

**PENGEMBANGAN E-LKPD BIOLOGI BERBASIS MODEL PEAS TERINTEGRASI  
LEARNING MANAGEMENT SYSTEM**

**Wahyu Maulana Endris<sup>1</sup>, Gigin Ginanjar<sup>2</sup>, Muhammad Rayhan<sup>3</sup>**  
Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto<sup>1,3</sup>, Universitas Bina Bangsa<sup>2</sup>  
e-mail: [wahyu.endris@gmail.com](mailto:wahyu.endris@gmail.com)

Diterima: 02/03/2026; Direvisi: 18/03/2026; Diterbitkan: 23/03/2026

**ABSTRAK**

Pelaksanaan praktikum secara virtual melalui *Learning Management System* (LMS) sering kali berjalan satu arah dan kurang menstimulasi keterampilan berpikir kritis mahasiswa. Lembar kerja statis belum mampu menjadi mitra kognitif yang interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Biologi berbasis kerangka PEAS (*Prompt, Evaluate, Analyze, Synthesize*) berbantuan kecerdasan buatan yang terintegrasi di dalam LMS, serta mengevaluasi kelayakan dan kepraktisannya melalui uji terbatas. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang dibatasi hingga tahap Development. Subjek uji terbatas melibatkan dua ahli materi biologi, dua ahli media, serta 15 mahasiswa program studi Biologi. Data dikumpulkan menggunakan angket skala Likert dan dianalisis dengan statistik deskriptif persentase. Hasil validasi ahli menunjukkan rata-rata skor kelayakan sebesar 89,37% (Sangat Valid), yang mengindikasikan akurasi substansi keilmuan dan keandalan fungsionalitas media. Uji kepraktisan oleh pengguna memperoleh skor 89,68% (Sangat Praktis), menyoroti kemudahan navigasi antarmuka dan stimulasi kognitif yang difasilitasi oleh asisten virtual. Kesimpulannya, purwarupa E-LKPD Biologi berbasis PEAS yang terintegrasi LMS ini sangat layak dan praktis digunakan sebagai perancah intelektual dalam eksperimen virtual, dengan prospek lanjutan untuk diuji efektivitasnya pada skala kelas yang riil.

**Kata Kunci:** *E-LKPD, LMS, Model PEAS, Praktikum Biologi, Kecerdasan Buatan*

**ABSTRACT**

The implementation of virtual practicums through Learning Management Systems (LMS) is often unidirectional and lacks the stimulation needed for students' critical thinking skills. Static worksheets have not been able to serve as interactive cognitive partners. This study aims to describe the development of an-Electronic Student Worksheet (E-LKPD) for Biology based on the AI-assisted PEAS (*Prompt, Evaluate, Analyze, Synthesize*) framework integrated within an LMS, and to evaluate its feasibility and practicality through a limited trial. This study employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, delimited to the Development phase. The limited trial subjects involved two biology subject matter experts, two media experts, and 15 Biology study program students. Data were collected using Likert scale questionnaires and analyzed using descriptive percentage statistics. Expert validation results showed an average feasibility score of 89.37% (Highly Valid), indicating scientific substantive accuracy and reliable media functionality. The practicality test by users obtained a score of 89.68% (Highly Practical), highlighting the ease of interface navigation and cognitive stimulation facilitated by the virtual assistant. In conclusion, the LMS-integrated PEAS-based Biology E-LKPD prototype is highly feasible and practical to be used as an intellectual scaffold in virtual experiments, with future prospects for effectiveness testing on a real class scale.

**Keywords:** *E-LKPD, LMS, PEAS Model, Biology Practicum, Artificial Intelligence*

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi sistem pendidikan tinggi menuju pemanfaatan ruang kelas digital secara masif. Integrasi *Learning Management System (LMS)* kini menjadi tulang punggung utama dalam memfasilitasi distribusi materi dan interaksi pembelajaran. Penggunaan LMS terbukti efektif dalam mendukung metode pembelajaran bauran dan meningkatkan keterampilan kolaborasi mahasiswa di era digital (Ningsih et al., 2025). Meskipun demikian, pemanfaatan LMS sering kali masih terjebak pada sekadar repositori penyimpanan dokumen tanpa adanya stimulasi interaktif yang memadai (Amaral et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan inovasi media di dalam LMS agar pembelajaran jarak jauh tidak kehilangan esensi pedagogisnya (Leon et al., 2025).

Dalam lingkup program studi Biologi, kegiatan praktikum memegang peran esensial untuk membekali mahasiswa dengan keterampilan proses sains (Hariningwang & Fitrihidajati, 2020). Laboratorium biologi menuntut mahasiswa untuk melakukan observasi kritis, analisis fenomena, dan pemecahan masalah secara langsung (Leon et al., 2025). Sayangnya, pelaksanaan praktikum virtual melalui LMS sering kali menghadapi hambatan teknis yang mengurangi kedalaman pengalaman empiris tersebut (Lizano-Sánchez et al., 2025). Interaksi yang terbangun umumnya bersifat satu arah sehingga mahasiswa cenderung pasif dalam menyerap instruksi praktikum (Adnan et al, 2026). Tantangan ini menuntut para pendidik untuk merancang ulang ekosistem laboratorium virtual yang lebih dinamis dan berpusat pada mahasiswa (Amaral et al., 2025).

