

E-LKPD BERBASIS STEM SUB MATERI PENCEMARAN AIR UNTUK MELATIH KEMAMPUAN LITERASI SAINS

Amaliya Nada 'Adila¹, Endang Susantini²

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

[1amaliya.22121@mhs.unesa.ac.id](mailto:amaliya.22121@mhs.unesa.ac.id), [2endangsusantini@unesa.ac.id](mailto:endangsusantini@unesa.ac.id),

ABSTRACT

Scientific literacy plays an important role in shaping mindsets, behaviors, and individual character to care for and take responsibility for oneself, society, the universe, and the challenges of modern society that depend on technology. The selection of appropriate learning approaches is needed to develop students' scientific literacy. STEM is an approach that integrates science, technology, engineering, and mathematics in contextual problem-solving. One of the learning outcomes in Grade X biology, phase E, is environmental change, with the sub-material on water pollution. E-LKPD is a digital teaching material to train students' understanding of the material. This study aims to develop E-LKPD to train scientific literacy skills that are valid, practical, and effective. This study applies the 4-D model (define, design, develop, disseminate). The aspects measured include validity, practicality, and effectiveness. Validity is assessed based on the aspects of presentation, content, and language by two validators, namely material expert lecturers and media expert lecturers. Practicality is measured through observation of student activities and student response questionnaires. Effectiveness is assessed based on the improvement of scientific literacy skills through a comparison of pre-test and post-test scores. The E-LKPD was tested on a limited basis on 25 grade X students of SMAN 1 Cerme. The dissemination stage was carried out through the publication of scientific articles. The validation data were analyzed using a Likert scale, the observational data on student activities and the questionnaire responses were analyzed using a Guttman scale, and the students' scientific literacy ability was analyzed using the N-Gain score. The results showed that the E-LKPD was very valid with a validity 93.50%. Practicality was categorized as very practical based on the implementation of student activities at 96.21% and positive student responses at 97.71%. Effectiveness was reviewed from the improvement of scientific literacy skills with an average N-Gain of 0.78 in the great improvement category. Thus, the STEM-based E-LKPD is considered valid, practical, and effective in training students' scientific literacy skills in the sub-material of water pollution.

Keywords: Explaining phenomena scientifically, evaluating and designing scientific inquiry, and interpreting data and evidence scientifically, teaching materials, water quality

ABSTRAK

Literasi sains berperan penting dalam membentuk pola pikir, perilaku, dan karakter individu untuk peduli serta bertanggung jawab terhadap diri sendiri, masyarakat, alam semesta, dan tantangan masyarakat modern yang bergantung pada teknologi. Pemilihan pendekatan pembelajaran yang tepat diperlukan untuk mengembangkan literasi sains siswa. STEM merupakan pendekatan yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam pemecahan masalah kontekstual. Salah satu capaian pembelajaran biologi kelas X fase E adalah perubahan lingkungan dengan sub materi pencemaran air. E-LKPD merupakan bahan ajar digital untuk melatih pemahaman materi siswa. Penelitian ini bertujuan menghasilkan E-LKPD berbasis STEM untuk melatih kemampuan literasi sains yang layak berdasarkan kriteria validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Penelitian ini menerapkan model 4-D (*define, design, develop, disseminate*). Aspek yang diukur meliputi validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Validitas dinilai berdasarkan aspek penyajian, isi, dan kebahasaan oleh dua validator yakni ahli materi dan ahli media. Kepraktisan diukur melalui observasi aktivitas siswa dan angket respons siswa. Keefektifan dinilai berdasarkan peningkatan kemampuan literasi sains melalui perbandingan nilai *pre-test* dan *post-test*. E-LKPD diujicobakan secara terbatas pada 25 siswa kelas X SMAN 1 Cerme. Tahap penyebaran dilakukan melalui publikasi ilmiah. Data hasil validasi dianalisis menggunakan skala likert, analisis data hasil observasi aktivitas dan angket respons peserta didik menggunakan skala Guttman, dan kemampuan literasi sains peserta didik dianalisis menggunakan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan E-LKPD sangat valid dengan validitas 93,50%. Kepraktisan dikategorikan sangat praktis berdasarkan keterlaksanaan aktivitas siswa sebesar 96,21% dan respons positif siswa sebesar 97,71%. Keefektifan ditinjau dari peningkatan kemampuan literasi sains dengan rata-rata N-Gain 0,78 kategori peningkatan tinggi. Dengan demikian, E-LKPD berbasis STEM dinilai valid, praktis, dan efektif dalam melatih kemampuan literasi sains siswa pada sub materi pencemaran air.

