di Indonesia guna mendukung pembangunan berkelanjutan.

METODE

Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah metode penelitian tindakan kelas (PTK) dengan desain kuasi-eksperimental (Yunianingsih & Jaya, 2024). Pemilihan metode ini didasarkan pada kebutuhan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi efektivitas perangkat pembelajaran sains berbasis ESD dalam konteks nyata di kelas, sambil tetap mempertahankan kontrol terhadap variabel-variabel penelitian.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah siswa kelas VII SMPN 2 Bojong, yang terdiri dari dua kelas paralel dengan total 24 siswa. Satu kelas dipilih sebagai kelompok eksperimen yang akan menerima pembelajaran menggunakan perangkat berbasis ESD, sementara kelas lainnya bertindak sebagai kelompok kontrol dengan pembelajaran konvensional.

Pembelajaran konvensional yang diterapkan pada kelompok kontrol merujuk pada metode pembelajaran tradisional yang umumnya berpusat pada guru (*teacher-centered*). Dalam metode ini, guru menjadi sumber utama informasi, dan proses pembelajaran lebih bersifat pasif, di mana siswa hanya mendengarkan penjelasan guru dan mencatat materi yang disampaikan. Interaksi siswa dengan materi pembelajaran terbatas pada kegiatan seperti membaca buku teks, mengerjakan soal-soal latihan, dan mengikuti ujian. Tidak ada integrasi konteks lingkungan nyata atau proyek kolaboratif dalam pembelajaran konvensional ini. Fokus utama pembelajaran konvensional adalah penyampaian teori dan konsep sains tanpa memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengaitkan materi tersebut dengan isu-isu lingkungan yang relevan atau menerapkannya dalam situasi praktis sehari-hari. Dengan demikian, siswa kurang dilibatkan dalam kegiatan yang mendorong keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, atau kolaborasi.

Perangkat Pembelajaran yang dikembangkan mencakup:

Perangkat pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini mencakup berbagai komponen yang dirancang untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip ESD ke dalam pembelajaran sains. Komponen utama meliputi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (MODUL AJAR) yang menggabungkan prinsip-prinsip ESD, Lembar Kerja Siswa (LKPD) yang mendorong inkuiri dan pemecahan masalah, serta modul pembelajaran interaktif yang berfokus pada materi pencemaran lingkungan. Selain itu, perangkat ini juga dilengkapi dengan media pembelajaran digital seperti simulasi dan video interaktif untuk memperkaya pengalaman belajar siswa. Instrumen penilaian juga disiapkan untuk mengukur literasi sains dan keterampilan berpikir kritis siswa. Implementasi perangkat pembelajaran ini dilakukan selama satu semester dengan fokus pada materi pencemaran lingkungan, melalui proses pembelajaran yang dirancang dalam tiga siklus: perencanaan, tindakan, observasi, dan refleksi. Data dikumpulkan melalui berbagai instrumen, termasuk tes literasi sains dan keterampilan berpikir kritis (*pre-test* dan *post-test*), lembar observasi aktivitas siswa dan guru, angket persepsi siswa terhadap pembelajaran, wawancara semi-terstruktur dengan siswa dan guru, serta portofolio proyek siswa terkait isu pencemaran lingkungan.

Teknik Analisis Data

Analisis data menggunakan pendekatan *mixed-method*. Data kuantitatif dari hasil tes dianalisis menggunakan uji-t berpasangan dan ANCOVA untuk membandingkan peningkatan literasi sains dan keterampilan berpikir kritis antara kelompok eksperimen dan kontrol. Sementara itu, data kualitatif dari observasi, wawancara, dan portofolio dianalisis menggunakan teknik analisis tematik untuk mengidentifikasi pola-pola dan tema yang muncul selama implementasi.

Validitas Data

Validitas penelitian dijaga melalui triangulasi data dari berbagai sumber dan metode. Reliabilitas instrumen tes dihitung menggunakan *Cronbach's alpha*, sementara validitas konten dan konstruk diverifikasi melalui panel ahli.

