

Pengembangan E-LKPD Berbasis *Guided Discovery* dengan Memanfaatkan OLabs pada Submateri Fotosintesis untuk Melatih Keterampilan Proses Sains Siswa

Sri Handayani Astuti¹, Pipit Marianingsih², Rifki Survani³
^{1,2,3} Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Ciwaru Raya, Serang, Indonesia
Email: srihandayaniastuti.172@gmail.com

ABSTRACT

The utilization of virtual laboratory technology provides practical learning experiences that enhance students' science process skills. However, structured guidance through an E-LKPD is necessary to ensure effective and well-directed experimentation. This study aims to develop an E-LKPD based on guided discovery utilizing OLabs for the photosynthesis subtopic to improve students' science process skills and to evaluate its feasibility through expert validation, individual trials with teachers, and small-group trials with students. The research method employed is Research and Development (R&D), adapted from the ADDIE model, encompassing the analysis, design, and development stages up to the formative evaluation sub-stage. The study was conducted from May 2024 to May 2025 at Sultan Ageng Tirtayasa University and SMAN 1 Cikeusal. The feasibility assessment showed scores of 92% (highly feasible) from material expert validation and 95% (highly feasible) from media expert validation, with a reliability test indicating a percentage agreement (PA) of 93% (reliable). Individual trials with biology teachers yielded 85% (highly feasible), while small-group trials with 12th-grade science students resulted in 80% (feasible). Based on the results, the E-LKPD, based on guided discovery utilizing OLabs is highly feasible for implementation as a teaching material to enhance students' understanding of photosynthesis concepts and improve their science process skills.

Keywords: E-LKPD, guided discovery, OLabs, photosynthesis, science process skills.

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi laboratorium virtual dapat memberikan pengalaman praktikum yang mendukung peningkatan keterampilan proses sains siswa. Akan tetapi, diperlukan panduan berupa E-LKPD agar eksperimen lebih terarah dan efektif dalam mengembangkan keterampilan siswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan E-LKPD berbasis *guided discovery* dengan memanfaatkan OLabs pada submateri fotosintesis untuk melatih keterampilan proses sains siswa serta mengetahui kelayakannya berdasarkan validasi ahli, uji coba perorangan pada guru, dan uji coba kelompok kecil pada siswa. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan mengadaptasi model ADDIE, yang mencakup tahap analisis, desain, dan pengembangan sampai subtahap evaluasi formatif. Penelitian dilaksanakan pada Mei 2024–Mei 2025 di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan SMAN 1 Cikeusal. Hasil validasi ahli materi menunjukkan skor 92% (sangat layak), sedangkan validasi ahli media memperoleh skor 95% (sangat layak), dengan uji reliabilitas memperoleh *percentage agreement* (PA) sebesar 93% (reliabel). Adapun hasil uji coba perorangan pada guru memperoleh skor 85% (sangat layak), sementara uji coba kelompok kecil pada siswa kelas XII IPA memperoleh skor 80% (layak). Berdasarkan hasil penelitian, E-LKPD berbasis *guided discovery* yang memanfaatkan OLabs termasuk dalam kategori sangat layak untuk dilanjutkan ke tahap implementasi sebagai bahan ajar untuk memahami konsep fotosintesis dan melatih keterampilan proses sains siswa.

Kata Kunci: E-LKPD, fotosintesis, guided discovery, keterampilan proses sains, OLabs.

Cara sitasi: Astuti, S. H., Marianingsih, P., & Survani, R. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis *Guided Discovery* dengan Memanfaatkan OLabs pada Submateri Fotosintesis untuk Melatih Keterampilan Proses Sains Siswa. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*. 13 (2), 135-146. DOI: <http://dx.doi.org/10.25157/jpb.v13i2.20156>

PENDAHULUAN

Biologi merupakan disiplin ilmu yang fokus pada penyelidikan dan pemahaman tentang makhluk hidup dan kehidupannya (Agustina *et al.*, 2021). Pembelajaran biologi melibatkan kegiatan mengeksplorasi dan memahami alam secara terstruktur, tidak hanya mengenai pengumpulan informasi tetapi juga melibatkan proses penemuan yang dapat mendorong keterampilan proses sains (KPS) (Harefa *et al.*, 2022; Rosdiani & Erlin, 2022).

