

## PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* (PBL) DAN *GALLERY WALK* PADA MATERI PERUBAHAN LINGKUNGAN UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA

### *Development Of E-LKPD based on Problem Based Learning (PBL) and Gallery Walk on Environmental Change to Improve Train Critical Thinking Skills in Class X Of High School Students*

**Erviana Novitasari**

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

*e-mail:* [erviana.22123@mhs.unesa.ac.id](mailto:erviana.22123@mhs.unesa.ac.id)

**Tarzan Purnomo**

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

*e-mail:* [tarzanpurnomo@unesa.ac.id](mailto:tarzanpurnomo@unesa.ac.id)

Keterampilan berpikir kritis yaitu keterampilan kunci yang harus dikembangkan dalam pendidikan abad ke-21. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* pada materi perubahan lingkungan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA yang layak dikaji berdasarkan validitas, kepraktisan, dan keefektifannya. Model pengembangan yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu 4-D yang terdiri atas tahapan *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli, lembar observasi keterlaksanaan, lembar angket respons siswa, serta lembar *pre-test* dan *post-test*. Percobaan dilakukan pada 20 siswa kelas X di SMA Negeri 1 Gresik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD menghasilkan validitas yang sangat valid sebesar 96,1%, dinyatakan sangat praktis dengan pencapaian keterlaksanaan yang sangat praktis sebesar 98,5% dan respons siswa sebesar 98,6%, kemudian dinyatakan sangat efektif dengan mengacu pada hasil penyelesaian pembelajaran siswa berdasarkan KKTP sebesar 100% dan pencapaian keterampilan berpikir kritis kategori tinggi melalui perolehan *n-gain* 0,81. Berdasarkan penelitian ini, ELKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* pada materi perubahan lingkungan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA dinyatakan valid, praktis dan efektif untuk digunakan sebagai bahan ajar dalam melatih keterampilan berpikir kritis siswa.

**Kata Kunci:** *Penelitian Pengembangan E-LKPD, Validitas E-LKPD, Kepraktisan E-LKPD dan Keefektifan E-LKPD.*

*Critical thinking skills are key skills that must be developed in 21st century education. This research is a development research that aims to produce E-LKPD based on Problem Based Learning (PBL) and Gallery Walk on environmental change material to improve high school students' critical thinking skills that are worthy of being studied based on their validity, practicality, and effectiveness. This research uses a 4-D development model that includes the stages of define, design, develop, and disseminate. The research instruments include expert validation sheets, implementation observation sheets, student response questionnaire sheets, and pre-test and post-test sheets. The experiment was conducted on 20 grade X students at SMA Negeri 1 Gresik. The results showed that E-LKPD produced a very valid validity of 96.1%, was declared very practical with the achievement of very practical implementation of 98.5% and student responses of 98.6%, then was declared very effective with reference to the results of student learning completion based on KKTP of 100% and the achievement of high category critical thinking skills through the acquisition of n-gain 0.81. Based on this research, ELKPD based on Problem Based Learning (PBL) and Gallery Walk on environmental change material to improve high school students' critical thinking skills is declared valid, practical and effective to be used as teaching material in training students' critical thinking skills.*

**Keywords:** *Research on the Development of E-LKPD, Validity of E-LKPD, Practicality of E-LKPD and Effectiveness of E-LKPD.*

## PENDAHULUAN

Kemajuan abad ke-21 menuntut siswa memiliki kemampuan kognitif yang tinggi, terutama kemampuan berpikir kritis, untuk menilai data, mengenali masalah, dan menghasilkan jawaban rasional dalam situasi praktis. Kemampuan ini penting karena pendidikan modern menuntut agar siswa mampu menganalisis informasi dan mencapai kesimpulan yang beralasan (Wardani, 2023). Temuan dari berbagai penelitian mengindikasikan kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia belum berkembang secara optimal. Hanya 31% siswa Indonesia yang mencapai tingkat kompetensi dasar dalam

berpikir kreatif, yang mencakup aspek berpikir kritis, menurut laporan PISA 2022. Kondisi ini menunjukkan capaian yang masih tertinggal secara signifikan dibandingkan dengan rata-rata OECD yang mencapai 78%. Penelitian dari sejumlah sekolah, antara lain SMA Negeri 4 Tasikmalaya dan SMAN 9 Pekanbaru, mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa di biologi masih sedang-rendah (Ramdani *et al.*, 2024; Lasmana dan Idris, 2020). Siswa memiliki lebih sedikit kesempatan untuk memeriksa materi, berbagi perspektif, atau menilai masalah secara mandiri karena kemampuan yang rendah terkait erat dengan model pembelajaran standar (Johar dan Hanum, 2021).

Perubahan lingkungan adalah salah satu tema biologi yang menuntut kemampuan berpikir kritis (Nahriyah & Rachmadiarti, 2023). Siswa harus memahami bagaimana komponen ekosistem saling terhubung, menilai bagaimana aktivitas manusia memengaruhi keseimbangan lingkungan, dan mengembangkan solusi untuk berbagai masalah ekologi, termasuk polusi, pemanasan global, dan kerusakan lingkungan (Hidayah dan Kuntjoro, 2022). Berdasarkan temuan di SMA Negeri 1 Gresik, siswa tetap kesulitan memahami materi perubahan lingkungan. Proses pembelajaran masih bergantung pada buku paket, guru belum memanfaatkan media pembelajaran digital seperti E-LKPD, serta kemampuan berpikir kritis siswa belum dikembangkan dengan baik oleh metodologi pengajaran yang digunakan. Selain itu, sebagian besar siswa belum pernah ikut pembelajaran model *Problem Based Learning* (PBL) maupun strategi *Gallery Walk*, sehingga interaksi antarsiswa, diskusi kritis, serta evaluasi sejawat belum berkembang secara maksimal. Situasi ini menyoroti perlunya kemajuan pembelajaran yang berbasis aktivitas, berarti, dan mengacu pada keterampilan abad ke-21.

