

**PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK ELEKTRONIK (E-LKPD) BERBASIS PENDEKATAN SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, ART DAN MATHEMATICS (STEAM) UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PENYELESAIAN MASALAH PADA SUB MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN KELAS X**

*Development Of Electronic Student Worksheets (E-LKPD) Based On The Science, Technology, Engineering, Art, And Mathematics (STEAM) Approach To Improve Problem-Solving Skills In The Environmental Pollution Sub-Material For Grade X*

**Umi Muslihah**

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

e-mail: [umi.22095@mhs.unesa.ac.id](mailto:umi.22095@mhs.unesa.ac.id)

**Rinie Pratiwi Puspitawati**

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

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

Corresponding author: [riniepratiwi@unesa.ac.id](mailto:riniepratiwi@unesa.ac.id)

**Abstrak**

Pembelajaran biologi, khususnya pada submateri pencemaran lingkungan, keterampilan penyelesaian masalah perlu ditingkatkan melalui pengembangan bahan ajar yang inovatif dan kreatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbasis pendekatan *Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics* (STEAM) untuk meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah pada submateri pencemaran lingkungan kelas X. Aspek yang dikaji dalam penelitian ini meliputi validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Validitas ditinjau berdasarkan aspek penyajian, isi, kebahasaan, keterpaduan STEAM, serta kesesuaian dengan indikator keterampilan penyelesaian masalah. Kepraktisan ditinjau dari keterlaksanaan aktivitas peserta didik secara berkelompok dan respon peserta didik, sedangkan keefektifan ditinjau dari ketuntasan hasil tes dan ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) dengan menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*) yang dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Subjek uji coba terbatas terdiri atas 25 peserta didik kelas X SMAN 4 Surabaya. Teknik pengumpulan data yakni melalui lembar validasi, lembar observasi, angket respon, serta *pretest-posttest*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD memiliki tingkat validitas sebesar 3,93 (sangat valid). Kepraktisan menunjukkan persentase keterlaksanaan sebesar 97,91% dan respon positif peserta didik sebesar 97,75% (sangat praktis). Keefektifan ditunjukkan oleh ketuntasan hasil tes yakni 100% peserta didik tuntas, serta ketercapaian indikator sebesar 92,58% (sangat baik) dan rata-rata *N-Gain* 0,83 (tinggi). Berdasarkan hasil tersebut, E-LKPD berbasis STEAM layak digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran biologi yakni pada sub materi pencemaran lingkungan khususnya pada pencemaran udara.

**Kata Kunci:** E-LKPD, STEAM, pencemaran lingkungan, pencemaran udara, penyelesaian masalah.

**Abstract**

*Biology learning, especially in the environmental pollution sub-topic, problem solving skills need to be improved through the development of innovative and creative teaching materials. This study aims to develop an Electronic Student Worksheet (E-LKPD) based on the Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM) approach to improve problem-solving skills in the environmental pollution sub-topic for grade X. Aspects studied in this study include validity, practicality, and effectiveness. Validity is reviewed based on aspects of presentation, content, language, STEAM integration, and suitability with problem-solving skill indicators. Practicality is reviewed from the implementation of student activities in groups and student responses, while effectiveness is reviewed from the completeness of test results and the achievement of problem-solving skill indicators. This research is a development research (R&D) using the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) which is analyzed descriptively quantitatively. The limited trial subjects consisted of 25 grade X students of SMAN 4 Surabaya. Data collection techniques were through validation sheets, observation sheets, response questionnaires, and pretest-posttest. The results showed that E-LKPD had a validity level of 3.93 (very valid). Practicality showed a percentage of implementation of 97.91% and a positive response from students of 97.75% (very practical). Effectiveness was shown by the completeness of the test results, namely*



*100% of students completed, as well as the achievement of indicators of 92.58% (very good) and an average N-Gain of 0.83 (high). Based on these results, STEAM-based E-LKPD is suitable for use as a teaching material in biology learning, namely in the sub-material of environmental pollution, especially air pollution.*

**Keywords:** E-LKPD, STEAM, environmental pollution, air pollution, problem-solving skills.

## PENDAHULUAN

Pendidikan pada abad 21 mendorong peserta didik tidak hanya memiliki pengetahuan secara teoritis saja, melainkan juga memiliki keterampilan untuk mengaplikasikan pengetahuan teoretis yang telah diperoleh dalam konteks kehidupan nyata. Keterampilan tersebut meliputi berpikir kritis, penyelesaian masalah, kolaboratif, komunikasi dan kretativitas (Zubaidah, 2019). Salah satu keterampilan abad 21 adalah penyelesaian masalah. Keterampilan penyelesaian masalah merupakan serangkaian aktivitas berpikir yang dilakukan untuk menentukan strategi atau langkah yang tepat dalam menghasilkan penyelesaian terhadap suatu masalah yang dihadapi (Widiasih dkk., 2018). Keterampilan penyelesaian masalah sangat penting dikembangkan dalam diri peserta didik, karena berperan terutama saat berhadapan dengan permasalahan yang tidak terpisahkan dari aktivitas sehari-hari (Fadhil & Kuntjoro, 2021).

Keterampilan penyelesaian masalah peserta didik perlu ditingkatkan khususnya dalam pembelajaran biologi. Penelitian Siswati & Corobima (2021) menyatakan bahwa biologi tidak hanya mengenai hafalan saja, melainkan lebih mengarah kepada penyelesaian masalah. pembelajaran biologi juga dihadapkan pada tuntutan untuk menjawab berbagai persoalan tentang kehidupan, sistem alam, dan perubahan lingkungan (Zubaidah, 2019). Oleh karena itu keterampilan penyelesaian masalah menjadi aspek yang penting untuk dikembangkan khususnya dalam pembelajaran biologi.

Salah satu sub materi biologi yang relevan untuk mendorong peningkatan keterampilan penyelesaian masalah adalah sub materi pencemaran lingkungan. Capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka fase E kelas X pada submateri pencemaran lingkungan menyatakan bahwa setelah menyelesaikan fase E, peserta didik diharapkan mampu menunjukkan sikap responsif terhadap berbagai isu global serta berpartisipasi aktif dalam merumuskan solusi berdasarkan pemahaman terhadap pencemaran lingkungan.