Keterampilan proses sains (KPS) penting untuk dikembangkan karena merupakan keterampilan dasar yang diperlukan siswa dalam menyelesaikan berbagai masalah dalam kehidupan sehari-hari (Syazali *et al.*, 2021). Selain itu, siswa dengan KPS yang baik cenderung lebih mudah memahami materi pembelajaran, karena dengan KPS siswa dapat terampil dalam menemukan konsep dan mengembangkan ilmu pengetahuannya secara mandiri (Inayah *et al.*, 2020; Wulandari *et al.*, 2021). Siswa dapat mengembangkan KPS melalui pengalaman langsung yang dipandu oleh guru selama proses pembelajaran (Bahri *et al.*, 2022), misalnya melalui metode praktikum (Fitriani *et al.*, 2021).

Kegiatan praktikum merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses pembelajaran biologi, hal ini dikarenakan banyaknya konsep abstrak dalam materi biologi yang seringkali menyebabkan miskonsepsi dan sulit dipahami oleh peserta didik, salah satunya materi fotosintesis (Muspikawijaya *et al.*, 2017; Rahmah *et al.*, 2021). Akan tetapi, berdasarkan hasil wawancara guru di SMAN 1 Cikeusal, kegiatan praktikum pada submateri fotosintesis tidak dapat dilakukan karena sulitnya mendapatkan tanaman air (*Hydrilla* sp.) untuk melakukan praktikum ingenhousz. Selain itu, faktor penghambat lainnya adalah keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium yang memadai dan keterbatasan waktu yang dapat dialokasikan untuk kegiatan praktikum dalam jadwal pembelajaran. Oleh karena itu, proses pembelajaran di sekolah belum sepenuhnya mendukung siswa dalam mempelajari ilmu pengetahuan melalui pendekatan ilmiah untuk menunjang KPS siswa. Kondisi ini sejalan dengan laporan PISA 2022 yang menunjukkan bahwa keterampilan sains siswa Indonesia masih rendah, dengan hanya 34% yang mencapai level minimum, jauh di bawah rata-rata OECD sebesar 76%, dan hampir tidak ada yang sampai level tinggi (OECD, 2023). Penelitian Inayah *et al.* (2020) juga mengungkapkan bahwa tingkat KPS siswa SMA pada mata pelajaran biologi masih tergolong pada kategori cukup dengan skor 58. Fakta ini menegaskan diperlukannya upaya dan perhatian khusus untuk meningkatkan KPS siswa dalam proses pembelajaran.

Salah satu upaya untuk memberikan pengalaman pembelajaran praktikum sekaligus meningkatkan KPS siswa adalah dengan memanfaatkan teknologi seperti laboratorium virtual di sekolah (Lestari, 2018; Lestari *et al.*, 2023). Laboratorium virtual merupakan platform simulasi yang memungkinkan pengguna melakukan eksperimen secara digital melalui perangkat elektronik tanpa terhambat oleh keterbatasan fasilitas laboratorium dan waktu, sehingga dapat mengurangi biaya praktikum, serta meningkatkan pemahaman materi, motivasi belajar, dan KPS siswa (Hermana *et al.*, 2022). Salah satu laboratorium virtual yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran adalah OLABs yang menyediakan fitur interaktif seperti simulasi, animasi, dan video eksperimen (Bhati & Kumar, 2020). Akan tetapi, OLABs belum tersedia dalam bahasa Indonesia dan belum dilengkapi lembar kerja siswa. Oleh karena itu, diperlukan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) untuk memandu siswa dalam memanfaatkan laboratorium virtual agar eksperimen lebih terarah dan dapat meningkatkan keterampilan siswa (Astriani *et al.*, 2021).

Pembelajaran menggunakan E-LKPD untuk memandu siswa dalam melakukan kegiatan eksperimen dapat dioptimalkan dengan menerapkan model *guided discovery* yang mendorong siswa aktif menemukan konsep dengan bimbingan dari guru (Ariyani *et al.*, 2017). Berdasarkan hasil angket siswa di SMAN 1 Cikeusal menunjukkan mayoritas siswa lebih memahami materi biologi melalui praktikum dan mendengarkan penjelasan guru, sedangkan hanya sedikit siswa yang mampu belajar