Sebagai solusi praktis, Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) mulai banyak dikembangkan untuk memandu kegiatan praktikum secara mandiri (Milatti & Fitrihidajati, 2024). E-LKPD memungkinkan penyajian instruksi eksperimen yang terstruktur dengan memadukan elemen multimedia di dalam satu platform digital. Penggunaan E-LKPD terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar sekaligus melatih keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada berbagai materi biologi (Sholihah & Faizah, 2025). Format elektronik ini sangat kompatibel untuk disematkan secara langsung ke dalam sistem LMS yang digunakan oleh institusi perguruan tinggi (Amaral et al., 2025). Dengan panduan yang jelas, mahasiswa dapat merencanakan dan mengeksekusi tahapan eksperimen secara lebih sistematis (Hariningwang & Fitrihidajati, 2020).

Kendati banyak diterapkan, sebagian besar E-LKPD yang beredar saat ini masih bersifat statis dan kurang menstimulasi pemikiran tingkat tinggi (Hasanah & Wisanti, 2023). Instruksi di dalam E-LKPD umumnya hanya berfokus pada langkah-langkah prosedural tanpa memberikan ruang eksplorasi kognitif yang memadai (Novitasari & Puspitawati, 2022). Mahasiswa sering kali hanya mengikuti resep praktikum tanpa memahami esensi saintifik dari fenomena yang sedang diamati (Nisa & Fitrihidajati, 2024). Kelemahan interaktivitas ini memicu kebutuhan akan instrumen panduan yang tidak hanya memberi arahan, tetapi juga mampu menstimulasi dialog kognitif (Hariningwang & Fitrihidajati, 2020). E-LKPD generasi baru harus mampu bertindak sebagai mitra berpikir yang membimbing mahasiswa dalam menganalisis data secara mendalam (Lizano-Sánchez et al., 2025).

Kehadiran teknologi kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence (AI)* membuka peluang besar untuk merevolusi media pembelajaran di bidang sains (Al Naqbi et al., 2024). Sistem AI memiliki kapasitas untuk memproses bahasa alami dan menyimulasikan penalaran layaknya manusia dalam memecahkan masalah (Rashid & Kausik, 2024). Integrasi AI dalam ranah pendidikan telah terbukti mampu menciptakan lingkungan pembelajaran adaptif yang merespons kebutuhan spesifik setiap individu. Dalam konteks pembelajaran sains, kecerdasan buatan dapat menjembatani kesenjangan instruksional yang selama ini terjadi pada platform

daring konvensional (Leon et al., 2025). Penerapan teknologi ini mampu mengubah paradigma E-LKPD dari yang hanya sekadar dokumen interaktif menjadi entitas yang responsif secara kognitif.

Lebih spesifik lagi, AI dapat difungsikan sebagai asisten virtual cerdas yang mendampingi mahasiswa selama melaksanakan praktikum biologi. Asisten virtual ini berperan krusial dalam memberikan dukungan prosedural dan menghubungkan praktik eksperimental dengan konsep teoretis (Lizano-Sánchez et al., 2025). Mahasiswa dapat berkonsultasi secara seketika untuk memverifikasi hipotesis atau mengklarifikasi anomali data yang ditemukan. Selain itu, AI juga mampu memberikan umpan balik secara real-time terhadap langkah-langkah yang dilakukan mahasiswa. Intervensi cerdas semacam ini mencegah mahasiswa dari kebingungan kognitif saat menghadapi prosedur laboratorium yang kompleks (Al Naqbi et al., 2024). Pada akhirnya, keberadaan AI memperkuat aspek analitis dan komunikasi saintifik mahasiswa dalam menyusun laporan akhir praktikum (Rashid & Kausik, 2024).

Untuk menstrukturkan interaksi antara mahasiswa dan AI, diperlukan sebuah kerangka pedagogis yang jelas seperti model Prompt, Evaluate, Analyze, dan Synthesize atau PEAS. Tahap Prompt melatih kemampuan mahasiswa dalam merumuskan instruksi atau kueri yang presisi kepada mesin kecerdasan buatan (Zahroh & Yuliani, 2021). Pada tahap Evaluate, mahasiswa dituntut untuk memvalidasi dan mengkritisi secara tajam akurasi informasi yang dihasilkan oleh AI tersebut (Ahmad & Yuliani, 2025). Tahap Analyze mengarahkan mahasiswa untuk mendekonstruksi data hasil praktikum guna menemukan pola hubungan sebab-akibat yang relevan (Susilowati & Wisanti, 2023). Proses ini diakhiri dengan tahap Synthesize, di mana mahasiswa menggabungkan berbagai serpihan informasi menjadi sebuah kesimpulan ilmiah yang utuh.

Pengintegrasian kerangka PEAS ke dalam struktur E-LKPD berbasis AI di LMS menjanjikan pengalaman praktikum yang jauh lebih bermakna (Sholihah & Faizah, 2025). Pendekatan instruksional ini memastikan bahwa teknologi bertindak sebagai perancah mandiri, bukan sebagai pengganti daya nalar mahasiswa (Hasanah & Wisanti, 2023). Mahasiswa diposisikan sebagai subjek aktif yang mengendalikan alur eksperimen, sementara sistem AI memberikan umpan balik konseptual yang diperlukan (Milatti & Fitrihidajati, 2024). Sinergi antara model PEAS dan E-LKPD ini menciptakan ekosistem pembelajaran yang secara simultan melatih literasi digital dan keterampilan proses sains (Zahroh & Yuliani, 2021). Desain hibrida semacam ini sangat relevan untuk diimplementasikan khususnya pada mata kuliah biologi yang membutuhkan pemahaman lintas konsep (Ahmad & Yuliani, 2025).

