

**PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS PENDEKATAN STEAM SUBMATERI
PENCEMARAN LINGKUNGAN UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS SISWA KELAS X**

Yeni Muhibatul Maghfiroh¹, Sunu Kuntjoro²

^{1,2}Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya

¹yeni22085@mhs.unesa.ac.id, ²sunukuntjoro@unesa.ac.id,

ABSTRACT

Critical thinking is one of the essential 21st-century competencies that students need to address complex problems, including environmental pollution. However, the Programme for International Student Assessment (PISA) indicates that Indonesian students' critical thinking skills remain relatively low. This study aimed to develop a STEAM-based electronic student worksheet (E-LKPD) on the topic of environmental pollution that is valid, practical, and effective in fostering the critical thinking skills of tenth-grade senior high school students. The study employed the 4D development model, consisting of the define, design, develop, and disseminate stages. A limited trial was conducted with 20 tenth-grade students at SMAS Kartika IV-3 Surabaya. The research instruments included validation sheets, learning implementation observation sheets, student response questionnaires, and critical thinking skill tests. Data were analyzed using descriptive quantitative methods. The results showed that the developed E-LKPD achieved a validity score of 91.25%, categorized as highly valid. Its practicality was demonstrated by student activity implementation of 98.66% and student responses of 98.33%, both categorized as highly practical. Its effectiveness was indicated by the improvement in students' average scores from 50.65 on the pretest to 89.75 on the posttest, with an N-gain score of 0.77 (high category). Furthermore, the average achievement of critical thinking indicators increased from 0.50 to 0.89, categorized as very good. Therefore, the STEAM-based E-LKPD is considered valid, practical, and effective in fostering the critical thinking skills of tenth-grade senior high school students.

Keywords: E-LKPD¹, STEAM², Environmental Pollution³, Critical Thinking Skills⁴

ABSTRAK

Keterampilan berpikir kritis merupakan kompetensi penting abad ke-21 yang perlu dimiliki peserta didik untuk menghadapi berbagai permasalahan, termasuk pencemaran lingkungan. Namun, hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik Indonesia masih rendah. Penelitian ini bertujuan menghasilkan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM pada submateri pencemaran lingkungan yang valid, praktis, dan efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa kelas X SMA. Penelitian menggunakan model pengembangan 4D yang meliputi tahap *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Uji coba terbatas dilakukan pada 20 siswa kelas

X SMAS Kartika IV-3 Surabaya. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons siswa, dan tes keterampilan berpikir kritis. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD memperoleh nilai validitas sebesar 91,25% dengan kategori sangat valid. Kepraktisan ditunjukkan melalui keterlaksanaan aktivitas siswa sebesar 98,66% dan respons siswa sebesar 98,33% dengan kategori sangat praktis. Keefektifan ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata *pretest* dari 50,65 menjadi 89,75 pada *posttest* dengan nilai *N-gain* sebesar 0,77 (kategori tinggi). Selain itu, rata-rata ketercapaian indikator keterampilan berpikir kritis meningkat dari 0,50 menjadi 0,89 dengan kategori sangat baik. Dengan demikian, E-LKPD berbasis pendekatan STEAM dinyatakan valid, praktis, dan efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa kelas X SMA.

Kata Kunci: E-LKPD¹, STEAM², Pencemaran Lingkungan³, Keterampilan Berpikir Kritis⁴

A. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki berbagai kompetensi yang mendukung kemampuan dalam menghadapi tantangan global. Kompetensi tersebut tidak hanya terbatas pada penguasaan konsep akademik, tetapi juga mencakup kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi. Keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu kompetensi yang sangat penting karena berperan dalam membantu peserta didik menganalisis informasi, mengevaluasi berbagai alternatif solusi, serta mengambil keputusan secara logis dan bertanggung jawab (Asri et al., 2023; Rahayu et al., 2022).

Keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan berpikir secara rasional dan reflektif yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dipercaya atau dilakukan (Ennis, 2023). Facione (2015) menjelaskan bahwa keterampilan berpikir kritis terdiri atas enam indikator utama, yaitu interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, dan regulasi diri. Kemampuan tersebut diperlukan peserta didik untuk memahami berbagai fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar, terutama permasalahan yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan yang semakin meningkat dari waktu ke waktu.