Karena menempatkan siswa di pusat pembelajaran melalui pemecahan masalah kontekstual, *Problem Based Learning* (PBL) adalah metode pembelajaran yang relevan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. PBL mengajarkan peserta didik bagaimana mengenali masalah, mencari dan memproses informasi, mengevaluasi bukti, dan menghasilkan solusi dengan menggunakan logika ilmiah (Karomah dan Purnomo, 2025). Model ini juga terbukti mampu menunjang kemampuan komunikasi, kolaborasi, dan keterampilan HOTS (Nurmilasari *et al.*, 2025). Namun, dalam pelaksanaannya, PBL masih menghadapi beberapa kendala, seperti kurangnya perhatian siswa terhadap hasil kerja kelompok lain serta minimnya proses refleksi dan evaluasi sejawat, sehingga pemahaman siswa terhadap materi belum terbentuk secara menyeluruh (Nisak & Susantini, 2023).

Salah satu strategi pembelajaran yang relevan untuk melengkapi penerapan PBL adalah *strategi Gallery Walk*. *Gallery Walk* merupakan teknik pembelajaran di mana siswa mempresentasikan hasil kerja kelompok, kemudian peserta didik lainnya bergerak mengamati, berdiskusi, serta memberikan tanggapan terhadap hasil kerja tersebut (Handayani, 2022). Setiap siswa memiliki kesempatan untuk bertukar ide, mendapatkan masukan, dan memperdalam pemahaman mereka dalam lingkungan belajar yang lebih terbuka dan kolaboratif berkat taktik ini. Ketika strategi *Gallery Walk* dikombinasikan dengan PBL, siswa terdorong untuk benar-benar memahami materi yang dipelajari. Pada pembelajaran PBL tanpa penguatan strategi tertentu, siswa cenderung hanya berfokus pada penyelesaian tugas kelompoknya sendiri dan kurang memperhatikan presentasi atau hasil kerja kelompok lain. Melalui *Gallery Walk*, setiap siswa dituntut untuk memahami seluruh hasil kerja kelompok lain karena sewaktu-waktu mereka dapat diminta menjelaskan atau menanggapi, dan ketidakmampuan dalam menjawab akan berdampak pada penilaian kelompok. Kondisi ini mendorong siswa untuk “terpaksa fokus” secara positif, sehingga mereka lebih serius mempelajari materi, lebih aktif berdiskusi, serta lebih teliti dalam memahami setiap bagian pekerjaan. Selain itu, strategi ini memperkuat proses refleksi dan komunikasi ilmiah serta memungkinkan siswa melihat berbagai perspektif dan cara berpikir dari teman sekelas, sehingga pemahaman mereka lebih dalam dan lebih komprehensif tentang subjek tersebut.

Agar proses pembelajaran berbasis PBL dan *Gallery Walk* dapat berjalan secara sistematis dan terarah, diperlukan media pembelajaran yang mampu memfasilitasi langkah-langkah penyelidikan ilmiah dengan baik. Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) menjadi salah satu solusi yang relevan karena menyediakan ruang belajar interaktif yang dapat diakses secara fleksibel, memuat materi, aktivitas penyelidikan, serta lembar diskusi dan refleksi yang mendukung keterampilan berpikir kritis siswa (Dhara, 2024; Putra, 2025). Kurikulum Merdeka dan kebutuhan pembelajaran abad ke-21 memfokuskan pembelajaran mandiri tapi tetap aktif dalam proses pembelajaran, juga terpenuhi melalui penggunaan E-LKPD, yang membebaskan guru untuk lebih berperan sebagai pembimbing dan fasilitator.

Pengembangan E-LKPD telah banyak diteliti hingga saat ini, tetapi masih sedikit penelitian yang secara bersamaan menggabungkan pendekatan *Gallery Walk* dengan model PBL, khususnya terkait dengan modifikasi lingkungan. Karena mengintegrasikan baik proses penelusuran maupun tinjauan sejawat melalui debat terbuka, kombinasi kedua pendekatan ini justru dapat lebih membantu dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Dalam upaya meningkatkan standar pembelajaran biologi di SMA, menjadi penting untuk mengadopsi E-LKPD berbasis PBL dan *Gallery Walk* pada materi

perubahan lingkungan. Selain itu, karena mendorong literasi lingkungan dan pengetahuan siswa terhadap permasalahan ekologi global, inovasi ini mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) nomor 4 tentang pendidikan berkualitas dan SDGs nomor 13 tentang aksi iklim. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada materi perubahan lingkungan.

## METODE

Guna meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, desain penelitian mengikuti pendekatan 4-D dari Thiagarajan, Semmel, dan Semmel, yang meliputi empat tahap utama: *define* (menentukan), *design* (merancang), *develop* (mengembangkan), dan *disseminate* (menyebarkan). Tahap pengembangan produk penelitian dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, dari Juli hingga Oktober 2025. Uji coba pembelajaran yang memanfaatkan E-LKPD berbasis PBL dan *Gallery Walk* kemudian dilakukan pada Desember 2025 di SMA Negeri 1 Gresik.

Tahap pertama yaitu *define* (pendefinisian) dilakukan analisis kurikulum, analisis karakteristik siswa, analisis ide, analisis tugas, dan pembuatan tujuan pembelajaran. Siswa belum terbiasa menganalisis masalah lingkungan atau memberikan presentasi terbuka karena pembelajaran masih berfokus pada buku teks, E-LKPD belum pernah digunakan, dan pendekatan PBL serta *Gallery Walk* belum pernah diterapkan. Temuan ini diperoleh melalui observasi kelas biologi dan wawancara dengan guru. Langkah ini menjamin bahwa E-LKPD yang dibuat relevan dengan kebutuhan sekolah, karakteristik siswa, dan ketentuan kurikulum.

Tahap kedua yaitu *design* (perencanaan) merupakan proses merancang seluruh komponen E-LKPD berdasarkan hasil analisis tahap *define*. Pada tahap ini disusun rancangan prototipe awal mencakup penyusunan tujuan pembelajaran, penyajian masalah kontekstual berbasis PBL, rancangan aktivitas diskusi dan eksplorasi, alur *Gallery Walk*, serta penyusunan fitur-fitur seperti *Bio-News*, *Bio-Talk*, *Bio-Scope*, *Bio-Campaign*, *Bio-Walk*, dan *Bio-Reflect* yang semuanya dirancang untuk menstimulasi keterampilan berpikir kritis peserta didik (interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, dan refleksi) mengacu pada indikator Facione (2015). Tahap ini juga menghasilkan rancangan instrumen validasi, lembar observasi, angket respon siswa, dan penyusunan soal *pre-test* dan *post-test*.