Pengembangan inovasi media pembelajaran yang mengintegrasikan AI dan LMS memerlukan tahapan uji coba yang terukur dan sistematis. Sebelum diterapkan dalam skala luas, purwarupa E-LKPD ini harus melalui proses uji terbatas guna memvalidasi kelayakan konstruksinya (Nisa & Fitrihidajati, 2024). Uji terbatas sangat penting untuk mengidentifikasi potensi kendala teknis antarmuka maupun celah fungsionalitas asisten AI (Lizano-Sánchez et al., 2025). Penilaian dari para validator ahli dan respons pengguna tahap awal akan menjadi landasan rasional bagi penyempurnaan produk akhir (Novitasari & Puspitawati, 2022). Evaluasi iteratif ini memastikan bahwa E-LKPD yang dikembangkan benar-benar praktis dan valid untuk mendukung pencapaian kompetensi mahasiswa (Susilowati & Wisanti, 2023).

Berdasarkan identifikasi kesenjangan dan potensi teknologi tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan media E-LKPD berbasis AI (Al Naqbi et al., 2024). Tujuan utama riset ini adalah untuk mendeskripsikan proses desain E-LKPD biologi dengan kerangka PEAS yang terintegrasi di dalam LMS. Selain itu, studi ini secara khusus akan memaparkan hasil evaluasi kelayakan dan kepraktisan media berdasarkan fase uji terbatas (Milatti & Fitrihidajati,

2024). Data yang diperoleh diharapkan mampu memberikan wawasan baru mengenai efektivitas pendampingan asisten virtual dalam praktikum sains (Lizano-Sánchez et al., 2025). Luaran penelitian ini diproyeksikan menjadi referensi valid bagi pengembangan desain instruksional biologi di tingkat pendidikan tinggi (Leon et al., 2025).

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development* (R&D) dengan mengadaptasi model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Sesuai dengan batasan masalah, tahapan penelitian difokuskan hingga tahap Development, khususnya pada evaluasi uji terbatas produk berupa E-LKPD Biologi berbasis model PEAS yang diintegrasikan ke dalam antarmuka *Learning Management System* (LMS). Proses pengembangan diawali dengan analisis kebutuhan praktikum pada program studi Biologi, dilanjutkan dengan perancangan prototipe antarmuka E-LKPD, dan penyematan instruksi cerdas ke dalam peladen LMS.

Subjek uji coba terbatas dalam penelitian ini terdiri dari dua kelompok utama, yaitu tim validator ahli dan pengguna sasaran. Validator ahli mencakup dua orang ahli materi (dosen biologi) untuk mengevaluasi akurasi substansi keilmuan, serta dua orang ahli media untuk menilai fungsionalitas dan navigasi sistem di dalam LMS. Sementara itu, uji kepraktisan skala terbatas melibatkan 15 mahasiswa program studi Biologi yang aktif menggunakan LMS pada semester yang berjalan saat ini. Pemilihan subjek sasaran dilakukan dengan *purposive sampling* dengan kriteria mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah Biologi Dasar atau praktikum terkait.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan instrumen berupa angket validasi untuk ahli dan angket respons pengguna untuk mahasiswa. Kisi-kisi instrumen angket dikembangkan berdasarkan aspek kelayakan isi, kejelasan prompt PEAS, penyajian, dan kegrafikan untuk ahli, serta aspek kemudahan penggunaan dan kemenarikan antarmuka untuk mahasiswa. Skala pengukuran yang digunakan adalah skala Likert dengan rentang skor 1 hingga 4. Selain data kuantitatif, instrumen juga menyediakan kolom komentar terbuka untuk menjangkau data kualitatif berupa kritik dan saran perbaikan dari validator maupun mahasiswa.

Data kuantitatif yang diperoleh dari hasil pengisian angket dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif persentase. Analisis difokuskan pada penghitungan skor rata-rata yang kemudian dikonversi ke dalam persentase kelayakan kategori kualitatif. Produk E-LKPD berbasis PEAS ini dinyatakan layak dan praktis untuk diimplementasikan ke tahap selanjutnya apabila persentase rata-rata dari ahli dan mahasiswa mencapai kriteria minimal "Valid/Praktis" (minimal 75%). Data kualitatif dari kolom komentar dianalisis secara deskriptif untuk merangkum esensi masukan sebagai acuan dasar dalam merevisi produk E-LKPD sebelum disempurnakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Pengembangan purwarupa E-LKPD Biologi berbasis model PEAS yang diintegrasikan ke dalam *Learning Management System* (LMS) telah diselesaikan hingga tahap implementasi terbatas. Sebelum diujicobakan kepada pengguna, media ini melalui tahap penilaian atau validasi oleh tim ahli yang terdiri dari ahli materi biologi dan ahli media pembelajaran berbasis digital. Validasi ini bertujuan untuk memastikan kelayakan substansi dan fungsionalitas sistem sebelum diakses oleh mahasiswa. Rekapitulasi hasil penilaian dari tim ahli disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Validasi Ahli terhadap Prototipe E-LKPD Terintegrasi LMS

| Aspek Penilaian                 | Rata-rata Skor | Persentase (%) | Kategori Validitas |
|---------------------------------|----------------|----------------|--------------------|
| <b>Ahli Materi (Biologi)</b>    |                |                |                    |
| Kelayakan Isi dan Substansi     | 3,75           | 93,75          | Sangat Valid       |
| Konstruksi Prompt PEAS          | 3,60           | 90,00          | Sangat Valid       |
| <b>Ahli Media (LMS)</b>         |                |                |                    |
| Kualitas Antarmuka dan Navigasi | 3,45           | 86,25          | Sangat Valid       |
| Integrasi Fungsional dalam LMS  | 3,50           | 87,50          | Sangat Valid       |
| Rata-rata Keseluruhan           | 3,57           | 89,37          | Sangat Valid       |