Kata Kunci: Menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, menafsirkan data dan bukti secara ilmiah, perangkat bahan ajar, kualitas air

A. Pendahuluan

Sains merupakan satu diantara pemegang peran krusial dan menjadi fondasi utama dalam menghadapi tantangan global. Pengetahuan tentang berbagai fenomena alam

serta penyelesaian permasalahan dunia seperti perubahan iklim, isu kesehatan hingga revolusi teknologi dapat dipelajari melalui sains. Dalam memahami fenomena alam, pemecahan masalah dengan metode

ilmiah serta pengambilan keputusan berbasis bukti ilmiah memerlukan pemahaman yang memadai tentang aktivitas dan praktik sains melalui keterampilan literasi sains (Parisu dkk., 2025). Literasi sains merupakan kompetensi dalam penguasaan konsep ilmiah, mengkomunikasikan sains secara efektif, serta mengaplikasikan pengetahuan sains untuk menganalisis berbagai fenomena alam dan menyelesaikan permasalahan serta pengambilan keputusan yang berkaitan dengan isu di lingkungan sehari-hari (Indana & Hidayati, 2025). Literasi sains memiliki peranan yang sangat fundamental dalam membentuk cara berpikir dan tindakan seseorang, sekaligus menumbuhkan karakter yang peka dan bertanggung jawab baik terhadap diri pribadi, lingkungan sosial, alam sekitar, maupun dalam menghadapi tuntutan zaman yang tidak lepas dari ketergantungan terhadap teknologi (Susantini dkk., 2024).

Berdasarkan temuan PISA 2022, performa akademik peserta didik Indonesia belum mencapai rerata skor negara-negara OECD dalam tiga bidang penilaian, yaitu literasi membaca, matematika, dan sains.

Adapun untuk sains, nilai Indonesia adalah 383, masih tertinggal dari rata-rata OECD sebesar 485 (OECD, 2023b). Temuan itu memperlihatkan jika masih ada kesulitan yang dihadapi oleh pelajar di Indonesia dalam memahami dan mengaplikasikan prinsip-prinsip sains dalam situasi dunia nyata. Kegiatan wawancara yang berlangsung di SMAN 1 Cerme diperoleh hasil yaitu kegiatan belajar mengajar Biologi di kelas X dan XI masih terpusat pada pendalaman konten dan hafalan konsep, dengan pendekatan yang belum diarahkan pada pembentukan kemampuan literasi sains peserta didik. Sihombing dkk., (2024) menyatakan bahwa rendahnya kemampuan literasi sains dipengaruhi oleh strategi pengajaran yang digunakan pendidik kurang relevan dengan tuntutan kurikulum di masa sekarang. Kurangnya pembelajaran berbasis literasi sains dan ketidakmampuan siswa dalam menjawab pertanyaan analitis turut menjadi penyebab internal dari rendahnya kemampuan literasi sains.

Pendekatan pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi solusi strategis guna

mempersiapkan peserta didik agar mampu merespons dinamika global. Pendekatan STEM didefinisikan sebagai paradigma pendidikan yang memadukan keempat disiplin ilmu tersebut dalam kegiatan belajar guna menyelesaikan persoalan kehidupan nyata. Pendekatan ini tidak hanya berpusat pada penguasaan konsep teoretis, namun juga bertujuan untuk mengasah dan menumbuhkan keterampilan peserta didik dalam mencetuskan pemikiran-pemikiran kreatif (Capraro dan Morgan, 2013 dalam Prajoko dkk., 2023). Pendekatan STEM tidak hanya terfokus pada teori namun juga terdapat praktik nyata sehingga siswa dapat belajar secara langsung melalui eksperimen selama proses pembelajaran.