mandiri. Kondisi ini menegaskan perlunya model pembelajaran yang memberi arahan, terutama pada materi fotosintesis yang bersifat abstrak dan sering menimbulkan miskonsepsi. Selain itu, Fitriyani dan Yuliani (2021) menjelaskan bahwa model *guided discovery* selaras dengan indikator KPS karena tahapannya, mulai dari pengamatan, perumusan hipotesis, percobaan, hingga penarikan kesimpulan, secara langsung melatih keterampilan mengamati, menafsirkan data, dan menyimpulkan. Dengan demikian, *guided discovery* tidak hanya membantu pemahaman konsep fotosintesis, tetapi juga secara langsung memperkuat KPS siswa.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa E-LKPD berbasis *guided discovery* juga efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Habsyi *et al.*, 2022) dan hasil belajar siswa (Yola & Kurniawati, 2023). Akan tetapi, pada penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan E-LKPD berbasis *guided discovery* dengan laboratorium virtual. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan E-LKPD berbasis *guided discovery* yang memanfaatkan OLabs pada submateri fotosintesis untuk melatih KPS siswa. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan model *guided discovery* dengan laboratorium virtual, sehingga dapat menyediakan bahan ajar digital yang tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep abstrak, tetapi juga melatih KPS siswa secara lebih terarah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan SMAN 1 Cikeusl, dengan melibatkan 3 (tiga) ahli materi, 3 (tiga) ahli media, 3 (tiga) guru biologi, dan 20 (dua puluh) siswa kelas XII IPA SMAN 1 Cikeusl sebagai subjek penelitian. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan desain penelitian mengadaptasi model ADDIE. Pemilihan model ADDIE didasarkan pada keunggulannya yang terstruktur dan sistematis dalam mengatasi permasalahan pembelajaran terkait bahan ajar (Fardila *et al.*, 2023). Selain itu, model ini memungkinkan adanya evaluasi pada setiap tahap sehingga meminimalisasi kekurangan produk pada tahap akhir (Arina *et al.*, 2020). Pada penelitian ini, tahapan yang dilakukan meliputi analisis (*analyze*), desain (*design*), dan pengembangan (*develop*) sampai subtahap evaluasi formatif (*evaluate*). Penelitian dibatasi hanya sampai pada tahap pengembangan (*develop*) karena fokus penelitian ini adalah menghasilkan prototipe E-LKPD yang layak diimplementasikan berdasarkan validasi ahli dan uji respons pengguna, bukan untuk mengukur efektivitas produk pada skala luas.

Teknik pengambilan data untuk memperoleh data terkait kesenjangan kinerja dan analisis siswa dilakukan melalui wawancara, penyebaran angket, dan studi literatur. Adapun teknik pengambilan data untuk menilai kelayakan produk diperoleh melalui validasi oleh ahli materi dan ahli media, uji coba perorangan pada guru, serta uji coba kelompok kecil pada siswa. Instrumen yang digunakan dalam validasi ahli materi dan media adalah angket tertutup berbentuk *checklist* dengan skala likert, yang memuat pernyataan-pernyataan terkait dengan produk yang telah dikembangkan (Tabel 1 & 2), sedangkan instrumen untuk uji coba perorangan dan uji coba kelompok kecil diadaptasi dari paket kuesioner yang biasa digunakan untuk mengukur kelayakan produk berdasarkan kepuasan pengguna, yaitu *USE Questionnaire*. Terdapat empat aspek yang diukur dalam *USE Questionnaire*, yakni kegunaan (*usefulness*), kemudahan penggunaan (*ease of use*), kemudahan dipelajari (*ease of learning*), dan kepuasan (*satisfaction*) (Rian *et al.*, 2023) (Tabel 3). Data yang telah dikumpulkan diolah dengan mengonversi penilaian kualitatif menjadi bentuk kuantitatif, sesuai dengan pedoman pemberian skor yang tercantum pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 1. Kisi-Kisi Validasi Ahli Materi

No	Aspek	Kriteria
1	Kelayakan Isi	Kesesuaian Materi dengan Indikator Pencapaian Kompetensi yang telah ditetapkan. Keakuratan Materi Kemutakhiran Materi
2	Kebahasaan	Penggunaan Bahasa
3	Penyajian	Teknik Penyajian Materi
4	Langkah <i>Guided Discovery</i>	Keterpaduan sintaks <i>Guided Discovery</i> pada E-LKPD
5	Keterampilan Proses Sains	Ketercapaian Tujuan Melatih Keterampilan Proses Sains

Tabel 2. Kisi-Kisi Validasi Ahli Media

No	Aspek	Kriteria
1	Penyajian Kegrafikaan	Tipografi Ilustrasi Tata Letak
2	Kelengkapan Media	Kesesuaian dengan Format Penyusunan E-LKPD Menurut Direktorat Pembinaan SMA (2010)
3	Kemudahan Penggunaan	Sistematika Penyajian Kemudahan Pengoperasian