Tahap ketiga yaitu *develop* (pengembangan) dilakukan dengan mewujudkan produk E-LKPD berdasarkan rancangan tahap *design*. Produk kemudian divalidasi oleh dua validator ahli yaitu ahli materi dan ahli pendidikan. Validasi menilai kelayakan isi, kesesuaian sintaks PBL dan *Gallery Walk*, kebahasaan, serta tampilan media. Masukan yang diberikan validator dimanfaatkan sebagai dasar revisi hingga E-LKPD dinyatakan layak uji coba. Setelah revisi, dilakukan uji coba terbatas kepada 20 peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Gresik, dengan pelaksanaan pembelajaran yang mengikuti sintaks PBL dan kegiatan *Gallery Walk*. Uji coba ini bertujuan menilai tingkat kepraktisan serta keefektifan E-LKPD dilihat dari observasi keterlaksanaan, respon siswa, dan hasil belajar keterampilan berpikir kritis *pre-test* dan *post-test*. Tahap keempat yaitu *disseminate* (penyebaran) dilakukan dalam bentuk penyebaran terbatas sesuai ruang lingkup model 4-D. Pada Penyebaran dilakukan melalui artikel melalui jurnal bioedu UNESA.

Instrumen yang digunakan meliputi lembar validasi, lembar observasi pelaksanaan, angket respon siswa, serta *pre-test* dan *post-test*. Dengan nilai 1 (tidak valid), 2 (cukup valid), 3 (valid), dan 4 (sangat valid), lembar validasi menggunakan skala Likert dengan rentang 1 hingga 4. Skala Guttman dengan alternatif Ya (1) dan Tidak (0) digunakan dalam lembar observasi dan angket respon siswa. Tes kemampuan berpikir kritis dibuat menggunakan indikator Facione (2015) dan diberikan baik sebelum maupun setelah proses pembelajaran.

Teknik analisis data dilakukan secara kuantitatif deskriptif yang meliputi analisis validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Validitas dihitung dengan rumus:

$$\text{Validitas (\%)} = \left( \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimal}} \right) \times 100 \%$$

dan diinterpretasikan menggunakan kriteria Riduwan (2016), dengan batas minimal 75% untuk dinyatakan valid. Kepraktisan dihitung dengan rumus:

$$\text{Kepraktisan (\%)} = \left( \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimal}} \right) \times 100 \%$$

dan E-LKPD dinyatakan praktis apabila memperoleh  $\geq 75\%$ . Keefektifan dianalisis melalui ketuntasan belajar dan *N-gain*. Ketuntasan dihitung melalui rumus:

$$\text{Ketuntasan (\%)} = \left( \frac{\text{Jumlah siswa tuntas}}{\text{Jumlah seluruh siswa}} \right) \times 100 \%$$

dengan kriteria tuntas apabila nilai *post-test* mencapai minimal KKTP 75 sesuai standar sekolah.

Untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis digunakan rumus *N-gain* dari Hake (1998):

$$N(g) = \left( \frac{\text{skor posttest} - \text{skor pretest}}{\text{skor maksimal} - \text{skor pretest}} \right) \times 100\%$$

yang kemudian diinterpretasikan pada kategori rendah, sedang, atau tinggi. Produk dikategorikan efektif ketika rata-rata *N-gain* pada kategori sedang-tinggi dengan batas minimal 0,7.

Melalui rangkaian tahapan tersebut, E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* dinilai berdasarkan tingkat validitas, kepraktisan, dan keefektifannya, sehingga diperoleh gambaran komprehensif mengenai kualitas media pembelajaran.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menyajikan data dengan wujud hasil pengembangan E-LKPD, hasil validasi, kepraktisan serta keefektifan terhadap E-LKPD yang disusun. Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut mengenai perolehan data hasil berdasarkan penelitian yang dilaksanakan.

### Hasil Pengembangan E-LKPD

Pengembangan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* pada materi perubahan lingkungan dilakukan melalui tahapan model 4D yang meliputi *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Tahap *define* digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan lapangan, analisis peserta didik, analisis tugas, serta analisis konsep yang relevan dengan materi pencemaran lingkungan. Hasil analisis mengindikasikan bahwa peserta didik membutuhkan media interaktif yang mampu memfasilitasi latihan berpikir kritis melalui kegiatan analitis, diskusi, hingga refleksi, sehingga E-LKPD dirancang untuk menuntun siswa mengikuti proses pemecahan masalah secara terstruktur.

Komponen kunci seperti petunjuk penggunaan, tujuan pembelajaran, keberhasilan pembelajaran, ringkasan materi, lembar aktivitas, dan fitur keterampilan berpikir kritis (*Bio-News*, *Bio-Talk*, *Bio-Scope*, *Bio-Campaign*, *Bio-Walk*, dan *Bio-Reflect*) semuanya merupakan bagian dari tahap perancangan E-LKPD. Setiap elemen disusun sesuai dengan sintaks PBL, memastikan alur aktivitas mengarahkan siswa melalui identifikasi masalah, eksplorasi informasi, pengembangan solusi, penilaian, dan refleksi terhadap proses pembelajaran.

Tahap *develop* meliputi penyempurnaan produk berdasarkan masukan validator materi dan media, kemudian dilanjutkan uji coba pada 20 peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Gresik. Pada tahap ini, E-LKPD dinyatakan layak setelah direvisi sesuai catatan validator, terutama pada aspek kebahasaan, kemenarikan tampilan, dan kesesuaian langkah kegiatan dengan sintaks PBL serta prosedur *Gallery Walk*. Tahap *disseminate* dilakukan melalui penyusunan dan publikasi artikel ilmiah. Produk akhir berupa E-LKPD yang dapat diakses secara daring melalui [link https://bit.ly/49XmXNi](https://bit.ly/49XmXNi) untuk E-LKPD I dan <https://bit.ly/4qM84o7> untuk E-LKPD II pada platform *Liveworksheet*. Berikut merupakan tampilan cover pada E-LKPD yang didesain.