Salah satu capaian pembelajaran biologi kelas X fase E yaitu perubahan lingkungan dengan berbagai sub materi salah satunya pencemaran lingkungan. Sebagai negara kepulauan, Indonesia menyimpan potensi sumber daya kelautan melimpah terutama ikan dan udang sehingga tak jarang masyarakat Indonesia melakukan budidaya udang atau ikan salah

satunya di wilayah Gresik Jawa Timur. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Jawa Timur Kabupaten Gresik menempati posisi kedua produksi perikanan terbanyak di Jawa Timur yaitu 62.139 ton hasil tambak sederhana dan 750 ton tambak semi intensif tahun 2021 (BPS Provinsi Jawa Timur, 2021). Data tersebut menunjukkan bahwa di Kabupaten Gresik banyak masyarakat yang memerlukan edukasi terkait cara manajemen kualitas air tambak agar tidak sampai mengurangi hasil panen.

Salah satu bahan pembelajaran yang dikategorikan efektif untuk mengembangkan literasi sains siswa, khususnya pada submateri pencemaran air, adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Penggunaan bahan ajar tersebut mampu mengembangkan kemandirian siswa untuk mengkonstruksi pengetahuan dan mengoptimalkan pembelajaran dengan penyajian konsep teoritis, panduan praktikum, dan demonstrasi dengan petunjuk kerja sesuai indikator pembelajaran (Qomariyah & Novita, 2025). Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik yaitu bahan ajar digital yang berfungsi dalam melatih pemahaman materi oleh siswa yang telah

disampaikan guru (Putri dkk., 2025). *Liveworksheet* merupakan salah satu sarana digital yang digunakan secara gratis dalam mengembangkan E-LKPD. Situs tersebut bisa dipakai untuk merancang E-LKPD secara daring menggunakan gadget sehingga menghemat waktu, kertas, dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengajar.

Berdasarkan kajian latar belakang, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan E-LKPD berpotensi meningkatkan literasi sains, khususnya pada mata pelajaran biologi yang berhubungan dengan persoalan nyata di lingkungan sekitar. Penggunaan E-LKPD memberi kesempatan peserta didik untuk mengkaji dan mengintegrasikan dimensi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM) secara terkoordinasi. Atas dasar itu, penelitian ini terfokus pada pengembangan media pembelajaran berupa E-LKPD berbasis STEM pada topik pencemaran air sebagai sarana untuk melatih kemampuan literasi sains peserta didik. Pengembangan media tersebut dievaluasi berdasarkan kriteria validitas, kepraktisan, dan keefektifan. E-LKPD

yang disusun memuat materi dampak perubahan lingkungan dengan penekanan pada pencemaran air tambak berbasis fitur – fitur sebagai integrasi indikator literasi sains dan tahapan pembelajaran STEM.

B. Metode Penelitian

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4-D oleh Thiagarajan (1974), dengan tahap *define, design, develop*, dan *disseminate*. Kegiatan penelitian berlangsung pada bulan Agustus-Maret. Pengembangan E-LKPD dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Pelaksanaan uji coba terbatas di SMAN 1 Cerme dengan sasaran penelitian adalah 25 peserta didik kelas X.

Variabel penelitian terdiri dari validasi, kepraktisan, dan keefektifan. Instrumen penelitian berupa lembar validasi untuk mengukur validitas E-LKPD oleh validator ahli materi dan ahli media, lembar observasi kerlaksanaan aktivitas peserta didik dan lembar angket respons peserta didik untuk mengukur kepraktisan E-LKPD, dan lembar *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur keefektifan E-

LKPD. Analisis data validitas diukur dengan skala Likert (1-4) dan skor rata-rata validitas didapatkan E-LKPD dikategorikan valid apabila mencapai skor $\geq 70\%$. Penilaian keterlaksanaan adalah 3 observer berdasarkan pedoman skala Guttman dan E-LKPD dikategorikan praktis apabila keterlaksanaan aktivitas peserta didik menunjukkan $\geq 70\%$. Data angket respon peserta didik dianalisis menggunakan skala Guttman dan E-LKPD dikatakan praktis apabila hasil angket respon sebesar $\geq 75\%$.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan dua produk, yaitu E-LKPD I dan E-LKPD II, yang disusun secara sistematis sesuai tahapan pengembangan pada model 4D. Kegiatan pada E-LKPD I melatih peserta didik untuk menjelaskan fenomena ilmiah dan mengevaluasi solusi berdasarkan data faktual yang relevan dengan kondisi lingkungan nyata. Sementara itu, E-LKPD II difokuskan pada aktivitas perancangan, pembuatan, pengujian, dan evaluasi alat sensor pH berbasis Arduino sebagai bentuk implementasi solusi teknologi terhadap

permasalahan pencemaran air tambak.