Permasalahan lingkungan saat ini menjadi isu global yang

memerlukan perhatian serius. Laporan IPCC (2023) dan KLHK (2024) menunjukkan bahwa aktivitas manusia yang tidak terkendali telah menyebabkan peningkatan pencemaran udara, air, dan tanah yang berdampak terhadap kualitas lingkungan hidup. Materi pencemaran lingkungan dalam pembelajaran biologi memiliki karakteristik yang dekat dengan kehidupan sehari-hari sehingga sangat potensial digunakan untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Melalui pembelajaran yang kontekstual, peserta didik dapat mengidentifikasi permasalahan lingkungan, menganalisis penyebab, mengevaluasi dampak, serta merumuskan solusi yang tepat berdasarkan fakta dan data yang diperoleh.

Namun demikian, kemampuan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Hasil PISA 2022 menunjukkan bahwa kemampuan peserta didik Indonesia dalam menyelesaikan masalah berbasis penalaran masih berada di bawah rata-rata negara OECD. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya inovasi pembelajaran yang mampu mendorong peserta didik

untuk aktif membangun pengetahuan serta mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi selama proses pembelajaran berlangsung.

Salah satu pendekatan yang dinilai mampu melatih keterampilan berpikir kritis adalah pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Pendekatan STEAM mengintegrasikan lima disiplin ilmu dalam pembelajaran sehingga peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih kontekstual, bermakna, dan berpusat pada pemecahan masalah (Permanasari, 2016). Pendekatan STEAM memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menghubungkan konsep sains dengan teknologi, rekayasa, seni, dan matematika dalam menyelesaikan masalah nyata yang ditemukan di lingkungan sekitar. Penelitian Mater et al. (2020) menunjukkan bahwa integrasi STEAM dalam pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan penerimaan teknologi peserta didik. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Kang et al. (2021) dan Quigley et al. (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis STEAM mampu meningkatkan keterampilan

berpikir kritis melalui aktivitas investigasi dan pemecahan masalah yang bersifat autentik.

Implementasi pendekatan STEAM dalam pembelajaran memerlukan dukungan bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik peserta didik dan tujuan pembelajaran. Salah satu bahan ajar yang dapat digunakan adalah lembar kerja peserta didik elektronik (E-LKPD). E-LKPD merupakan bahan ajar digital yang memuat materi, petunjuk kegiatan, tugas, dan evaluasi yang disusun secara sistematis untuk membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajaran. Penggunaan E-LKPD memberikan berbagai keunggulan, seperti kemudahan akses, integrasi multimedia, serta penyajian aktivitas belajar yang lebih interaktif dibandingkan LKPD konvensional (Putri & Astawan, 2022; Handayani et al., 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa E-LKPD mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran dan melatih keterampilan berpikir kritis. Rohmani dan Kuntjoro (2022) melaporkan bahwa E-LKPD berbasis problem solving pada materi pencemaran lingkungan efektif

melatihkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hidayati dan Wahyuni (2023) juga menemukan bahwa E-LKPD berbasis STEAM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui kegiatan pembelajaran yang terintegrasi dengan pemecahan masalah kontekstual. Meskipun demikian, pengembangan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM pada submateri pencemaran lingkungan yang secara khusus dirancang untuk melatih seluruh indikator keterampilan berpikir kritis menurut Facione masih terbatas.

Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian pengembangan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM pada submateri pencemaran lingkungan untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa kelas X SMA. Penelitian ini bertujuan menghasilkan E-LKPD yang valid, praktis, dan efektif sehingga dapat digunakan sebagai alternatif bahan ajar dalam mendukung pembelajaran biologi yang berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang

bertujuan menghasilkan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM pada submateri pencemaran lingkungan untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa kelas X SMA. Model pengembangan yang digunakan adalah model 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974), meliputi tahap *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*.