Analisis data akan berfokus pada perbandingan peningkatan literasi sains dan keterampilan berpikir kritis antara kelompok eksperimen dan kontrol. Selain itu, analisis kualitatif akan mengeksplorasi perubahan persepsi dan sikap siswa terhadap isu lingkungan, serta tantangan dan faktor pendukung dalam implementasi perangkat pembelajaran berbasis ESD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian mengenai efektivitas implementasi perangkat pembelajaran sains berbasis ESD dalam meningkatkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan kesadaran lingkungan siswa. Hasil penelitian dianalisis berdasarkan data kuantitatif dan kualitatif yang dikumpulkan selama proses pembelajaran, termasuk perbandingan skor *pre-test* dan *post-test*, observasi aktivitas pembelajaran, serta wawancara dengan siswa dan guru. Analisis data ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif tentang sejauh mana perangkat pembelajaran yang dikembangkan mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi pencemaran lingkungan dan mengembangkan keterampilan yang relevan. Berikut ini disajikan hasil penelitian yang meliputi peningkatan skor literasi sains dan keterampilan berpikir kritis, perubahan sikap siswa terhadap isu lingkungan, serta kualitas proyek yang dihasilkan oleh siswa.

Tabel 1.

Perbandingan Skor Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kritis.

Aspek	Kelompok	Pre-test	Pre-test	Peningkatan
Literasi Sains	Eksperimen	42.3 (SD=8.7)	68.9 (SD=7.2)	26.6
	Kontrol	43.1 (SD=9.1)	52.4 (SD=8.5)	9.3
Berpikir Kritis	Eksperimen	2.4 (SD=0.6)	4.1 (SD=0.5)	1.7
	Kontrol	2.3 (SD=0.7)	2.9 (SD=0.6)	0.6

Hasil menunjukkan peningkatan substansial dalam skor literasi sains kelompok eksperimen (26.6 poin) dibandingkan kelompok kontrol (9.3 poin). Perbedaan ini mengindikasikan efektivitas pendekatan ESD dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep sains terkait pencemaran lingkungan. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan karakteristik pembelajaran berbasis ESD yang menekankan pada kontekstualisasi pengetahuan sains dalam isu-isu lingkungan nyata. Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk melihat relevansi langsung antara teori yang dipelajari dengan fenomena lingkungan di sekitar mereka, sehingga meningkatkan pemahaman dan retensi pengetahuan.

Tabel 2.

Perubahan Sikap terhadap Isu Lingkungan (Kelompok Eksperimen).

Aspek	Persentase Siswa
Peningkatan kesadaran dampak pencemaran	87%
Keinginan terlibat dalam pelestarian lingkungan	79%
Peningkatan kepercayaan diri diskusi isu lingkungan	72%

Data yang ditampilkan pada Tabel 2 menunjukkan perubahan sikap siswa terhadap isu lingkungan setelah mengikuti pembelajaran berbasis ESD. Pada kelompok eksperimen, sebanyak 87% siswa melaporkan peningkatan kesadaran terhadap dampak pencemaran lingkungan, 79% siswa menunjukkan keinginan untuk terlibat dalam upaya pelestarian lingkungan, dan 72% siswa merasa lebih percaya diri dalam berdiskusi tentang isu-isu lingkungan. Perubahan sikap yang positif ini mencerminkan keberhasilan pendekatan ESD dalam membangun koneksi emosional antara siswa dan lingkungan mereka, sehingga tidak hanya meningkatkan pemahaman, tetapi juga memotivasi mereka untuk terlibat aktif dalam aksi pelestarian lingkungan. Hasil ini menegaskan

bahwa pembelajaran berbasis ESD tidak hanya efektif dalam meningkatkan pengetahuan sains, tetapi juga dalam mengembangkan sikap dan perilaku pro-lingkungan pada siswa.

Tabel 3.

Kualitas Proyek Lingkungan.