E-LKPD yang dikembangkan memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu disusun dalam format digital interaktif yang dapat diakses melalui perangkat elektronik, memuat tahapan pembelajaran STEM secara utuh mulai dari identifikasi masalah (*Eco-Think*), penyusunan solusi (*Eco-Solve*), perancangan dan pembuktian solusi (*Eco-Proof*), hingga komunikasi hasil (*Eco-Share*), serta dirancang untuk melatih indikator literasi sains berupa kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi dan merancang



penyelidikan ilmiah, serta menafsirkan data dan bukti secara ilmiah.

Gambar 1 Tampilan E-LKPD

Validitas E-LKPD adalah tingkat kesesuaian penyajian, isi, dan kebahasaan E-LKPD yang diukur melalui serangkaian penilaian oleh

ahli media pembelajaran dan ahli materi, disertai evaluasi menyeluruh pada E-LKPD yang telah disusun.

Tabel 1 Data Hasil Validasi E-LKPD

Aspek yang dinilai	Persentase
Penyajian	91,96%
Isi	95,83%
Kebahasaan	92,71%
Rata - rata	93,50%
Kriteria	Sangat Valid

Hasil rekapitulasi uji validitas menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan memperoleh persentase sebesar 93,50%. Berdasarkan kriteria penilaian yang digunakan, nilai presentase tersebut termasuk dalam kategori sangat valid. Aspek kelayakan penyajian skor 3,68 dengan persentase 91,96% yang termasuk dalam kategori sangat valid, melampaui standar kelayakan $\geq 70\%$ (Ma'rufah, 2023). Perbaikan dilakukan dengan membedakan gradasi warna setiap fitur dan penyesuaian kecerahan pada video tutorial. Hal ini sejalan dengan temuan Muhammad dan Marsellina (2025) bahwa kualitas warna yang kurang kontras dapat mempengaruhi daya tarik dan kenyamanan visual.

Aspek kelayakan isi memperoleh rata-rata 3,83 dengan persentase 95,83% yang termasuk dalam kategori

sangat valid. Penelitian Fuddah dan Nuha (2026) menyatakan bahwa E-LKPD dinilai sangat valid dan efektif karena menyajikan fenomena ilmiah yang dekat dengan kehidupan peserta didik, serta sejalan dengan Istiani dan Malichatin (2024) bahwa pembelajaran STEM mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika melalui kegiatan merancang, menguji, dan mengevaluasi solusi dari permasalahan lingkungan nyata.

Aspek kelayakan kebahasaan skor 3,71 dengan persentase 92,71% yang termasuk dalam kategori sangat valid. Penelitian Trihandi dkk. (2025) menegaskan bahwa komponen kebahasaan dalam E-LKPD harus memenuhi kriteria penggunaan bahasa yang komunikatif dan lugas agar peserta didik tidak mengalami kebingungan saat membaca instruksi.

Kepraktisan E-LKPD adalah tingkat kemudahan dalam penggunaan E-LKPD yang dikembangkan, yang dinilai melalui beberapa indikator. Aspek ini diukur melalui keterlaksanaan aktivitas belajar peserta didik dan angket respon yang dilengkapi oleh peserta didik setelah mereka memanfaatkan

E-LKPD dalam kegiatan pembelajaran. Keterlaksanaan kegiatan peserta didik selama menggunakan E-LKPD berbasis STEM pada materi pencemaran air tambak diamati oleh observer menggunakan lembar observasi yang telah disediakan. Pengamatan dilakukan dengan mengacu pada langkah-langkah pendekatan STEM yang dikolaborasikan dengan indikator literasi sains.