Tahap *define* dilakukan melalui analisis kurikulum, analisis karakteristik peserta didik, analisis konsep, analisis tugas, serta perumusan tujuan pembelajaran. Tahap *design* meliputi penyusunan rancangan E-LKPD, penyusunan instrumen penelitian, penyusunan tes keterampilan berpikir kritis, serta penyusunan desain tampilan E-LKPD. Tahap *develop* dilakukan melalui validasi oleh ahli, revisi produk, dan uji coba terbatas kepada peserta didik. Tahap *disseminate* dilakukan secara terbatas melalui publikasi hasil penelitian.

Instrumen penelitian meliputi lembar validasi E-LKPD, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, angket respons siswa, serta tes keterampilan berpikir kritis. Validasi dilakukan oleh dua dosen ahli menggunakan skala Likert (1-4).

Aspek yang dinilai meliputi kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan kebahasaan. Data kepraktisan diperoleh melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran yang diisi oleh empat observer, serta angket respons siswa menggunakan skala Guttman (Ya/Tidak). Data keefektifan diperoleh melalui analisis hasil pretest dan posttest keterampilan berpikir kritis menggunakan perhitungan *N-gain* menurut Hake. Selain itu, efektivitas juga dianalisis berdasarkan ketercapaian indikator keterampilan berpikir kritis yang meliputi interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, dan regulasi diri.

Analisis validasi dilakukan dengan menghitung skor berdasarkan kriteria yang terdapat pada lembar validasi, kemudian hasilnya diinterpretasikan ke dalam tingkat kelayakan menggunakan skala Likert. Skor yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Validitas \%} = \frac{\sum \text{Skor total yang diperoleh}}{\sum \text{Skor total}} \times 100\%$$

Nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan tersebut kemudian

diinterpretasikan berdasarkan kriteria yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria Interpretasi Skor Validasi E-LKPD

Presentase Kelayakan (%)	Kategori
25-39,9	Tidak Valid
40-54,9	Kurang Valid
55-69,9	Cukup Valid
70-84,5	Valid
85-100	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 1, E-LKPD dikatakan valid apabila memperoleh persentase skor $\geq 70\%$.

Observasi keterlaksanaan pembelajaran dinilai berdasarkan skala Guttman dengan jawaban 'Ya' atau 'Tidak'. Skor yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan rumus berikut.

$$\text{Keterlaksanaan \%} = \frac{\sum \text{jumlah skor total}}{\sum \text{jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan yang diperoleh selanjutnya diinterpretasikan sesuai dengan kriteria yang tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2 Kriteria Interpretasi Skor Keterlaksanaan E-LKPD

Persentase Rata-rata (%)	Kriteria
0 - 20	Tidak Praktis
21 - 40	Kurang Praktis
41 - 60	Cukup Praktis
61 - 80	Praktis
81 - 100	Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 2, E-LKPD dikatakan praktis apabila memperoleh persentase skor $\geq 61\%$.

Angket respon siswa dinilai berdasarkan skala Guttman dengan jawaban 'Ya' atau 'Tidak'. Skor yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan rumus berikut.

$$\text{Respon \%} = \frac{\sum \text{Jawaban Ya}}{\sum \text{Skor Keseluruhan}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan yang diperoleh selanjutnya diinterpretasikan sesuai dengan kriteria yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3 Kriteria Interpretasi Respon Siswa E-LKPD

Persentase Rata-rata (%)	Kriteria
0 - 20	Tidak Praktis
21 - 40	Kurang Praktis
41 - 60	Cukup Praktis
61 - 80	Praktis
81 - 100	Sangat Praktis

Berdasarkan Tabel 3, E-LKPD dikatakan praktis apabila memperoleh persentase skor $\geq 61\%$.