Gambar 1. E-LKPD 1



Gambar 2. E-LKPD 2

E-LKPD pada penelitian ini juga memuat fitur-fitur yang telah menyesuaikan dengan tahapan dari model PBL serta indikator berpikir kritis yang hendak dilatihkan. Berikut merupakan deskripsi fitur-fitur E-LKPD yang disusun.

**Tabel 1.** Deskripsi Fitur E-LKPD berbasis PBL dan *Gallery Walk*

Tampilan Fitur	Deskripsi
	Fitur ini berisi artikel tentang pencemaran air yang berfungsi sebagai stimulus awal pembelajaran. Melatih keterampilan interpretasi, mendukung fase 1 mengorientasikan siswa pada masalah (PBL) dan pemberian topik/permasalahan ( <i>Gallery Walk</i> ).
	Fitur ini berisi kegiatan diskusi kelompok untuk mengkaji penyebab, dampak, dan solusi pencemaran air. Melatih analisis, mendukung fase 2 mengorganisasi siswa untuk belajar (PBL) dan pembentukan kelompok ( <i>Gallery Walk</i> ).
	Fitur ini memfasilitasi dalam melakukan penyelidikan melalui perancangan eksperimen sederhana mengenai dampak pencemaran air terhadap makhluk hidup. Melatih eksplanasi, mendukung fase 3 membimbing penyelidikan (PBL) dan penyusunan karya ( <i>Gallery Walk</i> ).
	Fitur ini digunakan untuk membuat hasil eksperimen dan media kampanye edukatif terhadap pencemaran air. Melatih inferensi, mendukung fase 4 mengembangkan dan menyajikan hasil karya (PBL) dan <i>display</i> karya ( <i>Gallery Walk</i> ).
	Fitur ini berisi ruang untuk mengamati dan mengevaluasi karya kelompok lain secara bergantian. Melatih evaluasi, mendukung fase 5 menganalisis dan mengevaluasi proses dan hasil pemecahan masalah (PBL) dan <i>walk around</i> ( <i>Gallery Walk</i> ).
	Fitur ini merupakan ruang untuk merefleksikan proses dan hasil eksperimen. Melatih refleksi diri, menjadi bagian akhir dari fase 5 mengevaluasi proses dan hasil pemecahan masalah (PBL) dan evaluasi dan refleksi ( <i>Gallery Walk</i> ).

Pembuatan E-LKPD, yang berbasis pada PBL dan *Gallery Walk*, menunjukkan bahwa materi yang dihasilkan telah direncanakan secara metodis dan disesuaikan dengan kebutuhan pendidikan biologi, terutama terkait dengan topik perubahan lingkungan, yang mencakup gagasan seperti pencemaran lingkungan, faktor penyebab kerusakan ekosistem, dampak aktivitas manusia terhadap keseimbangan lingkungan, serta upaya konservasi dan pemulihan kerusakan lingkungan. Upaya memfasilitasi siswa memahami keterhubungan antara konsep biologi dan tantangan lingkungan dalam kehidupan sehari-hari, konten disajikan secara kontekstual dengan mengaitkan fenomena dunia nyata seperti pencemaran tanah, air, dan udara. Produk dapat dihasilkan melalui proses analisis kebutuhan, perancangan yang terorganisir,

pengembangan yang diinformasikan oleh para ahli, dan distribusi produk secara online berkat tahap pengembangan model 4D. Hal ini mendukung gagasan yang dikemukakan oleh Thiagarajan *et al.* bahwa model 4D bekerja dengan baik untuk menciptakan sumber daya pendidikan karena menyoroti seberapa baik hasil akhir sesuai dengan tuntutan dan tujuan belajar siswa.

Fitur *Bio-News*, *Bio-Talk*, *Bio-Scope*, *Bio-Campaign*, *Bio-Walk*, dan *Bio-Reflect* diintegrasikan ke dalam e-LKPD untuk melatih keterampilan berpikir kritis selain menyediakan konten dan soal latihan. Materi setiap fitur disusun secara bertahap, dimulai dengan pemahaman ide-ide dasar tentang perubahan lingkungan dan diakhiri dengan analisis contoh nyata. Misalnya, fungsi *Bio-News* memperkenalkan siswa pada berita atau artikel tentang masalah lingkungan kontemporer, memungkinkan mereka mengenali tantangan ekologi dengan tepat. Sementara *Bio-Campaign* menantang siswa untuk menciptakan solusi atau mengadvokasi perlindungan lingkungan sebagai cara untuk menerapkan konsep yang telah mereka pelajari, fitur *Bio-Scope* mengarahkan siswa untuk melakukan pengamatan dasar atau analisis data mengenai tanda-tanda kerusakan lingkungan. Untuk membantu siswa mengidentifikasi masalah, melakukan penelitian berdasarkan gagasan perubahan lingkungan, menciptakan solusi yang terkait dengan sains, dan melaporkan hasil pembelajaran mereka, setiap elemen diatur sesuai dengan sintaks PBL. Pembelajaran konstruktivis dan kontekstual, di mana siswa memperoleh informasi melalui pengalaman langsung, didukung oleh integrasi ini (Arends, 2012).

Selain itu, pemanfaatan teknik *Gallery Walk* pada E-LKPD meningkatkan prosedur pembelajaran berbasis masalah, terutama dalam membantu siswa memahami materi tentang perubahan lingkungan. Selain berfokus pada hasil kelompok mereka sendiri, siswa harus membandingkan analisis yang berbeda mengenai penyebab dan dampak perubahan lingkungan serta mengevaluasi kesesuaian solusi yang diajukan oleh kelompok lain melalui latihan-latihan seperti berjalan mengelilingi dan menilai karya kelompok lain. Latihan ini memperluas pemahaman konseptual siswa dengan memungkinkan mereka mempertimbangkan masalah lingkungan dari berbagai pemikiran ilmiah. Selain itu, siswa secara tidak langsung memperkuat pemahaman materi dengan mengevaluasi dan memperjelas konsep ketika mereka melihat poster atau hasil diskusi kelompok lain. Selain meningkatkan kualitas percakapan dan interaksi siswa, kondisi ini mengajak siswa untuk berpikir lebih kritis dan mendalam. Sesuai pernyataan Handayani (2022) bahwa *Gallery Walk* dapat meningkatkan evaluasi teman sebaya dalam pembelajaran.