Berdasarkan data pada Tabel 1, instrumen E-LKPD yang dikembangkan mendapatkan penilaian yang sangat positif dari kedua kelompok kepakaran. Ahli materi memberikan penekanan evaluasi tertinggi pada aspek kelayakan isi, yang mengindikasikan bahwa konsep biologi yang disajikan telah akurat dan terhindar dari miskonsepsi. Selain itu, konstruksi model instruksional PEAS juga dinilai sudah sangat memadai untuk memandu nalar kritis mahasiswa selama praktikum. Di sisi lain, ahli media mengonfirmasi bahwa produk ini tidak mengalami kendala teknis yang berarti saat disematkan ke dalam antarmuka LMS, sehingga siap untuk diujicobakan secara langsung.

Setelah dinyatakan valid berdasarkan hasil kategori validitas, E-LKPD diujicobakan secara terbatas kepada kelompok kecil mahasiswa program studi Biologi untuk mengukur tingkat kepraktisan penggunaan media di lapangan. Aspek yang diukur meliputi kemudahan aksesibilitas media di dalam LMS, kemenarikan visual, serta kejelasan instruksi saat mahasiswa merumuskan prompt dan menganalisis data. Hasil respons mahasiswa pada tahap uji terbatas dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Validasi Ahli terhadap Prototipe E-LKPD Terintegrasi LMS

| Aspek Penilaian Kepraktisan | Rata-rata Skor | Persentase (%) | Kategori Validitas |
|-----------------------------|----------------|----------------|--------------------|
| Kemudahan Akses di LMS      | 3,80           | 95,00          | Sangat Praktis     |
| Kemenarikan Visual Media    | 3,55           | 88,75          | Sangat Praktis     |
| Kejelasan Instruksi PEAS    | 3,40           | 85,00          | Sangat Praktis     |
| Stimulasi Berpikir Kritis   | 3,60           | 90,00          | Sangat Praktis     |
| Rata-rata Keseluruhan       | 3,58           | 89,68          | Sangat Praktis     |

Data respons pengguna pada Tabel 2 menunjukkan tren penerimaan yang sejalan dengan hasil validasi ahli. Mahasiswa menilai bahwa E-LKPD ini sangat mudah diakses tanpa harus mengunduh aplikasi tambahan di luar LMS universitas. Aspek stimulasi berpikir kritis juga mendapatkan respons yang menonjol, menunjukkan bahwa mahasiswa merasa tertantang dan terbantu oleh alur sintaks PEAS dalam menyusun simpulan eksperimen. Meskipun aspek kejelasan instruksi mendapatkan skor paling rendah dibandingkan dengan indikator lainnya, nilainya tetap berada pada kategori yang sangat aman dan layak. Beberapa catatan kualitatif dari mahasiswa terkait kejelasan instruksi ini selanjutnya digunakan sebagai dasar revisi minor pada redaksional kalimat penugasan sebelum produk difinalisasi.

## Pembahasan

Hasil pengujian terbatas menunjukkan bahwa purwarupa instruksional yang dikembangkan memiliki tingkat kelayakan dan kepraktisan yang sangat memuaskan. Capaian ini mengindikasikan bahwa media yang dirancang telah berhasil menjawab tantangan kebutuhan praktikum virtual di program studi Biologi. Validasi dari para pakar menegaskan bahwa inovasi media ini berpotensi besar menjembatani kesenjangan pedagogis dalam pendidikan sains modern (Budi et al., 2020). Skor kelayakan yang melampaui ambang batas membuktikan bahwa produk ini secara teknis dan konseptual siap dioperasikan. Di lapangan, respons mahasiswa yang sangat positif mencerminkan bahwa media ini mudah dioperasikan secara mandiri tanpa membebani kapasitas kognitif mereka (Musdalifah et al., 2024).

Pemilihan *Learning Management System (LMS)* sebagai basis integrasi E-LKPD didasarkan pada infrastruktur digital yang sudah mengakar di perguruan tinggi. Penggunaan LMS telah diakui sebagai kerangka dasar dalam menyelenggarakan pembelajaran sains berbasis digital secara terstruktur (Almareta, 2021). Pendidik tidak lagi perlu membangun aplikasi dari nol, melainkan cukup mengoptimalkan fitur bawaan untuk mendistribusikan bahan ajar secara efisien. Melalui optimalisasi ini, LMS bertransformasi menjadi ruang kolaborasi maya yang sangat dinamis dan interaktif (Aslam et al., 2021). Fleksibilitas sistem ini terbukti secara empiris mampu meningkatkan kemandirian belajar mahasiswa dalam memahami materi biologi yang kompleks (Amthari et al., 2021).

Kehadiran E-LKPD di dalam sistem LMS menawarkan alternatif panduan praktikum yang jauh lebih holistik dibandingkan sekadar mengunggah modul format PDF. Berbeda dengan modul statis, format elektronik memungkinkan penyematan elemen visual dan langkah kerja interaktif yang krusial bagi pembelajaran sains (Azizah & Kuswanti, 2022). Peneliti merancang instrumen ini secara saksama agar alur berpikir investigatif mahasiswa terpandu tahap demi tahap secara logis. Riset terdahulu mengonfirmasi bahwa E-LKPD yang dirancang dengan interaktivitas tinggi mampu mendongkrak motivasi belajar secara signifikan (Octavia et al., 2022). Keterlibatan mendalam yang difasilitasi oleh instrumen digital ini pada akhirnya berdampak pada penguatan pemahaman konsep biologi secara menyeluruh.