Untuk meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah pada sub materi pencemaran lingkungan, maka diperlukan pula pendekatan pembelajaran dan bahan ajar yang relevan dan inovatif. Pengembangan dapat dilakukan pada salah satu bahan ajar yang terintegrasi dengan teknologi yakni E-LKPD. E-LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik) merupakan lembar tugas berbasis *digital*, yang memfasilitasi peserta didik agar lebih memahami materi, pengalaman belajar beragam, serta menumbuhkan kemandirian belajar (Prastowo, 2020). Pembelajaran menggunakan E-LKPD mampu meningkatkan kompetensi peserta didik dalam penyelesaian permasalahan (Panjaitan dkk, 2023).

Selain bahan ajar, pendekatan belajar yang digunakan harus relevan pula. Salah satu pendekatan yang relevan adalah STEAM. STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematicss*) merupakan strategi pembelajaran yang menekankan pengembangan cara berpikir menyeluruh melalui integrasi lima komponen utama, sehingga mampu melatih kecakapan berpikir kritis serta kemampuan dalam merancang penyelesaian terhadap suatu permasalahan (Mu'minah, 2021). Zubaidah (2019) menyatakan bahwa pendekatan STEAM mampu menghadirkan lingkungan pembelajaran yang memungkinkan peserta didik berpartisipasi aktif dan memperoleh pengalaman belajar yang bermakna melalui aktivitas pembelajaran berbasis praktik.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pengajar Biologi kelas X SMAN 4 Surabaya menunjukkan bahwa keterampilan penyelesaian masalah telah mulai diterapkan dalam pembelajaran, namun pada submateri pencemaran lingkungan penerapannya belum sepenuhnya kontekstual dan berbasis permasalahan nyata di lingkungan sekolah. Pembelajaran masih berfokus pada pemahaman konsep dan praktikum sederhana, sehingga peserta didik belum optimal dalam mengintegrasikan proses berpikir ilmiah, pemanfaatan teknologi, dan kreativitas untuk merancang solusi permasalahan lingkungan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan dan penerapan E-LKPD berbasis STEAM yang mampu memfasilitasi peserta didik dalam menganalisis permasalahan pencemaran lingkungan khususnya pada pencemaran udara secara kontekstual, di mana unsur sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika dikombinasikan, untuk meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah secara lebih optimal.

E-LKPD dengan berbasis pendekatan STEAM dapat menjadi solusi potensial untuk mendorong keterlibatan aktif peserta didik, memperkuat pemahaman konseptual, dan mengasah keterampilan penyelesaian masalah secara sistematis. E-LKPD berbasis pendekatan STEAM ini dapat menjadi langkah strategis dalam menjawab tantangan untuk meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah yang diesensial pada pembelajaran era global.



Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini dilaksanakan guna menghasilkan E-LKPD berbasis pendekatan STEAM untuk meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah pada sub materi pencemaran lingkungan kelas X berdasarkan indikator valid, praktis dan efektif.

**METODE**

Model yang digunakan dalam penelitian ini yakni ADDIE, dengan tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Kegiatan penelitian berlangsung pada bulan Juli-Desember 2025. Pengembangan E-LKPD dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Pelaksanaan uji coba terbatas di SMAN 4 Surabaya dengan sasaran penelitian adalah 25 peserta didik kelas X.

Pada tahap analisis (*Analysis*) meliputi analisis kebutuhan, kurikulum, konsep dan tugas. Kemudian, tahap perancangan (*Design*), E-LKPD mulai dirancang sesuai dengan pendekatan STEAM dan keterampilan penyelesaian masalah, selain itu juga mengembangkan instrument untuk menilai E-LKPD. Pada tahap pengembangan (*Development*), E-LKPD mulai dikembangkan sesuai dengan rancangan dan menggunakan *website liveworksheet*. Selanjutnya E-LKPD divalidasi oleh validator yang kemudian dilakukan revisi sehingga menghasilkan draft final dan siap diuji cobakan pada peserta didik. Tahap penerapan (*Implementation*) E-LKPD diterapkan secara terbatas pada peserta didik dengan rancangan *One Group Pretest-Posttest Design*. Di mana dilakukan *pretest* terlebih dahulu untuk mengetahui kompetensi penyelesaian masalah awal dan *posttest* yang dilakukan setelah peserta didik menggunakan E-LKPD dalam pembelajaran untuk mengetahui keefektifan E-LKPD. Selain itu kepraktisan yang didapat dari lembar observasi keterlaksanaan dan respon peserta didik. Selanjutnya yang terakhir adalah tahap evaluasi (*Evaluation*) mencakup kegiatan penilaian pada aspek validitas, kepraktisan dan efektivitas.

Validitas ditentukan dari skor hasil penilaian para validator (dosen ahli materi, dosen ahli media dan guru SMA) menggunakan lembar validasi dengan aspek penyajian, isi, kebahasaan, kesesuaian dengan indikator keterampilan penyelesaian dan unsur STEAM. Penilaian menggunakan skala *Likert* (1-4) yang kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus berikut:

$$\text{Skor rata-rata} = \frac{\text{jumlah skor yang didapat}}{\text{jumlah validator}} \dots\dots\dots(1)$$

Skor rata-rata kemudian diinterpretasikan menurut adaptasi Ridwan (2016). E-LKPD dikategorikan valid apabila mencapai skor  $\geq 2,51$ .

Kepraktisan E-LKPD mengacu pada keterlaksanaan aktivitas secara berkelompok saat menggunakan E-LKPD dan angket respons peserta didik setelah menggunakan E-LKPD. Penilai keterlaksanaan adalah 3 observer dari mahasiswa pendidikan biologi dengan menggunakan lembar observasi keterlaksanaan berdasarkan pedoman skala Guttman. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus berikut :

$$P (\%) = \frac{\text{jumlah jawaban "YA"}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Presentase kemudian diinterpretasikan menurut adaptasi Ridwan (2016). E-LKPD dinyatakan praktis apabila presentase keterlaksanaannya dan respon peserta didik  $\geq 75\%$ .