Efektivitas dianalisis dari hasil *pretest* dan *posttest* dengan menghitung *N-gain score*, dengan rumus sebagai berikut.

$$N\text{-gain score} = \frac{\text{Skor pretest} - \text{Skor posttest}}{100 - \text{skor pretest}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan yang diperoleh selanjutnya diinterpretasikan sesuai dengan kriteria yang tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4 Kriteria Interpretasi Kemampuan Berpikir Kritis

Persentase Skor (%)	Kriteria
0,00 – 20,3	Sangat Rendah
20,4 – 40,7	Rendah
40,6 – 61,1	Cukup
61,2 – 81,5	Baik
81,6 - 100	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 4, efektivitas E-LKPD dikatakan baik apabila siswa dapat memenuhi kriteria skor berpikir kritis $\geq 61,2\%$.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian adalah E-LKPD menggunakan pendekatan STEAM submateri pencemaran lingkungan untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa yang valid, praktis, dan efektif. E-LKPD yang dikembangkan merupakan bahan ajar digital yang dapat diakses melalui platform *Liveworksheet*. Produk terdiri atas tiga bagian utama: pendahuluan, isi, dan penutup.

Bagian pendahuluan memuat sampul, kata pengantar, daftar isi, panduan penggunaan, fitur-fitur E-LKPD, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, Alur Tujuan Pembelajaran. Bagian isi memuat 5 aktivitas yang dirancang sesuai dengan 5 bidang pendekatan STEAM

yaitu *Science, Tegnology, Engineering, Arts Mathematics*.

Validitas E-LKPD Pencemaran Lingkungan Berbasis Pendekatan STEAM

Uji validitas dilakukan oleh dua validator, yaitu dosen ahli materi dan dosen ahli pembelajaran, mencakup tiga aspek: penyajian, isi, dan kebahasaan. Rekapitulasi hasil validasi E-LKPD ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi Hasil Validasi E-LKPD

No.	Aspek yang Dinilai	Rata-Rata (%)
1.	Kelayakan Penyajian (Kualitas tampilan dan kelayakan isi)	85,42
2.	Sistematika Penyajian	93,75
3.	Kesesuaian Cakupan Materi dengan E-LKPD	100
4.	Aspek Bahasa	84,35
Rata-Rata Keseluruhan		91,25

Berdasarkan hasil validasi pada tabel 5, menunjukkan bahwa skor rata-rata keseluruhan untuk semua aspek kelayakan adalah 3,65, yang termasuk dalam kategori sangat valid. Hasil yang telah diperoleh kemudian dilakukan analisis deskriptif kuantitatif sehingga dihasilkan presentase validitas sebesar 91,25%, yang menunjukkan bahwa E-LKPD valid dalam melatih keterampilan berpikir kritis siswa. Mater dkk. (2020) juga

melakukan penelitian tentang dampak pendekatan STEAM terhadap keterampilan berpikir kritis, hasilnya menunjukkan bahwa kelompok eksperimen pembelajaran dengan pendekatan STEAM telah meningkatkan keterampilan berpikir kritis dibandingkan dengan kelompok pembelajaran tradisional. Oleh karena itu, E-LKPD berbasis pendekatan STEAM pada submateri pencemaran lingkungan dapat menjadi alternatif untuk membantu melatih keterampilan berpikir kritis siswa.

Kepraktisan E-LKPD Pencemaran Lingkungan Berbasis Pendekatan STEAM

Kepraktisan diukur melalui dua instrumen, yaitu lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran selama menggunakan E-LKPD dan lembar angket respon siswa.

Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Hasil observasi keterlaksanaan dilakukan dengan bantuan empat observer dari mahasiswa jurusan, selama proses uji coba berlangsung, setiap observer bertanggungjawab mengamati satu kelompok yang terdiri dari 5 peserta didik. Rekapitulasi hasil

pengamatan keterlaksanaan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Pengamatan Keterlaksanaan Pembelajaran

No.	Aktivitas yang diamati	Rata-Rata (%)
1.	Membaca petunjuk	100
2.	Melaksanakan fitur info sains	100
3.	Membaca artikel dan menonton video	90
4.	Melaksanakan aktivitas 1	100
5.	Melaksanakan aktivitas 2 (akses aplikasi)	100
6.	Melaksanakan aktivitas 2 (menjawab soal)	100
7.	Melaksanakan aktivitas 3 (membaca)	100
8.	Melaksanakan aktivitas 3 (membawa air bekas)	100
9.	Melaksanakan aktivitas 3 membaca langkah-langkah pembuatan filter air sederhana	95
10.	Melaksanakan aktivitas (membuat dan menjawab soal)	100
11.	Melaksanakan aktivitas 4 (membuat poster)	100
12.	Melaksanakan aktivitas 4 (mengumpulkan poster)	100
13.	Melaksanakan aktivitas 5 (menjawab soal)	100
14.	Melaksanakan aktivitas (mengisi tabel)	100
15.	Refleksi	95
Rata-Rata Keseluruhan		98,66