Penilaian berpredikat "Sangat Valid" dari ahli materi memastikan bahwa seluruh substansi biologis di dalam E-LKPD terhindar dari potensi miskonsepsi. Hal ini sangat krusial mengingat materi biologi sering kali memuat konsep abstrak yang membutuhkan penjelasan tingkat tinggi yang presisi. Keakuratan konten merupakan prasyarat mutlak agar media pembelajaran tidak menyesatkan nalar saintifik para peserta didik di kemudian hari (Fadilah et al., 2022). Validator juga mengonfirmasi bahwa kedalaman materi telah diselaraskan dengan capaian kompetensi dasar pada kurikulum pendidikan tinggi (Asrizal et al., 2022). Jaminan validitas isi ini mengukuhkan bahwa simulasi praktikum virtual memiliki kualitas akademis yang setara dengan observasi laboratorium langsung (Liua et al., 2021).

Dari tinjauan rekayasa perangkat lunak, skor tinggi dari pakar media membuktikan kelancaran navigasi antarmuka saat purwarupa ini dijalankan. Mahasiswa tidak perlu membuka tab peramban baru atau mengunduh aplikasi pihak ketiga karena semuanya terpusat secara aman di peladen kampus. Kemudahan teknis semacam ini secara efektif memangkas potensi gangguan yang kerap mendistraksi fokus belajar jarak jauh mahasiswa (Shah & Asad, 2024). Desain yang intuitif dan terintegrasi sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya kelebihan beban kognitif saat mengeksplorasi fitur-fiturnya (Kasneci et al., 2023). Oleh karena itu, antarmuka media ini diyakini telah memenuhi parameter ergonomi perangkat lunak pendidikan berstandar tinggi untuk pembelajaran sains (Usak, 2024).

Kepraktisan yang tinggi dari uji coba lapangan mencerminkan penerimaan yang sangat baik dari pengguna akhir terhadap inovasi instruksional ini. Mahasiswa menyatakan bahwa mereka merasa sangat terbantu oleh sajian visual yang proporsional dan tidak berlebihan selama mengerjakan tugas. Sajian grafis yang tepat sasaran memang diakui sangat membantu visualisasi konsep abstrak pada materi ilmu hayat (Papanephytou & Nicolaou, 2025). Warna, tipografi, dan tata letak sengaja disusun sedemikian rupa agar mata mahasiswa tidak cepat lelah saat menatap layar komputer. Kemenarikan estetika visual ini terbukti ampuh dalam menjaga durasi retensi perhatian peserta didik selama praktikum virtual berlangsung (Nasr et al., 2025).

Meskipun LMS menawarkan banyak kemudahan, peneliti menyadari bahwa sekadar memindahkan teks ke layar tidak akan menciptakan pembelajaran yang bermakna. Pembelajaran biologi yang hanya mengandalkan instruksi searah sering kali gagal membangkitkan rasa ingin tahu intelektual mahasiswa (Budi et al., 2020). Kelemahan fundamental inilah yang mendasari keputusan strategis peneliti untuk mengintegrasikan fungsionalitas asisten virtual ke dalam struktur E-LKPD. Sinergi teknologi ini secara fundamental mengubah paradigma mahasiswa dari konsumen informasi pasif menjadi investigator yang lebih aktif (Kasneci et al., 2023). Kecerdasan buatan bertindak sebagai mitra dialog yang merespons pertanyaan mahasiswa secara personal dan adaptif (Almareta, 2021).

Asisten cerdas di dalam purwarupa ini dirancang secara hati-hati agar tidak sekadar menyuapi mahasiswa dengan jawaban yang instan. Pemberian jawaban instan justru akan mematikan daya nalar dan esensi dari penemuan terbimbing dalam sebuah pelaksanaan praktikum sains. Banyak pendidik mengkhawatirkan bahwa teknologi kecerdasan buatan memicu kemalasan kognitif jika penggunaan tidak dikontrol secara ketat (Nasr et al., 2025). Untuk mencegah ketergantungan ini, interaksi mahasiswa dengan mesin dikelola melalui kerangka pedagogis yang sangat terstruktur (Rahman & Watanobe, 2023). Melalui perancah yang tepat, asisten virtual hanya menyajikan petunjuk konseptual pancingan yang merangsang mahasiswa untuk berpikir lebih dalam.

Langkah pertama dalam kerangka interaksi tersebut diwujudkan melalui fase Prompt, di mana mahasiswa belajar menyusun instruksi yang spesifik. Merumuskan pertanyaan yang presisi kepada sistem algoritma membutuhkan kepekaan analisis bahasa dan pemahaman konteks materi biologi (Rios et al., 2025). Peneliti menemukan bahwa pada awalnya mahasiswa kesulitan membuat prompt yang baik, sehingga sistem sering memberikan jawaban yang terlalu luas. Kemampuan meracik instruksi ini kini dipandang sebagai literasi digital krusial bagi ilmuwan di era komputasi modern (Shah & Asad, 2024). Latihan menyusun perintah yang dilakukan secara berulang-ulang ini secara perlahan mengasah ketajaman logika penalaran mahasiswa itu sendiri (Liua et al., 2021).