Tabel 3. Kisi-Kisi Instrumen Uji Coba Pengguna

No	Aspek	Kriteria
1	<i>Usefulness</i>	Efektivitas dalam pembelajaran Memudahkan pemahaman tentang suatu konsep
2	<i>Ease of Use</i>	<i>User Friendly</i> (ramah pengguna)
3	<i>Ease of Learning</i>	Kemudahan dipelajari Keterampilan proses sains
4	<i>Satisfaction</i>	Kepuasan pengguna

Tabel 4. Pedoman Pemberian Skor Validasi Ahli Materi dan Ahli Media

Keterangan	Skor
Jika tidak sesuai	1
Jika sesuai dengan catatan	2
Jika sesuai tanpa catatan	3

[Modifikasi dari Riduwan, 2012]

Tabel 5. Pedoman Pemberian Skor Uji Coba Perorangan dan Uji Coba Kelompok Kecil

Keterangan	Skor
Sangat Setuju (SS)	5
Setuju (ST)	4
Ragu-ragu (RG)	3
Tidak Setuju (TS)	2
Sangat Tidak Setuju (STS)	1

[Sugiyono, 2022]

Data kuantitatif yang telah didapatkan, kemudian dihitung menggunakan rumus penilaian kelayakan menurut Kasturi *et al.* (2022).

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase kelayakan

$\sum x$ = Jumlah skor yang diperoleh

$\sum xi$ = Jumlah skor maksimum

Skor rata-rata persentase dari penilaian produk selanjutnya diinterpretasikan sesuai dengan kategori yang tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Kualifikasi Tingkat Kelayakan

Skor Tingkat Pencapaian (%)	Interpretasi
0-20	Tidak layak
21-40	Kurang layak
41-60	Cukup layak
61-80	Layak
81-100	Sangat Layak

[Kasturi *et al.*, 2022]

Selanjutnya, untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan konsisten dan dapat diandalkan, dilakukan pengukuran pemahaman antar penilai (*inter-rater reliability*). Dalam penelitian ini, reliabilitas diukur menggunakan *percentage agreement*, yaitu persentase kesesuaian penilaian antar validator. Data penilaian dianggap reliabel jika persentase kesepakatan >75% (Borich, 2016). Rumus untuk menghitung *Percentage Agreement* (PA) adalah sebagai berikut:

$$PA = \left(1 - \frac{A - B}{A + B} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

PA = Percentage Agreement

A = Rata-rata skor validator yang paling tinggi

B = Rata-rata skor validator yang paling rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap *Analyze*

Tahap Analisis dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab kesenjangan kinerja dan menentukan solusi yang dapat diterapkan guna mengatasi masalah tersebut. Langkah-langkah dalam tahap analisis meliputi validasi kesenjangan kinerja, menentukan tujuan instruksional, analisis siswa, mengaudit sumber daya yang tersedia, menyusun rencana kegiatan, dan evaluasi tahap analisis.

Hasil yang diperoleh dari tahap analisis, diketahui bahwa SMAN 1 Cikeusl masih menerapkan kurikulum 2013 revisi untuk kelas 12. Menurut Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 36 tahun 2018, kurikulum 2013 revisi dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang berkualitas, interaktif, dan kontekstual, yang seluruh kegiatannya berpusat pada peserta didik dengan menggunakan pendekatan saintifik meliputi kegiatan mengamati, menanya,