Keefektifan E-LKPD mengacu pada hasil test, ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah peserta didik yang dinilai menggunakan lembar *pretest* dan *posttest* dengan jumlah 16 soal yang merujuk dengan indikator penyelesaian masalah dan tujuan pembelajaran. ketuntasan hasil test mencapai batas Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yakni  $\geq 76$ . Untuk mengetahui ketercapainnya menggunakan perhitungan dengan rumus :

$$P (\%) = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Presentase kemudian diinterpretasikan menurut adaptasi Widyoko (2016). Keterampilan penyelesaian masalah dinyatakan baik apabila mencapai presentase nilai  $\geq 75\%$ . Selain itu

Peningkatan hasil belajar peserta didik dari pretest ke posttest dianalisis menggunakan perhitungan N-Gain yang bertujuan untuk mengukur tingkat efektivitas perlakuan berdasarkan rumus berikut :

$$N\text{-Gain} = \frac{\text{Skor posttest} - \text{Skor pretest}}{\text{Skor maksimal} - \text{skor pretest}} \dots\dots\dots(4)$$

Nilai *N-Gain* yang didapat kemudian diinterpretasikan berdasarkan adaptasi Nismalasari dkk (2016). *N-Gain* dikatakan tinggi apabila mencapai  $\geq 0,7$ .



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan pengembangan E-LKPD sekaligus data mengenai tingkat validitas, kepraktisan, serta efektivitasnya. Berikut merupakan uraian hasil penelitian.

### Hasil Pengembangan

E-LKPD hasil pengembangan disajikan dalam tiga bagian, yakni pendahuluan, isi, dan penutup. dan terdiri atas 2 kegiatan. Adapun fitur BioRi, BioFind, BioVest, BioTik, BioLis, BioKsi. E-LKPD memfasilitasi peserta didik untuk meningkatkan keterampilan memahami masalah melalui mengidentifikasi fakta permasalahan dan menganalisis faktor penyebab permasalahan melalui video berita. Sebagai tumpuan utama kegiatan pembelajaran STEAM, E-LKPD ini memuat kegiatan proyek berupa merangkai dan menggunakan Arduino Uno sebagai media pembelajaran. Arduino Uno yang dikembangkan dalam E-LKPD digunakan untuk merancang alat sederhana pendeteksi pencemaran udara yang kemudian diuji cobakan di taman sekolah dan parkir sekolah. Setelah mendapat hasil data, kemudia data dianalisis, disimpulkan dan merefleksikan dari percobaan yang telah dilakukan.

E-LKPD yang dikembangkan disajikan menggunakan website *liveworksheet*. Di mana peserta didik dapat langsung mengerjakan di laptop atau *handphone* masing-masing. Andriyani (2020) menyatakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan *Liveworksheet* memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan meningkatkan motivasi peserta didik, sekaligus membantu guru lebih efisien dalam penggunaan waktu serta mengurangi pemakaian kertas. Berikut merupakan tampilan fitur E-LKPD serta kontribusi dalam meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah peserta didik yang tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Tampilan dan Fitur E-LKPD

Tampilan dan Fitur	Keterangan	Kontribusi pada Keterampilan Penyelesaian
	Bagian sampul depan E-LKPD	Sebagai stimulus awal untuk menstimulasi keaktifan dan minat proses untuk menyelesaikan permasalahan dalam E-LKPD
	Tampilan penjelasan fitur-fitur E-LKPD yang terdiri atas fitur BioFor, BioRi, BioFind, BioVest, BioTik, BioLisa, BioKsi	Membimbing peserta didik untuk mengenali fitur-fitur yang ada, sehingga teknis penggunaan menjadi lebih mudah dipahami
	Fitur BioFor merupakan fitur yang berisi informasi capaian pembelajaran serta petunjuk pengerjaan E-LKPD	E-LKPD menunjang peserta didik dalam mengenali capaian dan tujuan pembelajaran yang akan dilakukan dan memahami petunjuk pengerjaan E-LKPD
	Fitur BioRi merupakan fitur yang berisi konsep konsep materi yang tersaji dalam bentuk teks dan juga video. Adapun materi yang termuat dalam fitur adalah, pencemaran lingkungan, pencemaran udara yang didalamnya terdapat pengertian pencemaran udara, faktor penyebab, dampak, solusi mengatasi, dan kualitas udara. Pada fitur BioRi ini juga memuat materi pentingnya alat pendeteksi kualitas udara berbasis Arduino dan vegetasi tanaman dalam mengatasi pencemaran udara di lingkungan	Membantu peserta didik untuk memahami materi pencemaran lingkungan, pencemaran udara dan pentingnya alat pendeteksi kualitas udara dan vegetasi tanaman yang tersaji dalam bentuk teks dan video.
	Fitur BioFind merupakan fitur yang berisi pertanyaan bersifat analitis dengan mengidentifikasi fakta dan menganalisis faktor penyebab mengenai permasalahan	Mendorong peserta didik dalam memahami masalah dan menganalisis masalah dengan cara



pencemaran udara di Jakarta yang tersaji dalam bentuk video berita. Salah satu contoh pertanyaan seperti :  
Identifikasilah fakta yang terjadi pada permasalahan yang terjadi pada video berita “Kualitas Udara Jakarta Memburuk” !

mengidentifikasi fakta pada permasalahan pencemaran udara berdasarkan peristiwa yang diberikan. Serta menganalisis faktor yang menjadi penyebab permasalahan pencemaran udara berdasarkan peristiwa yang diberikan



Fitur BioVest merupakan fitur yang berisi uraian permasalahan pencemaran udara yang dikaitkan dengan perbedaan kondisi udara di taman sekolah dan parkir sekolah. Kemudian peserta didik diminta untuk merumuskan masalah dan membuat hipotesis dari uraian permasalahan tersebut.