### Validitas E-LKPD

Dua validator seorang ahli materi dan seorang ahli pendidikan menilai E-LKPD untuk menentukan tingkat validitasnya. Tiga komponen utama penilaian adalah topik, bahasa, dan penyajian. Dengan persentase 96,1%, skor keseluruhan menunjukkan bahwa E-LKPD berada pada kategori sangat valid, yang berarti dapat digunakan sebagai alat pembelajaran untuk mendukung siswa menunjang kemampuan berpikir kritis mereka. Pada komponen penyajian, validator menilai tampilan E-LKPD sangat baik dengan struktur layout yang konsisten, pemilihan warna yang proporsional, serta navigasi yang mudah dipahami siswa. Komponen kebahasaan memperoleh penilaian sangat valid dengan catatan perbaikan pada beberapa kalimat agar lebih komunikatif dan sesuai kaidah EYD. Komponen isi mendapatkan skor tinggi karena kesesuaian antara tujuan pembelajaran, materi pencemaran lingkungan, dan kegiatan dalam fitur berpikir kritis yang mengikuti sintaks PBL serta *Gallery Walk*.

E-LKPD berbasis PBL dan *Gallery Walk* yang dibuat diklasifikasikan sangat valid, menurut hasil validasi. Tingkat validitas yang tinggi ini menunjukkan bahwa produk sepenuhnya memenuhi persyaratan kelayakan bahasa, isi, dan penyajian. E-LKPD telah disusun selaras dengan ketentuan kurikulum dan karakteristik siswa, sebagaimana dibuktikan oleh kesesuaian antara tujuan pembelajaran, materi perubahan lingkungan yang mencakup konsep pencemaran, kerusakan ekosistem, faktor penyebab perubahan lingkungan, dampaknya terhadap makhluk hidup, dan upaya pelestarian, dengan aktivitas pembelajaran yang dirancang. Selain menekankan pemahaman konseptual, konten juga dikaitkan dengan kejadian nyata di sekitar siswa, membantu mereka membuat hubungan antara teori dan penerapan praktis.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Validasi E-LKPD

No.	Komponen yang ditelaah	P	K
<b>A. Komponen Penyajian</b>			
1.	Desain Cover	87,5	SV
2.	Kesesuaian Judul	100	SV
3.	Kelengkapan Komponen	100	SV
4.	Tipografi Teks	100	SV
5.	Visual Media	87,5	SV
6.	Petunjuk Penggunaan dan Pengerjaan	100	SV
7.	Memuat Fitur Berpikir Kritis	100	SV
8.	Memuat Daftar Pustaka	100	SV
9.	Kesesuaian Model Pembelajaran	87,5	SV
10.	Akses Internet	100	SV
11.	Akses Perangkat	87,5	SV
12.	Platform <i>liveworksheet</i>	87,5	SV
13.	Kolom Jawaban	100	SV
14.	Skalabilitas Tampilan	100	SV
15.	Akses Tautan	87,5	SV
Rata-rata Kelayakan Penyajian		95	SV
<b>B. Komponen Kebahasaan</b>			
16.	Penggunaan Bahasa	87,5	SV
17.	Bahasa yang digunakan sesuai dengan EYD	87,5	SV
Rata-rata Kelayakan Kebahasaan		87,5	SV
<b>C. Komponen Isi</b>			
18.	Kesesuaian topik dengan materi pembelajaran.	100	SV
19.	Kesesuaian tujuan pembelajaran terhadap kegiatan pembelajaran.	100	SV
20.	Kesesuaian E-LKPD dengan sintaks pada model pembelajaran PBL.	100	SV
21.	Kesesuaian E-LKPD yang dikembangkan dengan langkah-langkah pada metode pembelajaran <i>Gallery Walk</i>	100	SV
22.	Kesesuaian E-LKPD dengan keterampilan berpikir kritis yang dilatihkan.	100	SV
Rata-rata Komponen Isi		100	SV
<b>D. Ketercapaian Keterampilan Berpikir Kritis melalui PBL dan <i>Gallery Walk</i></b>			
23.	E-LKPD mencantumkan indikator keterampilan berpikir kritis yang dilatihkan.	100	SV
24.	E-LKPD melatih indikator interpretasi.	100	SV
25.	E-LKPD melatih indikator analisis.	100	SV
26.	E-LKPD melatih indikator eksplanasi.	100	SV
27.	E-LKPD melatih indikator nterfensi.	87,5	SV
28.	E-LKPD melatih indikator evaluasi.	100	SV
29.	E-LKPD melatih indicator refleksi diri.	100	SV
Rata-rata Ketercapaian Keterampilan Berpikir Kritis melalui PBL dan <i>Gallery Walk</i>		98,2	SV

No.	Komponen yang ditelaah	P	K
Rata-rata Validasi		96,1	SV

Keterangan :

P : Rerata Persentase berdasarkan nilai validator 1 (ahli pendidikan) dan validator 2 (ahli materi)

K : Kategori

SV : Sangat Valid

Presentasi E-LKPD dianggap menarik dan sistematis, yang memudahkan pemahaman siswa terhadap proses pembelajaran. Informasi disampaikan secara bertahap, dimulai dengan pengenalan konsep dasar terkait perubahan lingkungan, diikuti dengan penyajian isu kontekstual seperti polusi atau perusakan habitat, serta tugas-tugas yang membutuhkan analisis dan pemecahan masalah. Navigasi yang jelas dan struktur tata letak yang konsisten memudahkan siswa mengakses setiap fitur. Selain itu, pemahaman siswa terhadap materi diperkuat melalui penggunaan gambar, ilustrasi, dan penulisan berbasis kasus. Hal ini mendukung temuan Rahayu *et al.* (2021), mengemukakan bahwa desain visual yang efektif serta organisasi dalam media digital penting untuk meningkatkan keterbacaan dan kenyamanan siswa selama proses pembelajaran.