Aspek	Kelompok Eksperimen	Kelompok Kontrol
Proyek dinilai "sangat baik"	68%	32%
Pemahaman mendalam konsep sains	73%	41%
Solusi inovatif masalah lingkungan	62%	28%

Tabel 3 menunjukkan perbandingan kualitas proyek lingkungan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Pada kelompok eksperimen, 68% proyek dinilai "sangat baik," jauh lebih tinggi dibandingkan 32% pada kelompok kontrol. Selain itu, 73% siswa kelompok eksperimen menunjukkan pemahaman mendalam terhadap konsep sains, sedangkan pada kelompok kontrol hanya 41%. Hasil ini mencerminkan bahwa pendekatan berbasis ESD secara signifikan mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam menerapkan konsep-konsep sains dalam proyek nyata. Lebih lanjut, 62% proyek di kelompok eksperimen mengusulkan solusi inovatif untuk masalah lingkungan, dibandingkan hanya 28% pada kelompok kontrol. Hal ini menegaskan bahwa penerapan perangkat pembelajaran ESD tidak hanya meningkatkan pemahaman teoritis, tetapi juga mendorong kreativitas siswa dalam merumuskan solusi praktis terhadap isu lingkungan.

Tabel 4.

Hasil ANCOVA.

Aspek	Kelompok	Pre-test	Post-test	Peningkatan	F-value	P-value
Literasi	Eksperimen	42.3	68.9	26.6	45.32	<0.001
Sains	Kontrol	43.1	52.4	9.3		
Keterampilan Berpikir	Eksperimen	2.4	4.1	1.7	28.45	<0.001
Koveriat (Pre-test Literasi Sains)	Kontrol	2.3	2.9	0.6		
Koveriat (Pre-test Berpikir Keritis)					16.78	<0.001
					10.29	<0.001

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji ANCOVA menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol dalam hal literasi sains dan keterampilan berpikir kritis setelah mengendalikan pengaruh skor *pre-test*. Pada aspek literasi sains, kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan yang jauh lebih besar, dengan rata-rata peningkatan sebesar 26.6 poin dibandingkan kelompok kontrol yang hanya mengalami peningkatan sebesar 9.3 poin. Uji ANCOVA menghasilkan *F-value* sebesar 45.32 dengan *p-value* < 0.001, yang menunjukkan bahwa perbedaan ini signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis ESD secara efektif meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep sains, terutama yang berkaitan dengan isu pencemaran lingkungan.

Pada aspek keterampilan berpikir kritis, kelompok eksperimen juga menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan peningkatan rata-rata sebesar 1.7 poin dibandingkan kelompok kontrol yang hanya meningkat sebesar 0.6 poin. Hasil uji ANCOVA menunjukkan *F-value* sebesar 28.45 dengan *p-value* < 0.001, yang juga signifikan secara statistik. Ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis ESD lebih efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional, yang lebih berfokus pada teori dan kurang memberikan kesempatan untuk analisis masalah nyata.

Kovariat *pre-test* untuk literasi sains dan keterampilan berpikir kritis juga berkontribusi

signifikan terhadap *post-test*. *Pre-test* literasi sains memiliki *F-value* 16.78 dengan *p-value* < 0.01, dan *pre-test* berpikir kritis memiliki *F-value* 10.29 dengan *p-value* < 0.01. Ini menunjukkan bahwa skor awal siswa mempengaruhi hasil akhir mereka, tetapi perangkat pembelajaran berbasis ESD tetap memberikan peningkatan yang lebih besar setelah pengaruh skor awal dikendalikan.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis ESD tidak hanya memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang literasi sains, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa secara lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan kontekstual, seperti ESD, mampu meningkatkan kualitas pembelajaran secara keseluruhan.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi perangkat pembelajaran sains berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) pada materi pencemaran lingkungan memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan sikap siswa terhadap isu lingkungan di SMPN 2 Bojong. Secara keseluruhan, pendekatan ESD berhasil menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih interaktif, relevan, dan aplikatif. Temuan ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang juga menyoroti pentingnya integrasi ESD dalam kurikulum pendidikan sains.