Setelah menerima respons dari sistem, fase Evaluate mewajibkan mahasiswa untuk memvalidasi informasi tersebut secara kritis dan independen. Mahasiswa tidak diperkenankan menelan mentah-mentah teks yang dihasilkan mesin, melainkan harus melakukan triangulasi dengan sumber literatur resmi yang telah disediakan. Mesin generatif sesekali dapat menghasilkan data fiktif atau halusinasi akademis yang dapat menyesatkan pengguna awam dalam mengambil kesimpulan (Nasr et al., 2025). Proses verifikasi berlapis ini sangat penting untuk menumbuhkan sikap skeptisisme saintifik yang menjadi inti dari setiap kegiatan penelitian (Asrizal et al., 2022). Sikap kehati-hatian inilah yang menjadi nilai tambah terbesar dari pemanfaatan kecerdasan buatan dalam kegiatan laboratorium virtual saat ini.

Tahapan berikutnya adalah fase Analyze, yang menuntut mahasiswa untuk membongkar fenomena biologis ke dalam relasi sebab-akibat yang logis. Mahasiswa diarahkan untuk memecah informasi kompleks menjadi komponen dasar yang lebih bermakna untuk

menemukan pola anomali eksperimen (Aslam et al., 2021). Selama proses ini, mahasiswa dapat meminta asisten virtual untuk membuat tabel perbandingan atau grafik sementara dari data mentah lapangan. Kemudahan memvisualisasikan data interaktif ini membebaskan mahasiswa dari beban teknis sehingga mereka murni berfokus pada kedalaman analisis (Duran & Dikmenli, 2025). Dekonstruksi data yang tajam sangat diperlukan untuk menyusun argumentasi ilmiah yang solid pada tahap akhir penyusunan laporan (Musalifah et al., 2024).

Puncak dari rangkaian pemrosesan kognitif ini terjadi pada tahap Synthesize, di mana semua serpihan temuan dirangkai kembali menjadi satu kesatuan. Peneliti mengamati bahwa laporan akhir yang disusun mahasiswa memiliki kedalaman sintesis yang jauh lebih kaya dibandingkan dengan format praktikum konvensional. Mahasiswa terbukti mampu merumuskan kesimpulan akhir yang mengintegrasikan data lapangan, evaluasi mesin, dan teori literatur secara harmonis. Tahap ini mensyaratkan tingkat pemahaman holistik yang jauh lebih tinggi dibandingkan sekadar merangkum narasi bacaan dari buku cetak (Lestari & Rakhmawati, 2024). Orisinalitas gagasan yang muncul membuktikan bahwa mahasiswa benar-benar menguasai materi, bukan sekadar menyalin hasil kerja program generatif.

Rangkaian panjang dari sintaks PEAS ini terbukti secara empiris tidak membebani kapasitas memori kerja mahasiswa selama proses pembelajaran berlangsung. Instruksi langkah demi langkah secara efektif meminimalkan penumpukan memori sesaat sehingga energi mental peserta didik tersalurkan secara optimal (Amthari et al., 2021). Desain E-LKPD yang disematkan langsung di dalam LMS membuat transisi dari membaca materi ke menganalisis data terasa sangat mulus. Distribusi beban mental ini sangat esensial saat mempelajari topik sains yang penuh dengan representasi mikroskopis abstrak. Teknologi pendidikan yang baik harus berfungsi sebagai katalisator pemahaman, bukan justru menjadi distraksi baru di kelas.

Kendati mendapatkan skor kepraktisan yang tinggi, peneliti tetap mengakomodasi beberapa catatan minor dari mahasiswa untuk perbaikan desain produk. Beberapa istilah perintah di dalam draf awal dinilai masih terlalu kaku sehingga membingungkan mahasiswa saat pertama kali mengoperasikannya. Perbaikan struktur kalimat instruksional diperlukan agar interpretasi perintah oleh mesin komputasi dan mahasiswa menjadi benar-benar sinkron (Fatoni & Nasution, 2025). Sebagai solusi tindak lanjut, peneliti menambahkan fitur glosarium ringkas dan contoh prompt spesifik di panel bantuan antarmuka lembar kerja. Menindaklanjuti masukan dari pengguna lapangan merupakan esensi hakiki untuk memastikan kualitas dalam tahapan siklus pengembangan produk akademik (Luo et al., 2025).

Secara keseluruhan, pemanfaatan E-LKPD berbasis sintaks PEAS di dalam ekosistem LMS menawarkan prospek yang sangat menjanjikan untuk memajukan pembelajaran biologi. Hasil riset tahap awal ini mematahkan stigma bahwa integrasi kecerdasan buatan hanya akan mencetak generasi pelajar yang malas berpikir kritis. Validitas dan kepraktisan dari inovasi E-LKPD ini justru membuka cakrawala baru bagi upaya modernisasi pedagogi sains di Indonesia (Zahroh & Yuliani, 2021). Program studi kini memiliki alternatif metodologis yang teruji untuk menyelenggarakan eksperimen laboratorium virtual pendorong ketajaman nalar (Shah & Asad, 2024). Implementasi berkelanjutan pada skala kelas yang lebih luas di masa mendatang diharapkan dapat mengonfirmasi efektivitas produk ini secara komprehensif.

## KESIMPULAN

Pengembangan purwarupa E-LKPD Biologi berbasis model instruksional PEAS (Prompt, Evaluate, Analyze, Synthesize) yang terintegrasi di dalam Learning Management System (LMS) telah terbukti memenuhi standar kelayakan dan kepraktisan yang sangat memadai melalui fase uji terbatas. Validasi pakar menegaskan bahwa instrumen ini tidak hanya

akurat secara substansi keilmuan, tetapi juga sangat fungsional secara teknis saat disematkan ke dalam platform LMS universitas. Lebih dari itu, respons positif dari mahasiswa Biologi mengonfirmasi bahwa panduan praktikum ini berhasil merespons kesenjangan pedagogis yang selama ini terjadi pada pembelajaran jarak jauh. Kehadiran asisten virtual cerdas di dalam lembar kerja sukses bertindak sebagai perancah kognitif yang menstimulasi daya nalar kritis tanpa mengambil alih proses investigasi mandiri mahasiswa.