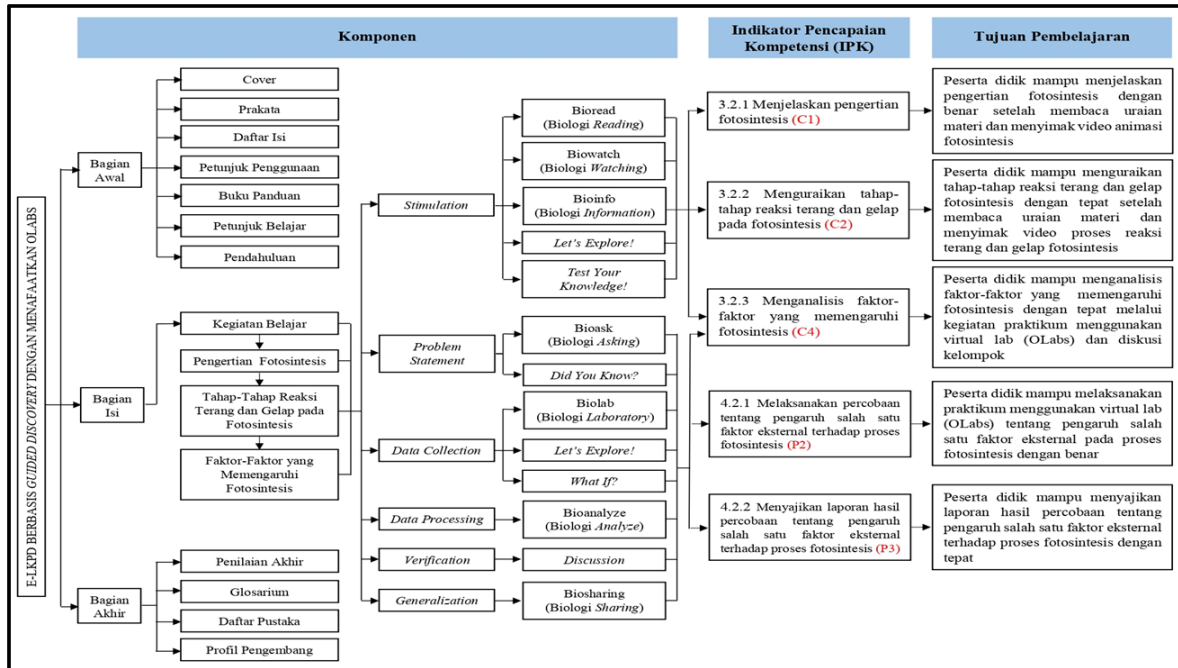
mengumpulkan informasi, mengolah informasi, dan mengomunikasikan, yang merupakan bagian dari Keterampilan Proses Sains (KPS), sehingga siswa juga dituntut untuk menguasai KPS dalam proses pembelajaran.

Hasil analisis juga menunjukkan adanya beberapa kendala dalam pembelajaran biologi khususnya pada submateri fotosintesis, yaitu bahan ajar yang digunakan di SMAN 1 Cikeusal masih bersifat konvensional dan tidak ada bahan ajar khusus pada submateri fotosintesis, sehingga siswa kesulitan memahami konsep fotosintesis yang abstrak dan kompleks karena materi tidak disajikan secara visual dan interaktif. Berdasarkan hasil angket, 70% siswa lebih memahami materi biologi melalui praktikum. Akan tetapi, terbatasnya fasilitas dan waktu praktikum membuat kegiatan praktikum kurang optimal dan kegiatan praktikum pada submateri fotosintesis yang seharusnya dapat mendukung capaian kompetensi dasar biologi kelas XII 3.2 dan 4.2 tidak dapat dilaksanakan. Oleh karena itu, diperlukan bahan ajar digital khusus pada submateri fotosintesis dengan memanfaatkan OLABS dilengkapi multimedia interaktif untuk memfasilitasi kegiatan praktikum serta memenuhi dan mengoptimalkan pencapaian kompetensi dasar 3.2 dan 4.2 serta tuntutan kurikulum 2013 revisi mengenai KPS.

2. Tahap Design

Pada tahap desain, dilakukan perancangan spesifikasi E-LKPD yang terdiri atas lima tahapan, yaitu menyusun daftar tugas, menyusun tujuan pembelajaran, menyusun struktur navigasi dan *storyboard*, menentukan strategi pengujian, dan evaluasi tahap desain. Hasil yang diperoleh dari tahap desain yaitu penjabaran IPK, uraian materi, dan tujuan pembelajaran. Selain itu, dihasilkan struktur navigasi dan *storyboard* yang berisi komponen E-LKPD terdiri atas tiga bagian yang meliputi 1) bagian awal, mencakup *cover*, prakata, daftar isi, petunjuk penggunaan, buku panduan, petunjuk belajar, dan pendahuluan; 2) bagian isi, yang menjadi inti dari E-LKPD, berisi kegiatan belajar yang disusun berdasarkan sintaks *guided discovery*; 3) bagian akhir, meliputi penilaian akhir, glosarium, daftar pustaka, dan profil pengembang (Gambar 1).