Tabel 2 Data Hasil Keterlaksanaan Aktivitas Peserta Didik

Aktivitas Peserta Didik	Persentase	
	"Ya"	"Tidak"
Pertemuan I		
Fitur <i>Eco Think</i>	96%	4%
Fitur <i>Eco Solve</i>	96%	4%
Fitur <i>Eco Proof</i>	82%	18%
Fitur <i>Eco Share</i>	100%	0%
Pertemuan II		
Fitur <i>Eco Think</i>	100%	0%
Fitur <i>Eco Solve</i>	100%	0%
Fitur <i>Eco Proof</i>	96%	4%
Fitur <i>Eco Share</i>	100%	0%
Rata – rata	96,21%	
Kriteria	Sangat Praktis	

Pada pertemuan pertama, terdapat beberapa aktivitas yang tidak dilaksanakan oleh seluruh peserta didik, yaitu aktivitas scan barcode dan mengidentifikasi nilai pH normal beserta dampak pH menyimpang

akibat kendala teknis keterbatasan jaringan internet di lokasi penelitian (Susanto dan Hermina, 2024). Selain itu, disebabkan oleh minimnya pemahaman awal peserta didik tentang aplikasi Fritzing serta pengalaman terbatas dengan komponen elektronika seperti Arduino, sensor pH, dan kabel jumper. Penelitian Angjelina dan Riandi (2023) mengidentifikasi bahwa penggunaan peralatan teknologi memerlukan waktu khusus sebelum pelajaran karena peserta didik perlu beradaptasi dengan alat dan bahan yang kompleks. Pada pertemuan kedua, hampir seluruh aktivitas berhasil dilaksanakan dengan persentase 100%, yang menunjukkan bahwa fitur *Eco-Proof* pada E-LKPD II yang mencakup kegiatan praktikum uji pH sampel air tambak sangat menarik minat peserta didik karena melibatkan eksperimen nyata dan penggunaan alat yang relevan (Nuaia dan Nurkamiden, 2022). Namun, terdapat keterbatasan perangkat keras, di mana setiap kelompok hanya tersedia satu unit laptop sehingga hanya perwakilan anggota kelompok yang melakukan penginputan sementara anggota lain mengamati. Hal ini

sejalan dengan penelitian Febiola dkk. (2024) bahwa salah satu tantangan utama dalam implementasi STEM adalah keterbatasan infrastruktur teknologi, seperti ketersediaan komputer/laptop yang memadai untuk setiap peserta didik.

Data respons peserta didik diperoleh setelah seluruh rangkaian pembelajaran menggunakan E-LKPD selesai dilaksanakan.

Tabel 3 Data Hasil Angket Respon Peserta Didik

Kriteria yang dinilai	Persentase	
	"Ya"	"Tidak"
Penyajian	96,67%	3,33%
Isi	98,18%	1,84%
Kebahasaan	98%	2%
Rata – rata	97,71%	
Kriteria	Sangat Praktis	

Rata-rata respons positif peserta didik yang menjawab "Ya" mencapai 97,71%, yang mengindikasikan bahwa E-LKPD berbasis STEM pada materi pencemaran air tambak dinilai sangat praktis oleh peserta didik. Meskipun materi pencemaran air tambak sudah kontekstual dan sebagian besar peserta didik sudah mengetahui apa itu tambak beserta fungsinya, masih terdapat satu peserta didik yang

memerlukan penguatan contoh yang lebih spesifik, sejalan dengan Malik dkk. (2026) bahwa tingkat kontekstualisasi materi dapat bervariasi antar individu sehingga perlu adanya pengayaan contoh yang lebih beragam.

Fitur Eco-Proof pada kriteria membantu merancang alat sensor pH berbasis Arduino dan mengolah data hasil uji pH sampel air tambak, serta fitur Eco-Share pada kriteria membantu menyimpulkan data hasil uji pH sampel air tambak. Pada bagian ini peserta didik bertanya perihal cara menganalisis data, dan peneliti dibantu oleh observer telah menjelaskan serta memberi contoh cara menganalisis dan menyimpulkan data kepada setiap kelompok. Redo dkk. (2025) menyatakan bahwa peserta didik yang belum terbiasa mengerjakan tes keterampilan literasi sains, jarang melakukan praktikum, tidak memahami istilah atau variabel yang digunakan, dan tidak terbiasa mengerjakan soal berbentuk wacana cenderung mengalami kesulitan dalam menganalisis data.

Pada aspek kebahasaan, memperoleh persentase 98%.

Rendahnya persentase ini disebabkan karena masih terdapat beberapa peserta didik yang menganggap penjelasan materi masih terlalu teoritis dan perlu disajikan dengan bahasa yang lebih sederhana. Hal ini sejalan dengan Sinyanyuri dkk. (2022) yang mengidentifikasi bahwa kesulitan peserta didik terkait penggunaan istilah sains menjadi salah satu penyebab rendahnya literasi sains, di mana penguasaan kosakata sains seringkali menjadi hambatan utama dalam memahami materi, sehingga peserta didik lebih memahami instruksi apabila peneliti menjelaskan ulang terkait isi E-LKPD.