Selain itu, komponen bahasa melewati penilaian yang sangat valid, menggambarkan bahwa bahasa yang digunakan mudah dipahami oleh siswa, komunikatif, dan sesuai dengan ejaan bahasa Indonesia yang baku. Untuk membantu siswa memahami topik tanpa mengorbankan ketepatan ilmiah, kata-kata biologi digunakan dalam konten perubahan lingkungan beserta penjelasan yang sederhana. Agar petunjuk kegiatan dapat dipahami dengan benar dan tidak menimbulkan kesalahpahaman, sangat penting bahwa lembar kerja siswa elektronik (E-LKPD) memuat kata-kata yang jelas dan tidak ambigu (Dianita & Romadhon, 2024). Akibatnya, siswa tidak harus kesulitan memahami petunjuk atau informasi, siswa dapat lebih fokus pada pemahaman materi pelajaran. Menurut indikasi Facione (2015), para validator menentukan bahwa materi E-LKPD sesuai dengan sintaks PBL dan langkah-langkah *Gallery Walk*, serta dapat mendorong kemampuan berpikir kritis. Siswa harus menentukan alasan perubahan lingkungan, mengkaji hubungan antara keseimbangan ekosistem dan aktivitas manusia, serta mengembangkan solusi yang dapat diterapkan sebagai bagian dari konten mata pelajaran, yang disusun sebagai masalah dunia nyata. Semua fitur E-LKPD dibuat untuk terus melatih pengaturan diri, interpretasi, analisis, inferensi, penjelasan, dan evaluasi. Selain itu, siswa dapat memperdalam pemahaman mereka tentang materi pelajaran dari berbagai sudut melalui latihan diskusi kelompok dan berbagi informasi melalui *Gallery Walk*. Sesuai dengan penelitian Karomah dan Purnomo (2025), bahwa karena LKPD berbasis PBL mengintegrasikan aktivitas investigatif yang sistematis yang berfokus pada pengembangan berpikir kritis, maka memiliki validitas yang tinggi.

### Kepraktisan E-LKPD

Dua sumber data digunakan untuk menilai kepraktisan E-LKPD kuesioner tanggapan siswa dan observasi pelaksanaan pembelajaran. Dengan rata-rata pelaksanaan sebesar 98,5%, data observasi menunjukkan bahwa pembelajaran melalui E-LKPD I dan E-LKPD II termasuk dalam kategori sangat praktis. Setiap sintaks PBL dapat terlaksana tanpa kendala berarti dan fitur *Gallery Walk* memfasilitasi peserta didik untuk saling bertukar pendapat secara aktif.

Respons peserta didik mengenai penggunaan E-LKPD menunjukkan kategori sangat praktis, dengan persentase 98,6%. Peserta didik menilai bahwa tampilan E-LKPD menarik, kegiatan mudah dipahami, dan fitur berbasis PBL membantu mereka berpikir lebih kritis. Selain itu, format digital membuat siswa lebih termotivasi untuk mengeksplorasi materi melalui aktivitas interaktif.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Keterlaksanaan E-LKPD I dan II

No.	Jenis E-LKPD	Skor (%)	Kategori
1.	E-LKPD I	98,8%	Sangat Praktis
2.	E-LKPD II	98,=1%	Sangat Praktis
Rata-rata		98,5%	Sangat Praktis

**Tabel 4.** Rekapitulasi Angket Respons Peserta Didik

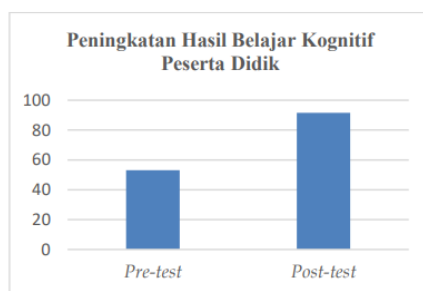
No.	Kriteria	%
<b>A. Kriteria Isi</b>		
1.	Tujuan pembelajaran pada E-LKPD jelas dan dapat dipahami.	100
2.	Petunjuk penggunaan dan petunjuk pengerjaan jelas dan mudah dipahami.	100
3.	E-LKPD melatih peserta didik dalam melaksanakan interpretasi.	100
4.	E-LKPD melatih peserta didik dalam melaksanakan inferensi.	100
5.	E-LKPD melatih peserta didik dalam melaksanakan analisis.	100
6.	E-LKPD melatih peserta didik dalam melaksanakan evaluasi.	100
7.	E-LKPD melatih peserta didik dalam melaksanakan eksplanasi.	100
8.	E-LKPD melatih peserta didik dalam melaksanakan refleksi diri.	100
<b>B. Kriteria Kebahasaan</b>		
9.	Bahasa yang digunakan pada E-LKPD sesuai dengan EYD yang baik dan benar.	100
10.	Istilah yang terdapat dalam E-LKPD mudah dipahami.	95
11.	Font dan ukuran tulisan pada E-LKPD dapat terbaca dengan jelas.	100
12.	Langkah-langkah kegiatan yang ada pada E-LKPD mudah dilaksanakan.	95
<b>C. Kriteria Penyajian</b>		
13.	Tampilan E-LKPD menarik.	100
14.	E-LKPD ini dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep materi.	95
15.	Desain dan isi pada E-LKPD menarik serta mendorong semangat peserta didik dalam belajar.	100
<b>Rata-rata Kriteria Keseluruhan</b>		<b>98,6</b>
<b>Kategori</b>		<b>Sangat Praktis</b>

Kepraktisan E-LKPD ditinjau dari keterlaksanaan pembelajaran serta respon peserta didik berada pada kategori sangat praktis. Tingginya tingkat keterlaksanaan menunjukkan bahwa E-LKPD mampu digunakan dengan mudah oleh guru maupun siswa serta mendukung penerapan sintaks *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* secara efektif. Susunan kegiatan yang sistematis membantu guru dalam memandu proses pembelajaran, sedangkan siswa dapat mengikuti setiap tahapan tanpa mengalami hambatan yang signifikan.