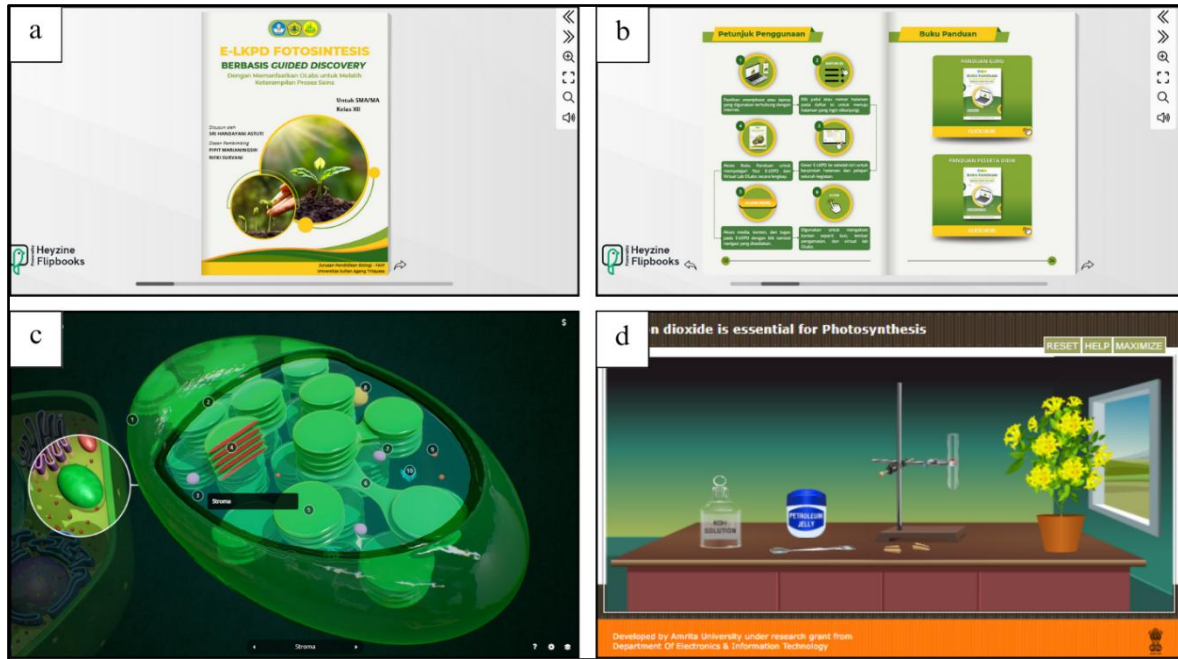
Selanjutnya, strategi pengujian pada E-LKPD mencakup ranah kognitif dan psikomotor. Ranah kognitif diukur melalui soal evaluasi berupa soal menjodohkan, pilihan ganda, dan isian singkat, sedangkan ranah psikomotorik dinilai melalui lembar penilaian unjuk kerja serta laporan hasil praktikum. Penilaian ini memungkinkan guru untuk mengevaluasi pemahaman siswa, meningkatkan keterlibatan dalam kegiatan praktikum, serta melatih kemampuan mengomunikasikan hasil melalui laporan yang disusun dengan jelas dan terstruktur.



Gambar 1. Sktruktur Komponen E-LKPD

3. Tahap Develop

Tahap pengembangan adalah tahap realisasi desain produk dan evaluasi kelayakan produk yang telah dikembangkan. Tahap pengembangan terdiri atas lima tahapan, yaitu menghasilkan konten, mengembangkan produk, mengembangkan panduan penggunaan, melakukan evaluasi formatif, dan evaluasi tahap pengembangan. Tahap menghasilkan konten dilakukan dengan mengumpulkan komponen-komponen penunjang E-LKPD yang terdiri atas gambar, teks, video, model 3D (Gambar 2c), kontrol navigasi, media evaluasi, dan OLabs (Gambar 2d). Tahap mengembangkan produk bertujuan untuk merealisasikan rancangan E-LKPD menggunakan Canva untuk mendesain berbagai elemen dalam E-LKPD, seperti cover (Gambar 2a), background, gambar, bentuk, ikon tombol, teks, dan komponen pendukung lainnya, dengan merujuk pada storyboard yang telah disusun. Setelah desain E-LKPD selesai dibuat di Canva, langkah selanjutnya adalah mengonversi desain tersebut ke Heyzine untuk mengubah E-LKPD menjadi *flipbook* interaktif yang dapat diakses melalui tautan berbagi pada Heyzine dalam format HTML. Selanjutnya, dikembangkan panduan penggunaan untuk membantu guru dan siswa dalam memanfaatkan E-LKPD secara optimal dalam proses pembelajaran, sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai (Gambar 2b).