Tabel 4 Data Hasil Pre-test dan Post-test

Nilai Pre-test	Nilai Post-test	N-Gain	Kriteria
46,28	88,12	0,78	Tinggi

Tabel 5 Data Hasil N-Gain Pre-test dan Post-test Berdasarkan Indikator Literasi Sains

Indikator Literasi Sains	N - Gain	Kriteria
Menjelaskan Fenomena secara Ilmiah	0,72	Tinggi

Indikator Literasi Sains	N - Gain	Kriteria
Mengevaluasi dan Merancang Penyelidikan secara Ilmiah	0,81	Tinggi
Menafsirkan Data dan Bukti secara Ilmiah	0,77	Tinggi

Berdasarkan data yang diperoleh dari 25 peserta didik, rata-rata nilai pre-test tercatat sebesar 46,28 yang tergolong belum memenuhi Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) yang ditetapkan sekolah sebesar ≥ 75 . Setelah peserta didik mengikuti serangkaian kegiatan pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis STEM pada materi pencemaran air tambak, rata-rata nilai *post-test* meningkat menjadi 88,12 yang telah melampaui KKTP ≥ 75 . Penelitian Ifah dkk. (2025) menjelaskan bahwa pembelajaran yang menekankan pada keterampilan investigasi, eksperimen, dan pemecahan masalah dapat meningkatkan kemampuan literasi sains peserta didik secara signifikan yang terlihat pada peningkatan nilai rata-rata *pre-test* ke *post-test* setelah

menggunakan bahan ajar berbasis STEM.

Hasil perhitungan menunjukkan rata-rata N-Gain sebesar 0,78 yang termasuk dalam kategori tinggi. Terdapat 7 peserta didik menghasilkan N-Gain kriteria sedang. Peserta didik 24 dan 25 memiliki nilai *pre-test* yang sudah mencapai 75 (KKTP) sebelum diberikan perlakuan, yang dikenal sebagai *ceiling effect*, yaitu ketika peserta didik memasuki pembelajaran dengan skor awal yang sudah tinggi sehingga ruang peningkatan skor menjadi terbatas (Staus dkk., 2021). Peserta didik 1, 10, 12, 17, dan 19 mengalami kesulitan pada indikator ketiga literasi sains yaitu menafsirkan data dan bukti secara ilmiah, karena kurang memiliki pemahaman dasar tentang statistik atau matematika probabilitas, kurang terampil dalam membaca grafik dan tabel, serta kurang memiliki pengalaman dalam belajar analisis data (Permatasari dan Heriansyah, 2024), di mana kemampuan memahami dan menggunakan berbagai jenis representasi serta melakukan konversi antar representasi tersebut memerlukan

beban kognitif yang lebih tinggi (Ruf dkk., 2026).

Indikator menjelaskan fenomena secara ilmiah menghasilkan N-Gain sebesar 0,72 (kategori tinggi), namun merupakan indikator terendah di antara ketiga indikator karena pada E-LKPD kegiatan indikator tersebut tidak dominan sehingga peserta didik kurang berlatih dalam memahami fenomena pencemaran air tambak. Indikator mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah menghasilkan N-Gain paling tinggi (0,81) meskipun secara teoritis level kognitifnya paling sulit, karena pada indikator tersebut dilatih dengan dua fitur (*Eco-Solve* dan *Eco-Proof*) sehingga peserta didik lebih mendalami karena banyak kegiatan yang memberikan pengalaman langsung (*hands-on experience*) dalam mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah (Alvina dkk., 2025). Indikator menafsirkan data dan bukti secara ilmiah menghasilkan N-Gain sebesar 0,77 (kategori tinggi), yang didukung oleh kegiatan pada fitur *Eco-Proof* (tahap uji dan evaluasi). Namun demikian, N-Gain indikator ini lebih rendah dibandingkan indikator kedua karena peserta didik

dituntut untuk mengusulkan tindakan berbasis data (misalnya penetralan pH dengan pengapuran, penggantian air berkala, pemantauan rutin) yang memerlukan kemampuan menghubungkan data dengan solusi praktis, di mana kemampuan ini memang telah dilatih dalam E-LKPD tetapi tidak seintensif indikator kedua karena indikator ketiga lebih banyak dilatih pada tahap akhir pembelajaran (fitur *Eco-Share*).