Peserta didik didorong untuk merencanakan solusi melalui proses perumusan masalah dan penyusunan hipotesis berdasarkan uraian yang tersedia



Fitur BioTik merupakan fitur yang berisi proyek membuat alat pendeteksi kualitas udara berbasis Arduino UNO yang kemudian diuji cobakan untuk mengukur kualitas udara di taman dan parkir sekolah sebagai uraian permasalahan karena adanya perbedaan kondisi udara pada kedua tempat tersebut, sehingga hipotesis yang telah dibuat dapat dibuktikan dengan percobaan ini. Selain itu pada fitur ini juga memuat video tutorial untuk membantu peserta didik merangkai alat dan pertanyaan mengenai alat dan bahan, fungsi komponen penyusun alat pendeteksi kualitas udara

Mendorong peserta didik dalam pelaksanaan solusi dengan cara menguji hipotesis



Fitur BioLisa merupakan fitur yang berisi pertanyaan analitis mengenai hasil data proyek yang telah dilakukan. Pertanyaan analitis seperti mengisi tabel hasil percobaan, menganalisis area yang memiliki kualitas udara yang baik dan buruk beserta dengan alasannya, kemudian pengaruh kondisi area yang menyebabkan perbedaan kualitas udara dan menyimpulkan hasil percobaan

Mendorong peserta didik dalam pelaksanaan solusi dengan cara menganalisis dan menyimpulkan untuk membuktikan hipotesis yang telah dibuat



Fitur BioKsi merupakan fitur yang berisi pertanyaan refleksi dari kegiatan proyek dan percobaan yang telah dilakukan. Adapun pertanyaan pada fitur ini seperti apa kesulitan yang dialami saat membuat alat pendeteksi kualitas udara berbasis Arduino dan apa solusi peserta didik untuk mengatasi kesulitan tersebut

Mendorong peserta didik dalam evaluasi dengan cara merefleksikan dari proyek dan uji coba yang telah dilakukan

**Validasi**

Tingkat kevalidan E-LKPD diperoleh melalui proses validasi oleh tiga validator dengan aspek penilaian yakni aspek kelayakan penyajian, Isi, kebahasaan, keterkaitan dengan keterampilan penyelesaian masalah dan STEAM. Adapun hasil validasi E-LKPD yang tersaji pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Validasi E-LKPD

No.	Aspek yang Divalidasi	Skor			Rata-Rata
		V1	V2	V3	
<b>A. Kelayakan Penyajian</b>					
<b>1. Kualitas Tampilan</b>					
a.	E-LKPD menggunakan desain cover yang menggambarkan topik materi	4	4	4	4
b.	Mudah diakses melalui <i>link</i> yang diberikan.	4	4	4	4



c.	Perpindahan satu halaman ke halaman selanjutnya dapat dilakukan dengan mudah	4	4	4	4
d.	Dapat diakses menggunakan <i>handphone</i> maupun laptop	4	4	4	4
e.	Gambar dan video yang digunakan sesuai dengan topik materi dan terlihat dengan jelas	4	4	4	4
f.	Petunjuk penggunaan disajikan dengan jelas dan sistematis	4	4	4	4
<b>2.</b>	<b>Kesesuaian tipe huruf yang digunakan</b>				
a.	Kesesuaian jenis huruf dan bentuk huruf	4	4	4	4
b.	Ukuran font jelas dan mudah dibaca	4	4	4	4
c.	Bentuk huruf jelas dan mudah dibaca	4	4	4	4
d.	Menggunakan huruf cetak (bukan huruf latin)	4	4	4	4
e.	Menggunakan <i>italic</i> dalam penulisan nama ilmiah	4	4	4	4
<b>3.</b>	<b>Sistematika Penyajian</b>				
a.	Gambar atau ilustrasi dilengkapi dengan sumber	4	4	4	4
b.	Komposisi warna yang digunakan sesuai	4	4	4	4
c.	Peletakkan nomor halaman sesuai dan disusun rapi serta konsisten	4	4	4	4
d.	Mencatumkan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai dengan E-LKPD	4	4	4	4
<b>Rata-Rata Aspek Kelayakan Penyajian</b>					<b>4</b>
<b>B. Kelayakan Isi</b>					
<b>4.</b>	<b>Kelengkapan Komponen E-LKPD</b>				
a.	Bagian pendahuluan memuat cover utama, halaman judul, daftar isi, kata pengantar, keterangan fitur E-LKPD, Keterangan unsur STEAM, tujuan pembelajaran, capaian pembelajaran dan petunjuk penggunaan E-LKPD	4	4	4	4
b.	Bagian isi yang memuat lembar kegiatan peserta didik dalam penyelesaian masalah dan fitur-fitur (BioFor, BioRi, BioFind, BioVest, BioTik, BioLis, BioKsi) dan Penilaian	4	4	4	4
c.	Bagian penutup memuat daftar Pustaka	4	4	4	4
<b>5.</b>	<b>Komponen Materi</b>				
a.	Menampilkan permasalahan yang fakta (yang biasa terjadi di lingkungan sekitar)	4	4	4	4
b.	Permasalahan dilengkapi dengan gambar atau video yang jelas dan sesuai dengan materi	4	4	4	4
c.	Kegiatan dalam E-LKPD mendorong peserta didik lebih aktif dalam pembelajaran.	4	4	4	4
d.	Kegiatan dalam E-LKPD sesuai dengan tujuan pembelajaran.	4	4	4	4
e.	Materi pencemaran lingkungan dan pencemaran udara dalam E-LKPD sistematis dan mudah dipahami	4	4	4	4
f.	Kegiatan dalam E-LKPD memuat unsur pendekatan STEAM ( <i>Science, Technology, Engineering, Art Dan Mathematics</i> )	4	4	4	4
<b>Rata-Rata Aspek Kelayakan Isi</b>					<b>4</b>
<b>C. Kelayakan Bahasa</b>					
<b>6.</b>	<b>Penggunaan Bahasa dan Kata</b>				
a.	Bahasa yang digunakan mudah dipahami	4	4	3	3,66
b.	Bahasa yang digunakan menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar	4	4	3	3,66
c.	Bahasa yang digunakan lugas	4	4	3	3,66
d.	Bahasa yang digunakan komunikatif	4	4	3	3,66
e.	Penggunaan diksi yang tepat	4	4	3	3,66