Gambar 2. Tampilan E-LKPD. a) Cover; b) Panduan Penggunaan; c) Model 3D; d) OLabs

Kegiatan peserta didik dalam E-LKPD ini dikembangkan dengan langkah-langkah model *guided discovery*, yang disetiap langkahnya dilengkapi konten-konten untuk menunjang KPS siswa. Rincian langkah-langkah *guided discovery*, KPS yang dilatih, serta konten penunjang KPS dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kegiatan Peserta Didik pada E-LKPD

No	Langkah <i>Guided Discovery</i>	KPS	Konten Penunjang KPS
1	Tahap stimulasi (<i>stimulation</i>) adalah fase pemberian rangsangan atau stimulus seperti bacaan, gambar, atau situasi yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang akan dijelaskan.	Mempertanyakan dan memprediksi	1. <i>Let's Explore</i> berisi pertanyaan pemandu untuk memicu rasa ingin tahu peserta didik dan mendorong eksplorasi lebih lanjut 2. <i>Biowatch</i> berisi video mengenai materi fotosintesis dalam bentuk animasi 3. <i>Test Your Knowledge</i> berisi pertanyaan reflektif untuk memastikan siswa menyimak video dengan baik 4. <i>Bioread</i> berupa tautan materi fotosintesis secara lengkap 5. <i>Bioinfo</i> berisi informasi salah-satu percobaan yang telah dilakukan ahli pada proses fotosintesis
2	Tahap identifikasi masalah (<i>problem statement</i>) adalah fase untuk mengajukan pertanyaan, merumuskan masalah, dan mencari informasi.	Mempertanyakan dan memprediksi	1. <i>Bioask</i> yang membimbing peserta didik untuk membuat rumusan masalah dan hipotesis yang dapat dibuktikan melalui percobaan yang akan dilakukan 2. <i>Did You Know</i> berisi informasi yang menarik terkait tugas yang diberikan
3	Tahap pengumpulan data (<i>data collection</i>) adalah fase untuk mencari dan mengumpulkan informasi yang relevan atau	Mengamati, merencanakan dan melakukan penyelidikan	1. <i>Biolab</i> berisi penjelasan kegiatan laboratorium virtual dengan menggunakan OLabs yang akan dilakukan

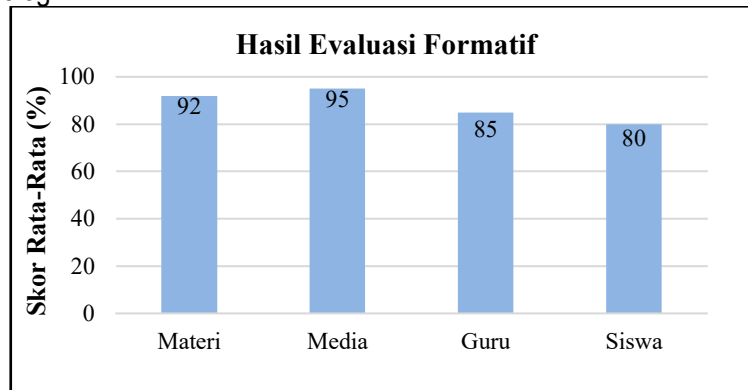
No	Langkah <i>Guided Discovery</i>	KPS	Konten Penunjang KPS
	melakukan percobaan untuk menjawab pertanyaan yang telah diajukan.		2. <i>Let's Explore</i> berisi artikel ilmiah dan pertanyaan pemandu untuk memicu rasa ingin tahu peserta didik dan mendorong eksplorasi lebih lanjut 3. <i>What If</i> berisi pertanyaan pemandu untuk mendorong siswa membuktikan kemungkinan hasil percobaan jika variabel penelitian diubah atau diberi perlakuan tertentu
4	Tahap pengolahan data (<i>data processing</i>) adalah aktivitas yang melibatkan siswa dalam memproses, mengolah, dan menginterpretasi data yang telah dikumpulkan.	Memproses, menganalisis data dan informasi	<i>Bioanalyze</i> yang berisi pertanyaan-pertanyaan yang harus peserta didik jawab setelah melakukan kegiatan laboratorium virtual menggunakan OLabs
5	Tahap verifikasi (<i>verification</i>) merupakan fase untuk memastikan kebenaran data yang telah diolah dengan melibatkan berbagai kegiatan seperti diskusi atau mencari sumber yang relevan.	Mengevaluasi dan refleksi	<i>Discussion</i> sebagai sarana bagi peserta didik untuk melakukan diskusi terkait materi yang telah dipelajari
6	Tahap generalisasi (<i>generalization</i>) merupakan tahap untuk membuat kesimpulan berdasarkan aktivitas pembelajaran yang telah dilaksanakan.	Mengomunikasikan hasil	<i>Biosharing</i> yang dapat membimbing peserta didik untuk membuat kesimpulan dan penjelasan mengenai tugas laporan hasil praktikum yang harus dibuat oleh peserta didik