Sebagai prospek aplikasi ke depan, inovasi media pembelajaran ini menjanjikan transformasi signifikan bagi pelaksanaan laboratorium virtual sains di tingkat pendidikan tinggi. Mengingat riset ini baru sampai pada tahap evaluasi skala kecil, penelitian lanjutan sangat direkomendasikan untuk mengukur tingkat efektivitas media melalui desain eksperimental pada populasi kelas yang sebenarnya. Pengembangan berikutnya juga dapat diarahkan untuk mengadaptasi kerangka E-LKPD berbasis AI ini pada berbagai mata kuliah biologi terapan lainnya, guna memastikan ketangguhan sistem dalam mengakomodasi berbagai tingkat kerumitan analisis data saintifik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A., Andika, A. N. A., & Jamaluddin, A. B. (2026). LMS-based blended learning to improve students' collaboration skills in biology learning. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/biosfer/article/view/56615>
- Ahmad, N. H., & Yuliani, Y. (2025). E-LKPD Interaktif Berbasis Inkuiri: Upaya Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 14(3), 669-679. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v14n3.p669-679>
- Al Naqbi, H., Bahroun, Z., & Ahmed, V. (2024). Enhancing Work Productivity through Generative Artificial Intelligence: A Comprehensive Literature Review. *Sustainability*, 16(3), 1166. <https://doi.org/10.3390/su16031166>
- Alfiyana, D., Munawaroh, L. F., Sabila, M., Dewi, L. R., & Alam, P. (2026). Analisis media pembelajaran berbasis deep learning pada pembelajaran biologi tingkat SMA. *Jurnal Biologi Babasal*, 6(1), 41-51. <https://doi.org/10.36312/educatoria.v6i1.860>
- Almareta, R., & Paidi. (2021, February). Biology teachers used Learning Management System (LMS) for collaborative learning. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1788, No. 1, p. 012029). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1788/1/012029>
- Amaral, C. R., Riyanto, Y., Dewi, U., & Mones, A. Y. (2025). The effectiveness of collaborative learning based on mobile learning in a learning management system to improve science competence in biology education students. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 9(5), 1776–1787. <https://doi.org/10.55214/25768484.v9i5.7287>
- Amthari, W., Muhammad, D., & Anggereini, E. (2021). Pengembangan E-LKPD berbasis saintifik materi sistem pernapasan pada manusia kelas XI SMA. *BIODIK*, 7(3), 28–35. <https://doi.org/10.22437/bio.v7i3.13239>
- Anjiana, R., Yulastuti, I., Rayahu, A., Kristiani, Y., & Mustofa, R. F. (2025). Optimasi penggunaan laboratorium IPA di SMP: Evaluasi ketersediaan sarana prasarana. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(1), 103–113. <https://doi.org/10.21831/jpms.v13i1.84339>

- Aslam, M., Azis, A. A., & Adnan, A. (2021). Pengembangan E-LKPD berbasis SALINGTEMAS materi perubahan lingkungan kelas X SMA. *Jurnal Biotek*, 9(2), 224–243. <https://doi.org/10.24252/jb.v9i2.25885>
- Asrizal, Yurnetti, & Usman, E. A. (2022). Lembar kerja peserta didik (LKPD) interaktif materi IPA sistem pernapasan manusia. *Journal for Lesson and Learning Studies*, 5(1), 10–18. <https://doi.org/10.23887/jlls.v5i1.45261>
- Azizah, M. I., & Kuswanti, N. (2022). Pengembangan E-LKPD berbasis think pair share pada materi sistem gerak. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 11(2), 405–417. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v11n2.p405-417>
- Budi, S. I., Waluyo, J., & Hariyadi, S. (2020). Effectiveness of science textbooks based on socio-scientific issues in biotechnology materials to improve creative thinking ability. *International Journal of Advanced Research*, 8(4), 140–144. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/10757>
- Chaniago, O. A. (2022). Junior highschool students' critical thinking ability in biology learning through liveworksheet E-LKPD. *Biosfer Jurnal Tadris Biologi*, 13(2), 173–182. <https://doi.org/10.24042/biosfer.v13i2.13381>
- Duran, T., & Dikmenli, M. (2025). Use of artificial intelligence in biology education: A systematic review of literature. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 21, 1-21. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1487538>
- Fadilah, M., Ananda, S., Asri, N. A., Fitri, R., Alberida, H., & Kartina, D. (2022). Development of socioscientific case-based worksheet in biology topics for IX grade. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(3), 654–668. <https://doi.org/10.24815/JPSI.V10I3.25162>
- Fatoni, F., & Nasution, N. E. A. (2025). Artificial intelligence and inequality: Examining social divides created by technological advancements. *International Journal of Innovations in Science, Engineering and Management*, 3, 228-236. <https://doi.org/10.69968/ijisem.2024v3si2228-236>
- Hariningwang, C. N., & Fitrihidajati, H. (2020). Profil Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Praktikum Materi Perubahan Lingkungan dan Daur Ulang Limbah Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Terintegrasi. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 9(1), 49-59. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu/article/view/32309>
- Hasanah, I., & Wisanti, W. (2023). Pengembangan E-LKPD Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan Berbasis Guided Discovery untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Terintegrasi. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 12(3), 707-718. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v12n3.p706-717>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Leon, C., Lipuma, J., & Oviedo-Torres, X. (2025, July). Artificial intelligence in STEM education: A transdisciplinary framework for engagement and innovation. In *Frontiers*