f. Pemilihan diksi yang mudah dipahami	4	4	3	3,66
<b>Rata-Rata Kelayakan Bahasa</b>				<b>3,66</b>
<b>D. E-LKPD Memuat Aspek Keterampilan Penyelesaian Masalah</b>				
a. E-LKPD melatih peserta didik keterampilan memahami masalah dengan mengidentifikasi fakta pada permasalahan pencemaran udara berdasarkan peristiwa yang diberikan	4	4	4	4
b. E-LKPD melatih peserta didik keterampilan menganalisis masalah dengan menganalisis faktor yang menjadi penyebab permasalahan pencemaran udara berdasarkan peristiwa yang diberikan	4	4	4	4
c. E-LKPD melatih peserta didik keterampilan merencanakan solusi dengan merumuskan masalah dan membuat hipotesis (dugaan sementara) dari permasalahan kondisi udara di lingkungan sekolah	4	4	4	4
d. E-LKPD melatih peserta didik keterampilan pelaksanaan solusi dengan menguji hipotesis dari solusi permasalahan pencemaran udara	4	4	4	4
e. E-LKPD melatih peserta didik keterampilan pelaksanaan solusi dengan menganalisis hasil data dan menyimpulkan hasil data yang diperoleh	4	4	4	4
f. E-LKPD melatih peserta didik keterampilan evaluasi dengan merefleksikan kegiatan uji hipotesis dari solusi permasalahan pencemaran udara	4	4	4	4
<b>Rata-Rata Keterampilan Penyelesaian Masalah</b>				<b>4</b>
<b>E. E-LKPD Memuat Aspek STEAM (Science, Technology, Engineering, Art Dan Mathematics)</b>				
a. <i>Science</i> Materi pencemaran udara pada E-LKPD sesuai dengan konsep yang benar selain itu peserta didik dapat memahami permasalahan melalui peristiwa yang diberikan	4	4	4	4
b. <i>Technology</i> E-LKPD terintegrasi dengan penggunaan teknologi dalam hal ini penggunaan aplikasi Arduino untuk memproses data sensor	4	4	4	4
c. <i>Engeneering</i> Terdapat kegiatan merangkai atau merancang alat, dalam hal ini merangkai Arduino dengan sensor	4	4	4	4
d. <i>Art</i> E-LKPD memuat unsur kreativitas peserta didik seperti pembuatan poster	4	4	4	4
e. <i>Matemathics</i> E-LKPD memuat aktivitas yang melibatkan perhitungan, pengolahan data dan menganalisis data guna mendukung kesimpulan	4	4	4	4
<b>Rata-Rata Memuat Aspek STEAM</b>				<b>4</b>
<b>Rata-Rata Keseluruhan</b>				<b>3,93</b>

Data pada Tabel 2 menunjukkan secara keseluruhan mencapai skor rata-rata validitas 3,93, dari hasil tersebut diinterpretasikan menurut Ridwan (2016) dengan kategori sangat valid. Penentuan validitas E-LKPD ditinjau berdasarkan aspek penyajian, isi, bahasa, serta keterintegrasian dengan pendekatan STEAM dan indikator keterampilan penyelesaian masalah.

Aspek validitas pada E-LKPD adalah aspek kelayakan penyajian yang meliputi kualitas tampilan, kesesuaian tipe huruf yang digunakan dan sistematika penyajian. Dari hasil data nilai rata-rata pada aspek penyajian mencapai 4 dengan kategori sangat valid. Hal ini karena dalam E-LKPD termuat materi dan soal dalam bentuk gambar dan video yang mudah diakses oleh peserta didik sehingga informasi dapat tersampaikan secara jelas dan mendukung proses belajar peserta didik secara optimal. Penambahan foto atau video dalam E-LKPD mendorong berkembangnya keterampilan berpikir kritis peserta didik dan memberikan pengalaman pembelajaran yang jelas dan nyata (Amalia dkk, 2020).

Aspek kelayakan isi menunjukkan rata-rata skor 4, termasuk dalam kategori sangat valid. Hal ini menandakan bahwa E-LKPD telah selaras dengan tuntutan kurikulum, tujuan pembelajaran, dan menyajikan materi yang relevan, sistematis dan mudah dipahami serta mampu mendukung pencapaian keterampilan penyelesaian masalah. Materi yang

disusun secara relevan serta disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik untuk membantu meningkatkan pemahaman konsep, mempermudah proses belajar, serta membantu peserta didik mengaitkan pengetahuan dengan konteks kehidupan nyata (Arsyad, 2019).

Aspek kelayakan bahasa diperoleh rata-rata 3,66 dengan kategori sangat valid. Nilai rata-rata tersebut tidak sempurna dikarenakan terdapat kalimat yang tidak lugas, kurang komunikatif, dan kurang tepat dalam pemilihan diksi namun hal tersebut sudah dilakukan perbaikan sehingga E-LKPD menjadi draft final. Kategori sangat valid membuktikan bahwasanya penggunaan bahasa pada E-LKPD jelas dan sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik, sehingga mampu mendukung pemahaman materi pada peserta didik. Penggunaan bahasa yang tepat dalam bahan ajar berperan penting dalam menghindari ambiguitas makna serta memastikan pesan pembelajaran tersampaikan secara efektif (Arsyad, 2019).

Aspek memuat keterampilan penyelesaian masalah memperoleh rata-rata 4 dengan kategori sangat valid. Hal tersebut menunjukkan bahwasannya E-LKPD telah memuat indikator keterampilan penyelesaian masalah yang akan dicapai. Pada E-LKPD memuat kegiatan investigasi seperti, merumuskan masalah dan hipotesis, uji hipotesis, menganalisis data hasil uji hipotesis, menyimpulkan data hasil uji hipotesis dan merefleksikan kegiatan uji hipotesis. Keterlibatan peserta didik dalam kegiatan penyelidikan secara langsung seperti terhadap isu lingkungan yang nyata dapat melatih kompetensi penyelesaian masalah pada peserta didik (Suparmi dkk., 2019).

Aspek memuat STEAM memiliki rata-rata 4 dengan kategori sangat valid. Dari hasil dapat diketahui E-LKPD telah mengintegrasikan seluruh unsur pendekatan STEAM. Integrasi tersebut terlihat melalui aktivitas peserta didik dalam menerapkan konsep sains dari materi yang telah diperoleh melalui E-LKPD, memanfaatkan teknologi yakni penggunaan Arduino IDE untuk mengoperasikan alat pendeteksi kualitas udara, membuat alat pendeteksi kualitas udara berbasis Arduino sebagai solusi berbasis rekayasa, mengekspresikan kreativitas melalui unsur seni yakni pembuatan poster, dan melakukan perhitungan analitis dari hasil data yang diperoleh dari percobaan. Melalui pembelajaran yang menerapkan pendekatan STEAM, peserta didik dibimbing untuk berpikir secara menyeluruh dengan menggunakan pola penyelesaian masalah dengan berlandaskan pada lima unsur STEAM (Mu'minah, 2021).