Peningkatan literasi sains yang signifikan pada kelompok eksperimen (26.6 poin) dibandingkan kelompok kontrol (9.3 poin) mendukung penelitian yang dilakukan oleh (Riyanto *et al.*, 2024), yang menemukan bahwa pembelajaran sains berbasis STEAM berorientasi ESD mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami konsep-konsep ilmiah yang kompleks dengan mengaitkan materi pembelajaran pada konteks isu lingkungan nyata. Penelitian ini juga sejalan dengan temuan (Kariadinata & Kurniati, 2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan perangkat pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep sains melalui pendekatan yang lebih aplikatif.

Selain itu, penelitian oleh (Suryani, 2024) menegaskan bahwa kontekstualisasi pembelajaran sains melalui pendekatan yang integratif seperti ESD memungkinkan siswa untuk menghubungkan antara teori yang mereka pelajari dengan fenomena lingkungan di sekitar mereka, yang pada akhirnya meningkatkan retensi dan pemahaman mereka terhadap materi. Dalam penelitian ini, siswa kelompok eksperimen menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menganalisis konsep-konsep sains terkait pencemaran lingkungan, seperti polusi udara, air, dan tanah, dibandingkan dengan kelompok kontrol yang masih belajar dengan metode konvensional.



Gambar 1. Proses Pembelajaran Sains Berbasis ESD

Dalam aspek keterampilan berpikir kritis, peningkatan skor dari 2.4 menjadi 4.1 pada kelompok eksperimen juga memperkuat temuan dari Ningsih & Rizki (2024) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis ESD dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa, terutama ketika dipadukan dengan aktivitas analisis masalah nyata seperti pencemaran lingkungan. Aktivitas seperti debat, studi kasus, dan proyek pemecahan masalah, sebagaimana dijelaskan oleh (Rahmadani *et al.*, 2023), berperan penting dalam mengasah kemampuan analisis, evaluasi, dan sintesis informasi siswa.

Perubahan sikap siswa terhadap isu lingkungan juga menunjukkan peningkatan kesadaran (87%) dan keinginan untuk terlibat dalam pelestarian lingkungan (79%). Temuan ini mendukung penelitian (Rahayu *et al.*, 2024) yang mengidentifikasi bahwa pembelajaran sains berbasis ESD dapat menciptakan koneksi emosional yang lebih kuat antara siswa dan lingkungan, yang pada akhirnya mendorong perilaku pro-lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa ESD tidak hanya meningkatkan pengetahuan kognitif siswa, tetapi juga membentuk sikap yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan. Peningkatan keterampilan berpikir kritis pada kelompok eksperimen sebesar 1.7 poin dibandingkan 0.6 poin pada kelompok kontrol juga mendukung penelitian sebelumnya. (Mithen & Arfandi, 2020) menemukan bahwa pembelajaran berbasis ESD, yang memadukan analisis kasus-kasus nyata dan penyelesaian masalah lingkungan, dapat membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis, termasuk kemampuan untuk mengevaluasi data, membuat sintesis informasi, dan merumuskan solusi efektif untuk masalah yang kompleks.

Aktivitas pembelajaran yang melibatkan diskusi, debat, dan studi kasus, seperti yang diterapkan dalam penelitian ini, juga sejalan dengan temuan (Sultan, 2023) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan keterampilan analitis dan evaluatif siswa. Dalam penelitian ini, siswa kelompok eksperimen secara aktif terlibat dalam proyek-proyek yang menuntut mereka untuk mengeksplorasi sumber-sumber pencemaran, menganalisis dampak ekologis, dan merumuskan strategi mitigasi, yang pada akhirnya mengasah kemampuan berpikir kritis mereka. Penelitian (Pratiwi *et al.*, 2024) juga menekankan bahwa keterampilan berpikir kritis yang diasah melalui ESD memberikan siswa kemampuan untuk menghadapi tantangan masa depan yang semakin kompleks, terutama yang berkaitan dengan isu-isu lingkungan.