- in *Education* (Vol. 10, p. 1619888). Frontiers. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1619888>
- Lestari, I., & Rakhmawati, A. (2024). Pengembangan LKPD berbasis project based learning untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi. *Jurnal Edukasi Biologi*, 10(2), 177–190. <https://doi.org/10.21831/edubio.v10i2.19644>
- Liua, Y., Salehb, S., & Huang, J. (2021). Artificial intelligence in promoting teaching and learning transformation in schools. *Artificial Intelligence*, 15(3), 1-12. <https://doi.org/10.53333/IJICC2013/15369>
- Lizano-Sánchez, F., Idoyaga, I. J., Orduna, P., Rodriguez-Gil, L., & Arguedas-Matarrita, C. (2025, November). Students' interactions with an artificial intelligence assistant in a remote chemistry laboratory. In *Frontiers in Education* (Vol. 10, p. 1712743). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1712743>
- Luo, J., Zheng, C., Yin, J., & Teo, H. H. (2025). Design and assessment of AI-based learning tools in higher education: A systematic review. *TechComp Innovations*, 1(2), 59-67. <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00540-2>
- Mariza, F., & Aini, S. (2025). Validitas dan Praktikalitas e-LKPD Berbasis Problem Based Learning pada Materi Struktur Atom untuk Fase E. *JiIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(3), 2813-2818. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i3.7276>
- Milatti, S. I., & Fitrihidajati, H. (2024). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis Problem Based Learning pada Materi Perubahan Lingkungan untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 13(3). <https://doi.org/10.26740/bioedu.v13n1.p66-78>
- Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023). Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: Five strategies, including prompts. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243>
- Musdalifah, M., Lumowa, S. V. T., & Rambitan, V. M. M. (2024). Development of Canva-based electronic student worksheet (E-LKPD) to improve student biology learning outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(3), 1093–1104. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.6929>
- Nasr, N. R., Tu, C. H., Werner, J., Bauer, T., Yen, C. J., & Sujo-Montes, L. (2025). Exploring the Impact of Generative AI ChatGPT on Critical Thinking in Higher Education: Passive AI-Directed Use or Human–AI Supported Collaboration?. *Education Sciences*, 15(9), 1198. <https://doi.org/10.3390/educsci15091198>
- Nasution, M. R., Arilia, M. S., Sari, P. P., Fadhilah, V. P., Nasution, M. K., Tanjung, I. F., & Jayanti, U. N. A. D. (2022). Analisis Faktor Kesulitan Belajar Materi Bioteknologi Pada Siswa SMA Di Pematang Siantar. *Journal of Biology Education Science and Technology*, 5(2), 229-234. <https://doi.org/10.30743/best.v5i2.5666>
- Ningsih, S., Suhardi, M., Sari, I. N., Wulan, D. S., Fadillah, M., & Amalia, N. (2025). Implementasi Learning Management System (Lms) Di Lingkungan Pendidikan Tinggi. *EDUTECH : Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi*, 5(2), 422-432. <https://doi.org/10.51878/edutech.v5i2.6370>

- Nisa, W. Z., & Fitrihidajati, H. (2024). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik Elektronik Berbasis Problem Based Learning pada Sub Materi Pencemaran Lingkungan untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 13(1). <https://doi.org/10.26740/bioedu.v13n1.p30-38>
- Novitasari, F., & Puspitawati, R. P. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Solving pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Kelas XII SMA. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 3(1), 31-42. <https://doi.org/10.26740/jipb.v3n1.p31-42>
- Octavia, F., Wahyuni, D., & Supeno, S. (2022). Pengembangan E-LKPD untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa SMP pada pembelajaran IPA. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2), 2345–2353. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i2.2332>
- Papaneophytou, C., & Nicolaou, S. A. (2025). Promoting critical thinking in biological sciences in the era of artificial intelligence. *Trends in Higher Education*, 4(2), Article 24. <https://doi.org/10.3390/higheredu4020024>
- Rahman, M., & Watanobe, Y. (2023). Generative AI and cognitive load: Navigating critical thinking in modern education. *Computers & Education*, 185, 104523.
- Rashid, M., & Kausik, S. (2024). AI revolutionizing industries worldwide: A comprehensive overview of its diverse applications. *Hybrid Advances*, 7(1), 1-34. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100277>
- Rios, P., Alvarez, R., & Gomez, L. (2025). Integrating AI literacy into secondary biology education: An interdisciplinary approach. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-025-00476-8>
- Shah, S. S., & Asad, M. M. (2024). Exploring the role of artificial intelligence in enhancing student motivation and cognitive development in higher education. *TechComp Innovations*, 1(2), 59-67.
- Sholihah, T. A., & Faizah, U. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Materi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 14(2), 502-511. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v14n2.p502-511>
- Susilowati, D., & Wisanti, W. (2023). Pengembangan E-LKPD Keanekaragaman Hayati Berbasis Learning Cycle 5E (LC5E) untuk Melatih Berpikir Kritis. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 12(2), 343-355. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v12n2.p343-355>
- Usak, M. (2024). Artificial intelligence in biology education. *Journal of Baltic Science Education*, 23(5), 806-808. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.806>
- Zahroh, D. A., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan e-LKPD berbasis literasi sains untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi pertumbuhan dan perkembangan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 605-616. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p605-616>