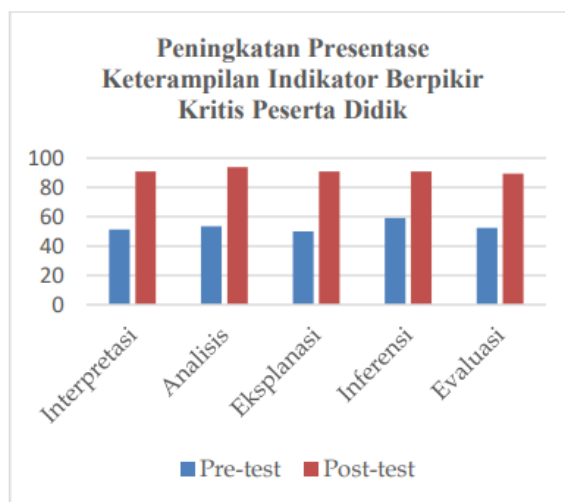
Respon positif dari para siswa menunjukkan bahwa E-LKPD menarik secara visual, mudah dipahami, dan mampu mendorong pengetahuan lebih kontekstual perihal informasi perubahan lingkungan. Penggunaan format digital menyediakan peluang siswa untuk berkolaborasi nyata pada materi dan aktivitas pembelajaran yang mendorong motivasi dan kolaborasi mereka dalam proses belajar. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nurjannah dan Trimulyono (2022) yang mengungkapkan E-LKPD berbasis digital dapat menunjang kolaborasi siswa dan mempermudah penerapan pembelajaran yang berorientasi pada aktivitas. Penerapan strategi *Gallery Walk* turut menunjang keaktifan siswa berdiskusi dan mengevaluasi hasil kerja kelompok lain. Kegiatan ini mengarahkan siswa lebih berkonsentrasi dan bertanggung jawab kepada pemahaman materi karena siswa harus memberikan tanggapan serta penilaian secara langsung. Hasil tersebut sejalan dengan pendapat Silberman (2006) bahwa *Gallery Walk* dapat menciptakan lingkungan belajar yang aktif dengan melibatkan siswa baik secara fisik maupun kognitif.

### Keefektifan E-LKPD

Keefektifan dianalisis menggunakan hasil *pre-test* dan *post-test*, dievaluasi berdasarkan tingkat kualitas belajar siswa serta sejauh mana kemampuan berpikir kritis mereka meningkat. Ketuntasan belajar mencapai 100% karena setiap siswa memperoleh skor lebih tinggi dari KKTP (75). Hal ini menunjukkan bahwa sumber daya dan latihan dalam E-LKPD memberikan pengetahuan yang mendalam bagi siswa tentang konsep perubahan lingkungan. Dengan menggunakan rumus *N-gain*, peningkatan kemampuan berpikir kritis dievaluasi dan memperoleh skor 0,81, yang termasuk ke dalam kategori tinggi. Menggambarkan bahwa setelah mengikuti pembelajaran E-LKPD berbasis PBL dan *Gallery Walk*, siswa mengalami peningkatan positif dalam bidang interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, dan pengaturan diri.



Gambar 1. Grafik Peningkatan Hasil Belajar Peserta Didik



Gambar 2. Grafik Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis (*N-gain*)

Keefektifan E-LKPD ditunjukkan oleh peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kelengkapan pembelajaran, yang keduanya berdampak positif pada hasil belajar siswa. Tingkat kelengkapan pembelajaran yang dicapai menunjukkan bahwa konten perubahan lingkungan yang tercakup dalam E-LKPD telah disusun secara sistematis, dimulai dengan penyampaian konsep dasar seperti berbagai jenis perubahan lingkungan, penyebabnya, dan bagaimana pengaruhnya terhadap makhluk hidup. Studi kasus dunia nyata, seperti pencemaran tanah, air, dan udara, ditambahkan ke penyajian konten untuk membantu siswa mengaitkan informasi dengan sesuatu dalam konteks dunia nyata. Selain itu, latihan berbasis masalah yang dimasukkan ke dalam kurikulum membantu siswa mengembangkan jawaban yang lebih mendalam dan bermakna terhadap masalah lingkungan selain membantu mereka mengingat topik-topik dan memahami kaitan sebab-akibat.

Pembelajaran berbasis PBL dan *Gallery Walk* berhasil dalam meningkatkan keterampilan interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, dan pengaturan diri, yang dibuktikan dengan meningkatnya keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi. Selain paparan teoretis, konten E-LKPD mengandung wacana ilmiah, tabel observasi, latihan analitis yang menuntut siswa untuk aktif menyerap materi, serta pertanyaan yang merangsang pemikiran. Latihan-latihan ini membantu

siswa mengenali permasalahan lingkungan, mengevaluasi data dasar, dan membuat inferensi berdasarkan informasi yang dikumpulkan. Siswa diberi kesempatan untuk berpikir kritis dan analitis melalui proses pemecahan masalah, diskusi kelompok, dan evaluasi pekerjaan melalui *Gallery Walk*. Sesuai dengan Arends (2012), yang menyatakan PBL berguna dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui latihan penyelidikan dunia nyata.

Keterampilan berpikir kritis siswa berkembang sebagai hasil dari strategi *Gallery Walk* yang memperkuat kemampuan komunikasi ilmiah dan evaluasi antar teman. Isi dari setiap hasil kerja kelompok, yang mencakup bagan alir proses pencemaran, temuan dari analisis dampak lingkungan, dan solusi potensial, menunjukkan pemahaman siswa tentang topik perubahan lingkungan. Siswa dapat melihat tantangan dari berbagai sudut dan memperdalam pemahaman mereka tentang materi pelajaran dengan membandingkan berbagai solusi yang dibuat oleh kelompok lain. Karena siswa belajar lebih banyak dari penjelasan teman sebaya dan presentasi visual, kegiatan ini juga membantu memperjelas konsep-konsep yang sebelumnya kurang jelas. Hasil ini selaras dengan penelitian oleh Amin dan Sumendap (2022), yang menyatakan melalui keterlibatan sosial dan percakapan terbuka, *Gallery Walk* dapat meningkatkan keterampilan evaluatif dan reflektif siswa.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan kesimpulan sebagai berikut,

1. Telah dihasilkan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* pada materi perubahan lingkungan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang layak dan dapat di implementasikan secara luas karena valid, praktis dan efektif.
2. Validitas E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* pada materi perubahan lingkungan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dihasilkan sangat valid yaitu sebesar 96,1%.
3. Kepraktisan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* pada materi perubahan lingkungan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dinyatakan sangat praktis berdasarkan keterlaksanaan sebesar 98,5% dan respon siswa sebesar 98,6%.
4. Keefektivan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dan *Gallery Walk* pada materi perubahan lingkungan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dinyatakan sangat efektif dengan ketuntasan belajar siswa sebesar 100% dan ketercapaian keterampilan berpikir kritis mengalami peningkatan dari kategori rendah yaitu 53,3% menjadi kategori tinggi yaitu 91,1% dengan *N-gain* sebesar 0,81 kategori tinggi.