Peningkatan kesadaran siswa terhadap isu lingkungan (87%) dan keinginan untuk terlibat dalam aksi pelestarian lingkungan (79%) mengindikasikan bahwa perangkat pembelajaran berbasis ESD mampu membangun koneksi emosional antara siswa dan lingkungan mereka, sebagaimana dinyatakan oleh (Hariyadi *et al.*, 2023). Penelitian ini menegaskan bahwa ESD bukan hanya fokus pada pengembangan aspek kognitif siswa, tetapi juga mencakup perubahan sikap dan perilaku yang lebih proaktif terhadap isu lingkungan. Penelitian ini mendukung temuan (Vioeza *et al.*, 2023a) yang menunjukkan bahwa pendekatan ESD mampu mendorong siswa untuk tidak hanya memahami masalah lingkungan, tetapi juga untuk bertindak sebagai agen perubahan yang aktif di komunitas mereka.

Respon positif ini dapat dikaitkan dengan aktivitas pembelajaran yang bersifat kolaboratif dan berbasis proyek, di mana siswa diajak untuk tidak hanya belajar teori, tetapi juga terlibat langsung dalam pemecahan masalah nyata. Aktivitas-aktivitas seperti proyek lingkungan yang melibatkan analisis kualitas air atau udara, serta debat mengenai strategi mitigasi pencemaran, membantu siswa memahami betapa mendesaknya masalah lingkungan dan pentingnya partisipasi aktif dalam pelestarian alam.



Gambar 2. Aktivitas Pembelajaran Sains Berbasis ESD

Seperti yang terlihat pada Tabel 3, kualitas proyek lingkungan kelompok eksperimen lebih unggul dibandingkan kelompok kontrol. Sebanyak 68% proyek kelompok eksperimen dinilai "sangat baik" dan 62% dari mereka mengusulkan solusi inovatif untuk masalah pencemaran lingkungan. Ini mengindikasikan bahwa pendekatan ESD berhasil mendorong kreativitas dan kemampuan inovatif siswa dalam menerapkan konsep-konsep sains yang telah mereka pelajari. Temuan ini konsisten dengan penelitian (Irwansyah & Perkasa, 2022) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis ESD memungkinkan siswa untuk memanfaatkan pengetahuan ilmiah dalam proyek-proyek nyata, yang pada akhirnya memperkuat pemahaman dan meningkatkan motivasi belajar mereka.

Kualitas proyek yang lebih baik juga menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis ESD memberikan siswa ruang untuk mengembangkan keterampilan kolaboratif, sebagaimana diuraikan oleh (Rahmawati & Suranto, 2024). Dalam penelitian ini, siswa tidak hanya dituntut untuk mengerjakan proyek secara individu, tetapi juga berkolaborasi dalam tim, yang mendorong mereka untuk berbagi ide, melakukan diskusi, dan mencari solusi bersama atas masalah pencemaran yang mereka identifikasi di lingkungan sekitar.

Meskipun temuan penelitian ini sangat positif, implementasi perangkat pembelajaran berbasis ESD juga menghadapi beberapa tantangan. Adaptasi guru terhadap pendekatan baru ini tidak selalu mudah, terutama dalam hal mengintegrasikan prinsip-prinsip ESD ke dalam pembelajaran yang sudah ada. (Syifa *et al.*, 2024) menyebutkan bahwa dukungan berkelanjutan dan pelatihan bagi guru sangat penting untuk memastikan keberhasilan jangka panjang dalam implementasi ESD. Dalam konteks penelitian ini, meskipun hasil awal menunjukkan peningkatan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan sikap pro-lingkungan siswa, diperlukan upaya lebih lanjut untuk memberikan pelatihan dan dukungan yang konsisten kepada guru agar dapat terus mengembangkan kapasitas mereka dalam mengadopsi metode pembelajaran berbasis ESD.