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan bahwa pada pertemuan pertama terdapat 2 siswa yang mengalami kendala dalam menonton video pencemaran dalam aktivitas 1 saat menggunakan E-LKPD. Oleh karena itu, ada kemungkinan dapat disebabkan karena masalah jaringan internet yang tidak stabil sehingga

video tidak dapat diputar dengan lancar. Sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Julia dan Herlambang (2021), menyatakan bahwa jaringan yang tidak stabil dapat memengaruhi keterlaksanaan proses pembelajaran. Kemudian, pada pertemuan kedua terdapat 1 siswa tidak membaca alat dan bahan serta langkah-langkah pembuatan filter air sederhana dalam aktivitas 3, ada kemungkinan bagian tersebut terlewat karena siswa tergolong masih beradaptasi dalam penggunaan E-LKPD tersebut. Selanjutnya, terdapat 1 siswa tidak menjawab pertanyaan refleksi bersama dengan guru, dimana ada beberapa pertanyaan refleksi, sehingga ada kemungkinan siswa tersebut tidak begitu memahami pertanyaan yang ada. Sehingga diketahui skor rata-rata pengamatan aktivitas siswa pada pertemuan pertama dan kedua adalah 98,66% yang termasuk dalam kategori sangat praktis. Sehingga E-LKPD berbasis pendekatan STEAM submateri pencemaran lingkungan dinyatakan layak secara empiris dan sesuai dengan tingkatan kelas X SMA.

Tingginya pengamatan keterlaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa E-LKPD mudah

digunakan oleh peserta didik dan guru selama proses pembelajaran. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik E-LKPD yang dapat mempermudah peserta didik dalam mengakses materi pembelajaran secara mandiri melalui perangkat digital (Suwastini et al., 2022). Selain itu, E-LKPD berfungsi sebagai bahan ajar yang mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran (Prastowo, 2015).

Angket Respon Siswa

Angket respon diberikan setelah pelaksanaan pembelajaran menggunakan E-LKPD. Hasil angket respon peserta didik dianalisis berdasarkan tiga aspek: penyajian, kebahasaan dan isi. Rekapitulasi hasil angket respon disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Rekapitulasi Hasil Pengamatan Keterlaksanaan Pembelajaran

No.	Aspek yang Dinilai	Rata-Rata (%)
1.	Penyajian Fisik e-LKPD	97,69
2.	Kebahasaan	98,75
3.	Kelayakan Isi	100
Rata-Rata Keseluruhan		98,33

Berdasarkan tabel 7, menunjukkan bahwa dari 21 pertanyaan yang diajukan peneliti, 14 pertanyaan mendapat jawaban “Ya”, sedangkan tujuh pertanyaan yang lain mendapatkan jawaban <100% yaitu

mendapatkan skor 95%, dengan tujuh peserta didik menjawab “Tidak”. Hasil respons peserta didik seluruh indikator memperoleh persentase 95–100% dengan kategori sangat praktis. Berdasarkan komentar dan saran yang diberikan, peserta didik menyatakan bahwa seluruh aspek E-LKPD sangat baik dan lengkap mulai dari penyajian fisik, kebahasaan, maupun isi. Selain itu, aktivitas yang terdapat dalam E-LKPD mendorong peserta didik untuk berpikir kritis dalam menganalisis permasalahan lingkungan dan mencari solusi yang tepat. Respon positif siswa menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD mampu meningkatkan minat dan motivasi belajar peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat Indriani (2022) yang menyatakan bahwa tampilan E-LKPD yang menarik dan mudah diakses dapat meningkatkan ketertarikan peserta didik terhadap pembelajaran.