**Kepraktisan**

Kepraktisan E-LKPD didapat dari keterlaksanaan aktivitas peserta didik secara berkelompok dan respon positif peserta didik. Berikut merupakan hasil kepraktisan E-LKPD.

**Keterlaksanaan E-LKPD**

Keterlaksanaan aktivitas peserta didik diamati oleh observer guna mengetahui tingkat kesesuaian antara aktivitas pembelajaran peserta didik dengan kegiatan dalam E-LKPD, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kemudahan penerapan dan kelancaran pemakaian E-LKPD dalam proses belajar mengajar. Berikut tabel rekapitulasi hasil pengamatan keterlaksanaan E-LKPD.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Keterlaksanaan E-LKPD

No.	Aspek yang dinilai	Presentase (%)	
		Ya	Tidak
1.	Peserta didik melaksanakan <i>pretest</i>	100	
2.	Peserta didik mengoperasikan E-LKPD dengan baik dan benar (tidak ada kendala)		
3.	Peserta didik membaca petunjuk pengerjaan E-LKPD	100	
4.	Peserta didik berpartisipasi aktif dan antusias dalam pembelajaran	100	
5.	Peserta didik membaca tujuan pembelajaran pada E-LKPD	100	
6.	Peserta didik membaca materi dan melihat video materi yang tersaji pada fitur BioRi dalam E-LKPD ( <b>Science</b> )	100	
7.	Peserta didik menjawab pertanyaan mengidentifikasi masalah terkait permasalahan pencemaran udara pada video berita ( <b>Science</b> )	100	
8.	Peserta didik menentukan rumusan masalah dan hipotesis terkait permasalahan pencemaran udara di lingkungan sekolah yang tersaji pada fitur BioVest ( <b>Science</b> )	100	
9.	Peserta didik menentukan rumusan masalah dan hipotesis terkait permasalahan pencemaran udara di lingkungan sekolah yang tersaji pada fitur BioVest ( <b>Science</b> )	100	
10.	Peserta didik merangkai arduino sebagai proyek untuk mendeteksi kualitas udara di lingkungan sekitar sekola, pada fitur BioTik ( <b>Engineering</b> )	100	



11.	Peserta didik menjawab pertanyaan-pertanyaan uji hipotesis pada fitur BioTik ( <i>Engineering &amp; Technology</i> )	100	
12.	Peserta didik mengoprasikan Arduino dengan aplikasi Arduino IDE di laptop sebagai proyek untuk mendeteksi kualitas udara di lingkungan sekitar sekolah (taman dan parkir sekolah) pada fitur BioTik ( <i>Technology</i> )	66,67	33,33
13.	Peserta didik menghitung rata-rata kadar polusi udara dan menganalisis serta menyimpulkan data hasil percobaan pada fitur BioLisa ( <i>Mathematics</i> )	100	
14.	Peserta didik peserta didik membuat poster yang berisi pentingnya alat pendeteksi kualitas udara dan tanaman yang dikaitkan dengan data dari pengukuran menggunakan alat pendeteksi kualitas udara berbasis Arduino pada fitur BiOksi ( <i>Arts</i> )	100	
15.	Peserta didik menjawab pertanyaan-pertanyaan refleksi	100	
16.	Peserta didik mempublikasikan poster yang telah dibuat di sosial media dan di mading sekolah	100	
17.	Peserta didik melaksanakan <i>posttest</i>	100	
<b>Presentase Rata-Rata Keseluruhan</b>		<b>97,91 %</b>	

Presentase keterlaksanaan E-LKPD yang didapat sebesar 97,91 % dengan kategori sangat praktis. Hasil presentase yang kurang sempurna terjadi karena pada salah satu kelompok tidak bisa menyambungkan rangkaian alat pendeteksi kualitas udara berbasis Arduino yang dibuat pada laptop. Hal ini karena laptop yang digunakan peserta didik tidak *mensupport* kabel USB dari Arduino. Meski demikian hasil keterlaksanaan E-LKPD yang diperoleh dengan kategori sangat praktis yang menunjukkan bahwa seluruh langkah kegiatan dalam Peserta didik mampu mengimplementasikan E-LKPD dengan baik selama kegiatan belajar bersama kelompoknya, sehingga mendukung tercapainya tujuan pembelajaran dan keterampilan penyelesaian masalah yang ingin dicapai. Selain itu menandakan bahwa E-LKPD yang dikembangkan memfasilitasi penerapan pendekatan STEAM dalam pembelajaran dan berkontribusi terhadap meningkatnya keterlibatan aktif peserta didik. Hal tersebut didukung oleh penelitian Nadifah (2024) yang menyebutkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis STEAM mendorong keaktifan dalam proses belajar, termasuk keterlibatan peserta didik secara langsung dalam kegiatan eksperimen serta proyek-proyek yang mengintegrasikan pendekatan STEAM.

### Respon Peserta Didik

Data respons diperoleh melalui angket yang diisi oleh 25 peserta didik. Angket respon ditinjau dari empat aspek yakni kriteria penyajian, kriteria tampilan, kemudahan akses dan kriteria kebahasaan, seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil Rata-Rata Respon Peserta Didik Pada Setiap Aspek

No.	Aspek yang Dinilai	Rata-Rata Presentase (%)
1.	Kriteria Penyajian	100
2.	Kriteria Tampilan	100
3.	Kemudahan Akses	100
4.	Kriteria Kebahasaan	99
<b>Rata-Rata Presentase Keseluruhan</b>		<b>99,75</b>

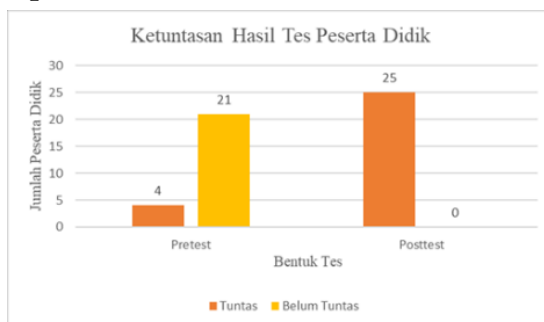
Presentase keseluruhan dari respon positif peserta didik adalah 99,75 % dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut belum mencapai 100% karena terdapat satu peserta didik yang memberikan respon “tidak” pada indikator penggunaan bahasa Indonesia yang baik dan benar. Hal ini menandakan bahwa secara umum E-LKPD telah mudah dipahami, meskipun masih terdapat perbedaan persepsi individu peserta didik terhadap aspek kebahasaan. Hasil respon positif yang sangat praktis tersebut menunjukkan bahwasannya peserta didik merasa mudah dan teratik pada E-LKPD yang. Nisak & Susantini (2023) menjelaskan bahwa tanggapan yang positif dari peserta didik menggambarkan antusiasme dan ketertarikan mereka terhadap aktivitas pembelajaran dalam E-LKPD.