Secara singkat dan jelas uraikan hasil yang diperoleh dan dilengkapi dengan pembahasan yang mengupas tentang hasil yang telah didapatkan dengan teori pendukung yang digunakan.

D. Kesimpulan

E-LKPD berbasis STEM pada materi pencemaran air yang dikembangkan memenuhi kriteria kelayakan dengan kategori sangat valid (93,50%). Dari segi kepraktisan, E-LKPD tergolong sangat praktis dengan capaian keterlaksanaan aktivitas siswa sebesar 96,21% serta tanggapan positif peserta didik sebesar 97,71%. E-LKPD terbukti efektif dalam melatih literasi sains peserta didik dengan peningkatan

rerata nilai pre-test (46,28) menjadi post-test (88,12). Perolehan skor N-Gain sebesar 0,78 termasuk dalam kategori tinggi. Meningkatnya seluruh indikator literasi sains menunjukkan bahwa E-LKPD mampu melatih kemampuan tersebut secara menyeluruh.

Saran yang diberikan yaitu manajemen waktu pembelajaran agar lebih baik agar seluruh rangkaian kegiatan E-LKPD berbasis STEM dapat dilaksanakan secara maksimal. Selain itu, ketersediaan perangkat laptop perlu dipastikan satu per kelompok atau idealnya satu per peserta didik, serta koneksi internet yang stabil perlu disiapkan sebelum pembelajaran dimulai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvina, S., Mellyzar, M., & Zahara, S. R. (2025). Hands-On, Minds-On: The Impact of Home-Based Experiments on Scientific Process Skills of Indonesian Middle School Students. *Science Education International*, 36(3), 341-348.
- Anggrawina, A. A. W., & Fitrihidajati, H. (2025). Validitas dan Kepraktisan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Interaktif Berorientasi Project Based Learning pada Materi Perubahan Lingkungan untuk Melatihkan

- Keterampilan Berpikir Kritis. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 14(2), 483-491.
- Angjelina, P., & Riandi, R. (2023). Analisis Literatur: Aspek-Aspek Positif dan Keterbatasan Pembelajaran STEM. *Natural: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 10(2), 83-91.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (2021). *Produksi Dan Nilai Produksi Perikanan Budidaya Tambak Sederhana Dan Tambak Semi Intensif Menurut Kabupaten/Kota Dan Jenis Budidaya di Provinsi Jawa Timur, 2021*.
- Febiola, D., Annisa, N., Artika, R., & Andikos, A. F. (2024). Challenges and Solutions in the Implementation of Technology-Based Learning Models. *TOFEDU: The Future of Education Journal*, 3(4), 972-976.
- Fuddah, L., & Nuha, U. (2026). Pengembangan E-LKPD Berbasis Science, Environment, Technology, and Society (SETS) Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 6(1), 15-24.
- Hidayati, N. A. R., & Indana, S. (2025). Pengembangan Flipbook Pada Materi Keanekaragaman Hayati Untuk Melatihkan Keterampilan Literasi Sains Siswa Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (Bioedu)*, 14(1), 32-44.
- Ifah, A. N., Widiyatmoko, A., Parmin, P., & Eralita, N. (2025). The Influence of E-Modul Teaching Materials Based on Science Technology Engineering Mathematics (STEM) on Global Warming Material on Students' Science Literacy Skills. *Journal of Environmental and Science Education*, 5(1), 46-54.
- Istiani, N., & Malichatin, H. (2025). A STEM-based student worksheet utilizing local waste with SDGs orientation to improve scientific literacy. *THABIEA: JOURNAL OF NATURAL SCIENCE TEACHING*, 8(2), 136-148.
- Afriani, G., Sa'diyah, S., Krisnawati, N., Husnita, L., & Komariah, N. (2025). Teachers as digital facilitators: Navigating the shift from content delivery to learning design. *vol, 3*, 390-396.
- Malik, M. S., Indrawati, D., Wati, I. F., Wardani, H. K., Putri, M. V., & Safitri, D. W. (2026). Transformasi Pembelajaran Sains Kontekstual di Sekolah Dasar Pedesaan Menuju Quality Education. *Paedagogie*, 21(1), 431-440.
- Ma'rufah, S. M. R. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik-Elektronik (E-Lkpd) Lumut Berbasis Pendekatan Saintifik Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (Bioedu)*, 12(1), 001-015.
- Mulia, M., Susantini, E., & Indana, S. (2024). Optimizing Scientific Literacy: A Comprehensive