Keefektifan E-LKPD Pencemaran Lingkungan Berbasis Pendekatan STEAM

Keefektifan diukur bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dimana berpikir kritis tersebut dilatihkan pada awal

pembelajaran berupa *pretest*, proses pembelajaran, dan akhir pembelajaran berupa *posttest*. Proses pembelajaran mengintegrasikan berbagai kegiatan yang bertujuan untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, dimana siswa menjawab pertanyaan-pertanyaan yang disajikan dalam 5 *Activity* dalam fitur *STEAM-Task*.

Data keefektifan E-LKPD pembelajaran berbasis pendekatan STEAM submateri pencemaran lingkungan juga diperoleh dengan menggunakan lembar tes keterampilan berpikir kritis. Lembar *pretest* diberikan kepada 20 peserta didik sebelum menggunakan E-LKPD, sedangkan lembar *posttest* diberikan setelah siswa menggunakan E-LKPD. Data hasil tes keterampilan berpikir kritis disajikan pada Grafik 1 dan Tabel 8.



Grafik 1 Analisis Skor Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Tabel 8 Skor sebelum dan sesudah menggunakan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM

No Absen	Pretest	posttest	N-gain	Kriteria
1	55	91	0,80	Tinggi
2	65	85	0,57	Sedang
3	65	90	0,71	Tinggi
4	76	92	0,67	Sedang
5	37	88	0,81	Tinggi
6	77	85	0,35	Sedang
7	65	90	0,71	Tinggi
8	58	90	0,76	Tinggi
9	10	88	0,87	Tinggi
10	10	83	0,81	Tinggi
11	63	95	0,86	Tinggi
12	30	87	0,81	Tinggi
13	65	88	0,66	Sedang
14	43	95	0,91	Tinggi
15	49	94	0,88	Tinggi
16	40	87	0,78	Tinggi
17	49	90	0,80	Tinggi
18	61	95	0,87	Tinggi
19	55	92	0,82	Tinggi
20	40	90	0,83	Tinggi
Rata-rata	50,65	89,75	0,77	Tinggi

Berdasarkan Tabel 8 , skor rata-rata sebelum menggunakan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM adalah 50,65, sedangkan skor rata-rata setelah menggunakan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM meningkat menjadi 89,75. Rata-rata kenaikan ini dapat dihitung menggunakan rumus *gain score* (*N-gain*), sehingga diketahui bahwa *N-gain* dari 20 peserta didik memperoleh rata-rata sebesar 0,77, yang termasuk kategori tinggi. Terdapat 4 peserta didik dengan rata-rata *N-gain* peserta didik terendah dalam kategori sedang

yaitu antara 0,35 hingga 0,67. Sebaliknya terdapat 16 peserta didik yang memiliki rata-rata *N-gain* tertinggi dalam kategori tinggi yaitu antara 0,71 hingga 0,88.

Tabel 9 Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sebelum dan Sesudah Menggunakan E-LKPD Berbasis pendekatan STEAM pada submateri pencemaran lingkungan

No	Indikator Berpikir Kritis	Skor			
		Sebelum	K	Setelah	K
1.	Interpretasi	0,45	B	0,88	SB
2.	Analisis	0,54	CB	0,92	SB
3.	Inferensi	0,44	B	0,85	SB
4.	Eksplanasi	0,52	CB	0,86	SB
5.	Evaluasi	0,56	CB	0,97	SB
Rata-rata		0,50	CB	0,89	SB

Keterangan: K: kategori, B: baik, CB: cukup baik, SB: sangat baik

Berdasarkan tabel 9, diperoleh dari data *pretest* dan *posttest*, dapat diketahui skor masing-masing indikator berpikir kritis, yaitu interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, dan regulasi diri pada tes yang diberikan sebelum menggunakan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM adalah 0,50, yang termasuk dalam kategori 'cukup baik' dan skor rata-rata setelah penggunaan E-LKPD meningkat menjadi 0,89, yang dikategorikan sebagai 'sangat baik'

Secara keseluruhan, aktivitas dalam E-LKPD berbasis pendekatan STEAM dirancang untuk melatihkan

keterampilan berpikir kritis secara bertahap mulai dari interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, hingga regulasi diri. Integrasi unsur *Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics* memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual serta mendorong peserta didik untuk aktif dalam mengidentifikasi masalah, merancang solusi, mengevaluasi hasil, dan mengomunikasikan temuan yang diperoleh. Oleh karena itu, E-LKPD yang dikembangkan berpotensi mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada submateri pencemaran lingkungan (Basri et al., 2024).