Tingginya tingkat respon positif juga mengindikasikan bahwa tampilan E-LKPD dianggap menarik, penyajiannya jelas, bahasa yang digunakan mudah dipahami, serta aksesibilitasnya tidak menimbulkan kendala selama pembelajaran. Menurut Sari & Susantini (2023) kepraktisan suatu perangkat pembelajaran tercermin dari kemudahan pengguna dalam mengimplementasikan perangkat sesuai dengan fungsinya, baik oleh pendidik maupun peserta didik. Selain itu E-LKPD yang dikembangkan tersaji dalam fitur-fitur yang beragam dan menarik. Fitur-fitur yang beragam pada E-LKPD membuat peserta didik tertarik untuk belajar. Menurut Lathifah dkk (2021) keberadaan berbagai fitur dalam E-LKPD dapat meningkatkan daya Tarik.

### Keefektifan E-LKPD



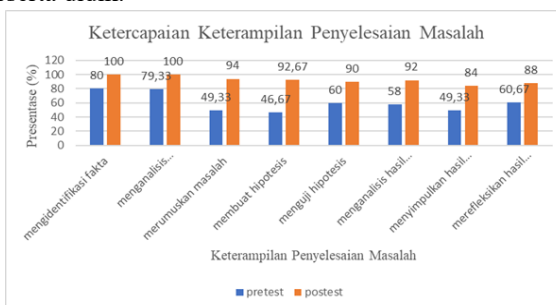
Keefektifan E-LKPD pada penelitian ini ditinjau berdasarkan ketuntasan hasil tes dan ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah yang diperoleh dari nilai *pretest-posttest*. Peserta didik dikategorikan tuntas jika mendapat nilai dengan Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM), yaitu  $\geq 76$ . Berikut merupakan diagram ketuntasan hasil tes peserta didik.



Gambar 1. Ketuntasan hasil tes peserta didik

Hasil *pretest* menunjukkan sebanyak 4 peserta didik (16%) tuntas dan 21 peserta didik (84%) tidak tuntas. Kemudian setelah pembelajaran dengan menggunakan E-LKPD yang telah dikembangkan, nilai peserta didik yang diperoleh melalui *posttest* menunjukkan peningkatan yakni, semua peserta didik (100%) dinyatakan tuntas. Selain itu untuk mengukur besar peningkatan hasil tes pada setiap peserta didik maka dilakukan analisis menggunakan uji *N-Gain*.

Adapun hasil yang didapat yakni sebesar 0,82 berdasarkan interpretasi Nirmalasari (2016) nilai *N-Gain* tersebut tergolong dalam kriteria tinggi yang menunjukkan bahwa E-LKPD memberikan peran dalam peningkatan hasil belajar peserta didik. E-LKPD yang menarik dapat meningkatkan hasil belajar. Amthari dkk (2021) menyatakan bahwa E-LKPD yang dirancang dengan tampilan yang atraktif dan dilengkapi unsur visual seperti gambar dan video mampu meningkatkan kompetensi akademik peserta didik. Ketercapaian keterampilan penyelesaian masalah dianalisis berdasarkan lima indikator menurut Yuriev (2017) yang terdiri atas delapan sub indikator. Berikut diagram hasil ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah peserta didik.



Gambar 2. Ketercapaian keterampilan penyelesaian masalah peserta didik

Berdasarkan diagram diketahui bahwa hasil ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah pada *pretest* diperoleh rata-rata presentase sebesar 60,42 % dengan ketegori kurang. Sementara hasil ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah pada *posttest* didapat rata-rata presentase sebesar 92,58 % dengan ketegori sangat baik. Untuk mengetahui peningkatan pada keterampilan penyelesaian masalah saat *pretest-posttest* maka dilakukan perhitungan *N-Gain* pula, dan dihasilkan rata-rata *N-Gain* sebesar 0,83 dengan ketegori tinggi.

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwasanya terjadi peningkatan presentase ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah dan diperoleh rata-rata *N-Gain* pada indikator keterampilan masalah dengan ketegori tinggi. Dalam beberapa indikator seperti memahami masalah dengan mengidentifikasi fakta dan menganalisis masalah dengan menganalisis faktor penyebab permasalahan, peserta didik telah memiliki kemampuan dasar keterampilan tersebut sehingga ketercapaian keterampilan penyelesaian masalah dalam ketegori baik. Namun, setelah penerapan E-LKPD berbasis STEAM, kemampuan pada seluruh indikator meningkat hingga mencapai ketegori sangat baik.

Meningkatnya ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah pada peserta didik, menunjukkan bahwa penggunaan E-LKPD berbasis STEAM tidak hanya memperluas wawasan konsep, tetapi juga meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah. Penelitian Mufida (2020) menyebutkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis

pendekatan STEAM mampu membimbing peserta didik dalam mengasah kemampuan berpikir analitis dan kritis, penyelesaian masalah, serta melatih kerja sama dan kolaborasi.

Pendekatan STEM/STEAM menekankan integrasi pengetahuan ilmiah dengan aspek rekayasa, teknologi, dan seni, sehingga mendorong munculnya pemikiran inovatif melalui pengalaman belajar langsung berbasis inkuiri yang berorientasi pada penyelesaian masalah. Sehingga peserta didik terlibat langsung dalam menghadapi permasalahan dunia nyata dan menuntut solusi kreatif, sehingga mampu meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah (Pinar dkk, 2025). Hasil peningkatan keterampilan penyelesaian masalah peserta didik mengindikasikan bahwa pendekatan STEAM mampu menyajikan pembelajaran yang bermakna dan signifikan, sehingga mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi masalah dunia nyata yang kompleks (Anita dkk., 2021).