### Saran

Sesuai dengan penelitian yang telah dilaksanakan, berikut merupakan saran peneliti dalam pengembangan penelitian selanjutnya yaitu,

1. Penelitian E-LKPD ini menerapkan penelitian dengan uji coba terbatas, oleh sebab itu diperlukan uji lebih luas sehingga efektifitas E-LKPD dapat dikembangkan saat proses pembelajaran.
2. Penyusunan E-LKPD ini menggunakan materi perubahan lingkungan dengan berfokus pada sub materi pencemaran lingkungan. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengembangkan pada materi pembelajaran lain.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Endang Susantini, M.Pd. dan Prof. Dr. Fida Rachmadiarti, M.Kes. selaku penguji dan validator, serta guru Biologi dan peserta didik kelas X-II SMA Negeri 1 Gresik tahun ajaran 2025/2026 atas bantuan, masukan, dan kerja sama yang diberikan selama proses penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R., Putri, D. A., & Hidayat, T. (2025). Penerapan gallery walk untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif peserta didik. *Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 45–53.
- Amin, M., & Sumendap, A. (2022). Strategi gallery walk dalam pembelajaran kolaboratif untuk meningkatkan kemampuan evaluatif siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 145–153.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill.

- Auvisena, R., Pratiwi, N., & Hapsari, S. (2024). Tantangan implementasi problem based learning di kelas menengah. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*, 6(2), 88–96.
- Dianita, S., & Romadhon, M. (2024). Pengembangan LKPD digital berbasis aktivitas untuk pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(1), 55–64.
- Dhara, S. (2024). Pengembangan e-LKPD berbasis digital untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(1), 21–30.
- Erviana, N., Purnomo, T., & Susantini, E. (2022). LKPD berbasis problem based learning untuk melatih berpikir kritis siswa SMA. *BioEdu*, 11(2), 201–209.
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment.
- Fricticarani, R., Mardhiyah, S., & Rahman, A. (2023). Tantangan pendidikan abad ke-21 dalam pengembangan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan*, 24(3), 311–320.
- Handayani, R. (2022). Strategi gallery walk sebagai pembelajaran aktif di kelas. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 29(1), 67–75.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Herlina, D., Safitri, N., & Wibowo, A. (2023). Evaluasi otomatis pada pembelajaran digital berbasis LMS. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 25(2), 112–121.
- Hidayah, N., & Kuntjoro, S. (2022). Pembelajaran perubahan lingkungan berbasis masalah untuk melatih berpikir kritis siswa SMA. *BioEdu*, 11(3), 421–429.
- Iskandar, A., Yusuf, M., & Lestari, D. (2023). Kompetensi guru dalam fasilitasi pembelajaran abad ke-21. *Jurnal Profesi Pendidikan*, 5(1), 33–41.
- Johar, R., & Hanum, L. (2021). Pembelajaran konvensional dan dampaknya terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 88–96.
- Karomah, S., & Purnomo, T. (2025). Pengaruh problem based learning terhadap keterampilan berpikir kritis siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 14(1), 1–10.
- Kemendikbudristek. (2025). *Capaian pembelajaran mata pelajaran biologi fase E*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Lasmana, R., & Idris, M. (2020). Profil keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada pembelajaran biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 6(2), 231–238.
- Lestari, K. E., & Zakiah, L. (2019). *Berpikir kritis dalam konteks pembelajaran*. Refika Aditama.
- Mardhiyah, S., Fricticarani, R., & Rahman, A. (2021). Penguatan SDM melalui pendidikan abad ke-21. *Jurnal Pendidikan Nasional*, 15(2), 101–109.
- Nahriyah, A. S., & Rachmadiarti, F. (2023). Pengembangan e-book berbasis problem based learning pada materi perubahan lingkungan untuk melatih kemampuan berpikir kritis siswa kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 12(2), 321–342.
- Nisak, E. F. K., & Susantini, E. (2023). Pengembangan e-LKPD perubahan lingkungan berbasis problem based learning untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 12(3), 683–694.
- Nurhayati. (2021). Implementasi problem based learning pada pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA*, 8(1), 77–85.
- Nurjannah, S., & Trimulyono, G. (2022). Kepraktisan e-LKPD digital pada pembelajaran biologi. *BioEdu*, 11(1), 90–98.
- Nurmilasari, D., Suryani, E., & Rahmawati, L. (2025). Problem based learning untuk meningkatkan komunikasi dan kolaborasi siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(1), 55–64.
- OECD. (2023). *PISA 2022 results: Creative thinking*. OECD Publishing.
- Putra, A. R. (2025). E-LKPD interaktif sebagai media pembelajaran abad ke-21. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 27(2), 134–143.

- Rahayu, S., Widodo, W., & Lestari, I. (2021). Desain media pembelajaran digital yang efektif. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 5(2), 101–109.
- Ramdani, A., Fauzi, A., & Suryanti, S. (2024). Analisis keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada pembelajaran biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2), 210–218.
- Riduwan. (2016). *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Alfabeta.
- Silberman, M. (2006). *Active learning: 101 strategies to teach any subject*. Allyn & Bacon.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children*. Indiana University.
- Wardani, S. (2023). Penguatan HOTS dalam pembelajaran sains abad ke-21. *Jurnal Pendidikan IPA*, 12(3), 289–298.