Hasil penelitian ini memperkuat teori bahwa pendekatan STEAM memiliki hubungan erat dengan keterampilan berpikir kritis. Menurut Duran et al. (2012), pendekatan STEAM berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir kritis karena siswa terlibat secara langsung dalam penyelesaian masalah nyata. Selain itu, Mater et al. (2020) menjelaskan bahwa pembelajaran STEAM mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam menganalisis masalah, mengevaluasi alternatif solusi, dan mengambil keputusan yang tepat.

Dengan demikian, peningkatan kemampuan berpikir kritis pada penelitian ini diduga terjadi karena aktivitas dalam E-LKPD dirancang sesuai karakteristik STEAM yang berorientasi pada pemecahan masalah lingkungan secara kontekstual.

Hasil penelitian ini memperkuat teori bahwa pendekatan STEAM memiliki hubungan erat dengan keterampilan berpikir kritis. Menurut Duran et al. (2012), pendekatan STEAM berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir kritis karena siswa terlibat secara langsung dalam penyelesaian masalah nyata. Selain itu, Mater et al. (2020) menjelaskan bahwa pembelajaran STEAM mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam menganalisis masalah, mengevaluasi alternatif solusi, dan mengambil keputusan yang tepat. Dengan demikian, peningkatan kemampuan berpikir kritis pada penelitian ini diduga terjadi karena aktivitas dalam E-LKPD dirancang sesuai karakteristik STEAM yang berorientasi pada pemecahan masalah lingkungan secara kontekstual.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan: (1) Telah dikembangkan E-LKPD menggunakan pendekatan STEAM submateri pencemaran lingkungan untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa. (2) Validitas E-LKPD mencapai 91,25% pada seluruh aspek sehingga dinyatakan sangat valid. (3) Kepraktisan E-LKPD dinyatakan sangat praktis berdasarkan keterlaksanaan pembelajaran 98,66%, dan respons peserta didik 98,33%. (4) Keefektifan E-LKPD dinyatakan efektif terbukti dari nilai rata-rata keterampilan berpikir kritis meningkat dari 0,50 menjadi 0,89 yang termasuk dalam kategori sangat baik.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan adanya pengembangan lebih lanjut terhadap E-LKPD berbasis pendekatan STEAM pada materi biologi lainnya mengingat respons positif yang diberikan oleh peserta didik selama pembelajaran. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan cakupan sampel yang lebih luas untuk mengkaji pengaruh penggunaan E-LKPD terhadap

berbagai aspek hasil belajar peserta didik secara lebih komprehensif.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti menyampaikan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Dr. H. Sunu Kuntjoro, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing, Prof. Dr. Fida Rachmadiarti, M.Si, M.Kes. dan Prof. Dr. Tarzan Purnomo, M.Si. selaku validator yang sudah memeriksa dan menilai E-LKPD. Peneliti juga menyampaikan terima kasih kepada observer, guru Biologi dan siswa siswi kelas 10 SMA Kartika IV-3 Surabaya atas respons serta masukannya mengenai E-LKPD yang dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asri, I. H., Lasmawan, I. W., & Suharta, I. G. P. (2023). Kompetensi abad 21 sebagai bekal menghadapi tantangan masa depan. *Kappa Journal*, 7(1), 97–107.
- Duran, M., & Sendag, S. (2012). A preliminary investigation into critical thinking skills of urban high school students: Role of an IT/STEAM program. *Creative Education*, 3(02), 241.
- Ennis, R. H. (2023). Critical thinking: A streamlined conception. *Teaching Philosophy*, 46(1), 1–25.
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. The California Academic Press.