## PENUTUP

### Simpulan

Penelitian ini menghasilkan E-LKPD berbasis STEAM yang ditujukan untuk meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah peserta didik kelas X pada materi pencemaran lingkungan, dengan kriteria valid, praktis, dan efektif telah terpenuhi. Hasil rata-rata kevalidan E-LKPD yakni sebesar 3,93 sehingga dikategorikan sangat valid. Kepraktisan E-LKPD meliputi keterlaksanaan dan respon peserta didik diperoleh rata-rata presentase berturut-turut sebesar 97,71% dan 97,75% sehingga dinyatakan sangat praktis. Keefektifan E-LKPD diperoleh 100% peserta didik tuntas, ketercapaian indikator keterampilan penyelesaian masalah diperoleh presentase sebesar 92,58% dengan kategori sangat baik, dan *N-Gain* 0,83 dengan kategori tinggi, dari hasil tersebut E-LKPD dinyatakan sangat efektif

### Saran

E-LKPD yang dikembangkan dapat disempurnakan dengan menyajikan variasi soal yang lebih beragam, khususnya pada kegiatan menyimpulkan dan merefleksikan hasil uji hipotesis, sehingga keterampilan penyelesaian masalah peserta didik dapat lebih terlatih. Penelitian lanjutan perlu dilakukan dalam bentuk pengimplementasian dengan melibatkan partisipan yang lebih banyak, mengingat skala pengujian pada penelitian ini masih terbatas pada 25 peserta didik. Perlunya dilakukan penelitian sejenis dengan materi biologi yang lain agar keterampilan penyelesaian masalah peserta didik semakin meningkat pada pembelajaran biologi.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Prof. Dr. Endang Susantini, M.Pd., dan Dra. Herlina Fitrihidajati, M.Si., dan Latifatul Izza, S.Pd. Gr., selaku validator dan X-8 SMAN 4 Surabaya yang berkontribusi dalam mendukung uji coba dalam skala kecil ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D., Zaini, M., & Halang, B. 2022. Kualitas LKPD Elektronik pada Konsep Plantae Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis Jenjang SMA. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 3 (1), 12-20.
- Amthari, W., Muhammad, D., & Anggereini, E. (2021). Pengembangan E-LKPD Berbasis Saintifik Materi Sistem Pernapasan Pada Manusia Kelas Xi SMA:(development of e-lkpd based on scientific in human respiratory system for senior high school students grade xi). *Biodik*, 7(3), 28-35.
- Andriyani, N., Hanafi, Y., Safitri, I. Y. B., & Hartini, S. 2020. Penerapan Model Problem Based Learning Berbantuan Lkpd Live Worksheet Untuk Meningkatkan Keaktifan Mental Siswa Pada Pembelajaran Tematik Kelas Va. *Prosiding Pendidikan Profesi Guru*, September, 122-130.
- Anita, Y., Thahir, A., Komarudin, K., Suherman, S., & Rahmawati, N. D. (2021). Buku Saku Digital Berbasis STEM: Pengembangan Media Pembelajaran terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*,10(3),401–412.
- Arsyad, A. (2019). *Media pembelajaran*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Fadhil, A. R., & Kuntjoro, S., 2021. Validitas Lembar Kerja Peserta Didik Terintegrasi Sikap Peduli Lingkungan Berbasis Problem Based Learning pada Materi Perubahan Lingkungan untuk Melatihkan Keterampilan Penyelesaian Masalah Kelas X SMA. *Jurnal BioEdu : Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 10 (2), 292-301.
- Lathifah, M. F., Hidayati, B. N., dan Zulandri. 2021. Efektifitas LKPD Elektronik sebagai Media Pembelajaran pada Masa Pandemi Covid-19 untuk Guru di YPI Bidayatul Hidayah Ampean. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4 (2), 25-30.
- Mu'minah, I., H. Studi Literatur : Pembelajaran Abad-21 Melalui Pendekatan STEAM (Science, Technology, Engenering, Art, And Mathematicss) dalam Menyongsong Era Society 5.0. 2021. *Seminar Nasional Pendidikan*. Universitas Majalengka.



- Mufida, Siti Nur, Sigit, Diana Vivanti & Ristanto, Rizhal Hendi. 2020. Integrated projectbased e-learning with science, technology engineering, art, and mathematicss (PjBel-STEAM): its effect on science process skill. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 13 (2).
- Nadifah, N. A. (2024). Implementasi Model Pembelajaran STEAM Terhadap Minat Belajar Siswa. *Jurnal Keguruan Dan Pendidikan*, 1(01), 37-44.
- Nisak, E., F., K. dan Susantini, E. 2023. Pengembangan E-LKPD Perubahan Lingkungan Berbasis Problem Solving Untuk Meningkatkan Kemampuan Penyelesaian Masalah Peserta Didik. *Jurnal BioEdu : Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 12 (3), 683-694.
- Nismalasari, Santiani & Rohamdi, M. 2016. Penerapan Model Pembelajaran *Learning Cycle* Terhadap Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Siswa pada Pokok Bahasan Getaran Harmonis, *Jurnal EduSains*, 4(2), 74-94.
- Panjaitan, S. N., Mansyur, A., & Syahputra, H. (2023). Pengembangan LKPD Elektronik (E-LKPD) Berbasis Problem-Solving untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis dan Kemandirian Belajar Peserta Didik SMP IT Indah Medan. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2), 1890–1901. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i2.2341>
- Pinar, F. I. L., Panergayo, A. A. E., Sagcal, R. R., Acut, D. P., Roleda, L. S., & Prudente, M. S. (2025). Fostering scientific creativity in science education through scientific problem-solving approaches and STEM contexts: a meta-analysis. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 7(1), 18.
- Riduwan. 2016. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta
- Sari, A. H. I., & Susantini, E. (2023). Pengembangan E-LKPD Berbasis Saintifik pada Materi Perubahan Lingkungan untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *BioEdu*, 12(3), 673–682.
- Widyoko, Eko P. 2016. *Evaluasi Program Pembelajaran: Panduan Praktis Bagi Pendidik dan Calon Pendidik*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Yuriev, E., Naidu, S., Schembri, L. S., & Short, J. L. 2017. Scaffolding the development of problem-solving skills in chemistry: Guiding novice students out of dead ends and false start. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(3), 486–504.
- Zubaidah, Siti. 2019. *STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematicss) : Memberdayakan Keterampilan Abad Ke-21 Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek*. *Seminar Nasional*. FMIPA Universitas Negeri Malang.