Kolaborasi antara sekolah, masyarakat, dan pemangku kepentingan juga menjadi salah satu faktor penentu kesuksesan implementasi ESD. Penelitian ini membangun kolaborasi dengan Dinas Lingkungan Hidup dan komunitas lokal, yang memperkaya pengalaman belajar siswa dan membantu mereka melihat dampak nyata dari proyek-proyek lingkungan yang mereka lakukan. Hal ini mendukung temuan (Akbar *et al.*, 2023) yang menyatakan bahwa keterlibatan pemangku kepentingan lokal penting dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih otentik dan relevan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, implementasi perangkat pembelajaran sains berbasis ESD pada materi pencemaran lingkungan di SMPN 2 Bojong terbukti efektif dalam meningkatkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan kesadaran lingkungan siswa. Kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan signifikan dalam skor literasi sains (26.6 poin) dan keterampilan berpikir kritis (1.7 poin) dibandingkan kelompok kontrol. Perubahan positif juga terlihat dalam sikap siswa terhadap isu lingkungan, dengan 87% melaporkan peningkatan kesadaran dan 79% menyatakan keinginan untuk terlibat dalam pelestarian lingkungan. Kualitas proyek lingkungan yang dihasilkan

kelompok eksperimen juga lebih baik, menunjukkan kemampuan aplikasi pengetahuan dalam konteks nyata. Meskipun menghadapi tantangan awal dalam implementasi, terutama dalam adaptasi guru, pendekatan ESD berhasil menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif dan relevan. Penelitian ini memberikan bukti kuat tentang potensi pendekatan ESD dalam mempersiapkan siswa menghadapi tantangan lingkungan masa depan, tidak hanya melalui peningkatan pengetahuan, tetapi juga pengembangan keterampilan dan sikap yang diperlukan untuk pembangunan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, J. S., Dharmayanti, P. A., Nurhidayah, V. A., Lubis, S. I. S., Saputra, R., Sandy, W., Maulidiana, S., Setyaningrum, V., Lestari, L. P. S., & Ningrum, W. W. (2023). *Model & Metode Pembelajaran Inovatif: Teori Dan Panduan Praktis*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Amin, S. P., & Sumendap, L. Y. S. (2022). *164 Model Pembelajaran Kontemporer* (Vol. 1). Pusat Penerbitan LPPM.
- Barus, R. A., Rusilowati, A., & Ridlo, S. (2024). Analisis Kebutuhan Pengembangan Instrumen Tes Penilaian Literasi Sains Berorientasi TIMSS Siswa SD Kelas V. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Sekolah Dasar (JP2SD)*, 12(1), 68–85.
- Fadilah, N. S. R., & Afrilianto, M. (2022). Penerapan Model Discovery Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Penerapan Matematis Siswa Kelas Vii A Smpn 2 Bojong dalam PTM Terbatas. *JPMI (Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif)*, 5(5), 1369–1378.
- Fitria, Y., & Indrasari, W. (2020). *Pengembangan model pembelajaran PBL berbasis digital untuk meningkatkan karakter peduli lingkungan dan literasi sains*.
- Hariyadi, H., Misnawati, M., & Yusrizal, Y. (2023). Mewujudkan kemandirian belajar: Merdeka belajar sebagai kunci sukses mahasiswa jarak jauh. *BADAN PENERBIT STIEPARI PRESS*, 1–215.
- Irwansyah, M., & Perkasa, M. (2022). *Scientific Approach dalam Pembelajaran Abad 21*. Penerbit NEM.
- Jumini, S., Sutikno, S. T., Cahyono, E., & Parmin, S. P. (2023). *Model Pembelajaran Science Technopreneurship (STP)*. Penerbit Mangku Bumi.
- Kariadinata, R., & Kurniati, T. (2024). Validasi Lembar Kerja Perhitungan Laju Pertumbuhan Mikroba: Meningkatkan Keterampilan 4C Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek. *Jurnal BIOEDUIN*, 14(2), 8–21.
- Limiansih, K., Sulistyani, N., & Melissa, M. M. (2024). Persepsi Guru SMP terhadap Literasi Sains dan Implikasinya pada Pembelajaran Sains di Sekolah. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 14(3), 786–796.
- Maritsa, A., Salsabila, U. H., Wafiq, M., Anindya, P. R., & Ma'shum, M. A. (2021). Pengaruh teknologi dalam dunia pendidikan. *Al-Mutharahah: Jurnal Penelitian Dan Kajian Sosial Keagamaan*, 18(2), 91–100.
- Mithen, M., & Arfandi, A. (2020). *Pembelajaran Lingkungan Hidup yang Inovatif*. Gunadarma Ilmu.
- Nashrullah, N. (2021). *Pengantar Kurikulum Profil Pelajar Pancasila Di Pendidikan Dasar*. CV. Kanhayakarya.
- Ni'mah, S. (2023). *Formulasi Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Padat-Cair Industri Tapioka Sebagai Proyek Berbasis ESD (Education for Sustainable Development) Dalam Pembelajaran IPA Kelas VII SMP/MTs*. IAIN Kudus.
- Pratiwi, Y., Qonita, M., & Lestari, R. (2024). Pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik Melalui Model PBL-ESD. *Proceedings of Fine Arts, Literature, Language, and Education*, 154–162.
- Rahayu, S., Rahmawati, F. P., & Ghufron, A. (2024). Analisis Efektivitas Program Sahabat Pohon Dalam Membangun Karakter Dan Sikap Peduli Lingkungan Siswa Sekolah Dasar. *Pendas:*

Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, 9(03), 613–626.

- Rahmadani, P. N., Arthur, R., & Maulana, A. (2023). Integrasi Konsep Literasi Vokasional untuk Mengembangkan Berpikir Kritis pada Siswa SMK: Sebuah Kajian Pustaka. *Jurnal Pendidikan West Science*, 1(12), 817–826.
- Rahmawati, U. T., & Suranto, S. (2024). Mengeksplorasi Tantangan dalam Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek pada Pendidikan Akuntansi Dasar SMK di Surakarta. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 9(3), 1208–1217.
- Riyanto, A., Nuroso, H., & Roshayanti, F. (2024). Potensi Implementasi STEAM Berorientasi ESD dalam Pembelajaran Zat dan Perubahannya. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(1), 88–94.
- Sultan, S. (2023). Pengokohan Keterampilan Menulis Artikel Populer Melalui Model Pembelajaran Berbasis Proyek Dan Evaluatif Bagi Mahasiswa Prodi Pendidikan Bahasa Arab Universitas Islam Malang. *Cordova Journal Language and Culture Studies*, 13(1), 1–13.
- Suryani, Y. (2024). E-LKM Berbasis PJBL Terintegrasi Etno-STEM pada Materi IPA dalam Menumbuhkan Karakter Peduli Lingkungan pada Mahasiswa. *Harmoni Media dan Metode Dalam Pembelajaran IPA*, 99.
- Syifa, S. N., Az-Zahra, A. M., & Rachman, I. F. (2024). Analisis infrastruktur teknologi, pelatihan pengajar dan tantangan dalam implementasi model pembelajaran literasi digital untuk mendukung SDGs 2030. *Jurnal Sadewa: Publikasi Ilmu Pendidikan, Pembelajaran Dan Ilmu Sosial*, 2(2), 212–224.
- Vioreza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. (2023a). Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi dan Peluang Penerapannya pada Kurikulum Merdeka? *PUSAKA: Journal of Educational Review*, 1(1), 34–48.
- Vioreza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. (2023b). Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi Dan Peluang Penerapannya Pada Kurikulum Merdeka? *Eureka: Journal of Educational Research and Practice*, 1(1), 34–47. <https://doi.org/10.56773/eureka.v1i1>.
- Widarti, R., & Roshayanti, F. (2021). Potensi Implementasi STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematic) berorientasi ESD (Education for Sustainable Development) dalam Pembelajaran Fluida. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 10(3), 290–295.
- Yunianingsih, E., & Jaya, I. (2024). Systematic Literatur Review: Analisis Pendekatan Realistic Mathematic Education (RME) Dalam Pembelajaran Matematika Di Sekolah Dasar. *Prosiding Mahasaraswati Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, 3(1), 150–164.
- Yusuf, M., & Sodik, M. (2023). Penggunaan Teknologi Internet of Things (IoT) dalam Pengelolaan Fasilitas dan Infrastruktur Lembaga Pendidikan Islam. *PROPHETIK: Jurnal Kajian Keislaman*, 1(2), 65–82.