- Hidayati, N., & Wahyuni, S. (2023). Pengembangan E-LKPD berbasis STEAM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(2), 285–296.
- Indriani, S., Nuryadi, N., & Marhaeni, N. H. (2022). Respon peserta didik terhadap E-LKPD berbantuan Liveworksheets sebagai bahan ajar segitiga dan segiempat. *Journal on Teacher Education*, 3(2). <https://doi.org/10.31004/jote.v3i2.3962>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. IPCC.
- Kang, E. J., Kim, H. J., Lee, S. Y., & Park, J. H. (2021). Enhancing critical thinking through STEAM-based learning in science education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(4), 429–442.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2024). *Laporan status lingkungan hidup Indonesia 2023*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Mater, N. R., Hussein, M. J. H., Salha, S. H., Draid, F. R., Shaqour, A. Z., Qatanani, N., & Affouneh, S. (2022). The effect of the integration of STEAM on critical thinking and technology acceptance model. *Educational Studies*, 48(5), 642–658. <https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1793736>
- Mater, N. R., Hussein, M. J. H., Salha, S. H., Draid, F. R., Shaqour, A. Z., Qatanani, N., & Affouneh, S. (2020). The effect of the integration of STEAM on critical thinking and technology acceptance model. *Educational Studies*, 48(5), 642–658. <https://doi.org/10.1080/03055698.2020.1793736>
- Permanasari, A. (2016). STEAM education: Inovasi dalam pembelajaran sains. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains VI 2016*. Universitas Sebelas Maret.
- Prastowo, A. (2015). *Bahan ajar tematik: Tinjauan teoritis dan praktik*. Prenadamedia Group.
- Putra, W. P., Gunamantha, I. M., & Sudiana, I. N. (2023). Pengembangan E-LKPD HOTS dalam menini, N., & Yokhebed. (2022). Analisis kepraktisan bahan ajar digital pada pembelajaran IPA berdasarkan respons peserta didik. *Jurnal Pendidikan dan Peningkatan Berpikir Kritis pada Pembelajaran IPA SD*. PENDASI: *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 7(1).
- Putri, N. L. P. D., & Astawan, I. G. (2022). E-LKPD interaktif dengan model project based learning materi bangun ruang kelas V sekolah dasar. *Jurnal Pedagogi dan Pembelajaran*, 5(2), 164–173.
- Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2022). Fostering critical thinking in STEAM education through interdisciplinary approaches. *International Journal of STEAM Education*, 9(1), 1–15.
- Rahayu, R., Iskandar, S., & Abidin, Y. (2022). Inovasi pembelajaran abad 21 dan penerapannya di Indonesia. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 2099–2104.

- <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2082>
- Ramadhani, D. P., & Wisanti. (2024). Kelayakan E-LKPD perubahan lingkungan berbasis contextual teaching and learning untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa. *BioEdu*, 13(3), 742–750.
- Rohmani, A., & Kuntjoro, S. (2022). Pengembangan E-LKPD berbasis problem solving pada submateri pencemaran lingkungan kelas X untuk melatih keterampilan berpikir kritis. *BioEdu*, 11(3), 742–750.
- Sukmawati, I., & Ghofur, M. A. (2023). Pengembangan E-LKPD berbasis problem based learning terintegrasi keterampilan 4C untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Paedagogy*, 10(4), 1020–1033. <https://doi.org/10.33394/jp.v10i4.9200>
- Suwastini, N. M. S., Agung, A. A. G., & Sujana, I. W. (2022). LKPD sebagai media pembelajaran interaktif berbasis pendekatan saintifik dalam muatan IPA sekolah dasar. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 6(2), 311-320.
- Wahyuni, D., Octaviani, N., Supeno, S., Nuha, U., & Rusdianto. (2023). E-LKPD berbasis scaffolding question prompt untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMP dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 7(2), 311–320.
- Wowor, E. C., Tumewu, W. A., & Moku, Y. B. (2022). Implementasi repetitive method melalui kegiatan refleksi dalam pembelajaran. *SOSCIED*, 5(2), 272–279.