- Examination Of The Effectiveness Of Problem-Based Learning. *International Journal Of Current Educational Research*, 3(1), 17-28.
- Novita, I., & Qomariyah, N. (2025). Validitas E-LKPD Berbasis Literasi Sains Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Sistem Pencernaan Manusia. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (Bioedu)*, 14(1), 232-239.
- Nuai, A., & Nurkamiden, S. (2022). Urgensi kegiatan praktikum dalam pembelajaran ilmu pengetahuan alam di sekolah dasar dan menengah. *SEARCH: Science Education Research Journal*, 1(1), 48-63.
- OECD. (2023b). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Pak, D., Désiron, J. C., & Schneider, S. (2026). Beauty is the eye of the beholder: Introducing the visual aesthetic principle for multimedia instructional design and how it is moderated by learners' creativity. *Computers & Education*, 105671.
- Parisu, C. Z. L., Saputra, E. E., & Lasisi, L. (2025). Integrasi Literasi Sains Dan Pendidikan Karakter Dalam Pembelajaran IPA Di Sekolah Dasar. *Journal Of Human And Education (JAHE)*, 5(1), 864-872.
- Permatasari, N., & Heriansyah, H. (2024). Dampak Pembelajaran Diferensiasi dan PBL Terhadap Keterampilan Literasi Sains Peserta Didik di Sekolah Terpencil. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 8(3), 1177-1204.
- Prajoko, S., Sukmawati, I., Maris, A. F., & Wulanjani, A. N. (2023). Project based learning (pjb) model with stem approach on students' conceptual understanding and creativity. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(3), 401-409.
- Putri, M. F. A., Astuti, N., Miranti, M. G., & Dewi, I. H. P. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis Liveworksheet Pada Pokok Bahasan Produk Hidangan Dari Mie Untuk Peserta Didik Fase F. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 10(1), 570-575.
- Redo, K. D. W., Haris, A., & Wahyuni, A. S. A. (2025). Analysis of Students' Scientific Literacy Skills in Physics Learning in High School Students in Makassar City. *Pinisi Journal of Education*, 5(1), 193-206.
- Ruf, V., Thüs, D., Malone, S., Küchemann, S., Becker-Genschow, S., Vogel, M., ... & Kuhn, J. (2026). A Systematic Review of Empirical Research on Graphing Numerical Data in K-12 STEM Education: V. Ruf et al. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 24(3), 28.

- Sabila, S., Tanjung, I. F., & Jayanti, U. N. A. D. (2023). Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa pada Materi Bioteknologi: Development of STEM-based E-LKPD to improve student's science literacy skills on biotechnology material. *BiosciED: Journal of Biological Science and Education*, 4(1), 33-43.
- Sihombing, A. D., Rangkutty, S. M., Novianti, C., Umayya, E. F., Zahra, M., Shalsabila, S., & Mecca, Z. A. (2024). Studi Literatur: Analisis Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik Pada Pembelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Inklusif*, 8(12).
- Sinyanyuri, S., Utomo, E., Sumantri, M. S., & Iasha, V. (2022). Literasi sains dan asesmen kompetensi minimum (AKM): Integrasi bahasa dalam pendidikan sains. *Jurnal Basicedu*, 6(1), 1331-1340.
- Staus, N. L., O'Connell, K., & Storksdieck, M. (2021, July). Addressing the ceiling effect when assessing STEM out-of-school time experiences. In *Frontiers in education* (Vol. 6, p. 690431). Frontiers Media SA.
- Susanto, N. W., & Hermina, D. (2024). Peningkatan daya saing sekolah melalui implementasi platform pendidikan nasional berbasis teknologi di Indonesia. *Management of Education: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 10(2), 85-98.
- Thiagarajan, S. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook.
- Trihandi, S., Hikmah, N., & Sintasari, D. P. (2025). Pemanfaatan E-LKPD Berbasis Kearifan Budaya Lokal pada Pembelajaran Bahasa Indonesia di SD Lampung Utara. *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia Metalingua*, 10(2), 200-205.