E-LKPD yang telah selesai dikembangkan selanjutnya dilakukan evaluasi formatif melalui validasi ahli, uji coba perorangan pada guru, dan uji coba kelompok kecil pada siswa untuk menilai kelayakan dan mengetahui respons pengguna sebagai bahan penyempurnaan E-LKPD (Gambar 3). Validasi ahli dilakukan oleh tiga ahli materi dan tiga ahli media, dengan kriteria penilaian pada aspek materi terdiri dari kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, langkah *guided discovery*, dan KPS. Adapun kriteria penilaian pada aspek media terdiri dari penyajian kegrafikaan, kelengkapan media, dan kemudahan penggunaan. Hasil validasi ahli memperoleh nilai rata-rata 92% pada aspek materi dan 95% pada aspek media, yang menunjukkan bahwa E-LKPD termasuk dalam kategori sangat layak untuk digunakan, dengan uji reliabilitas diperoleh nilai *percentage agreement* (PA) sebesar 93%, yang menunjukkan konsistensi penilaian antar validator dan reliabilitas data yang tinggi.

Hasil validasi ahli materi dan media tersebut sejalan dengan penelitian Fitriyani dan Yuliani, (2021), Habsyi *et al.* (2022), serta Yola dan Kurniawati, (2023) yang sama-sama mengembangkan E-LKPD berbasis *guided discovery*. Meskipun bentuk instrumen kelayakan yang digunakan dalam penelitian-penelitian tersebut berbeda, keseluruhannya menunjukkan bahwa pendekatan *guided discovery* yang diintegrasikan dalam E-LKPD mampu meningkatkan kualitas pembelajaran. Dengan demikian, capaian kelayakan berdasarkan validasi ahli materi sebesar 92% dan ahli media sebesar 95% dalam penelitian ini dapat memperkuat hasil penelitian sebelumnya mengenai kemampuan E-LKPD berbasis *guided discovery* dalam meningkatkan kualitas pembelajaran..

Selain memperkuat temuan terdahulu, penelitian ini juga menghadirkan kebaruan pada aspek teknologi yang diintegrasikan dalam E-LKPD. Produk yang dikembangkan tidak hanya memanfaatkan

sintaks *guided discovery*, tetapi juga dilengkapi dengan O Labs yang memungkinkan pelaksanaan praktikum fotosintesis secara virtual, *flipbook* interaktif melalui Heyzine yang membuat navigasi lebih mudah dan menarik, serta model 3D yang membantu memvisualisasikan konsep abstrak secara lebih konkret. Inovasi ini menjadikan E-LKPD lebih komprehensif dan adaptif terhadap keterbatasan fasilitas pembelajaran, sehingga memberikan kontribusi baru dalam pengembangan bahan ajar digital pada mata pelajaran biologi.



Gambar 3. Hasil Evaluasi Formatif

Uji coba perorangan dilakukan kepada tiga guru biologi di SMAN 1 Cikeusl sebagai sasaran pengguna untuk mengamati, menilai, dan memberikan tanggapan terhadap E-LKPD yang telah dikembangkan. Adapun uji coba kelompok kecil dilakukan kepada 20 siswa kelas XII IPA di SMAN 1 Cikeusl untuk mengetahui tanggapan siswa terhadap E-LKPD yang dikembangkan. Proses penilaian pada uji coba perorangan dan uji coba kelompok kecil dilakukan dengan menggunakan angket yang diadaptasi dari *USE Questionnaire*, yang dirancang untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna dengan mencakup empat aspek utama, yaitu kegunaan (*usefulness*), kemudahan penggunaan (*ease of use*), kemudahan dipelajari (*ease of learning*), dan kepuasan (*satisfaction*). Hasil uji coba perorangan memperoleh nilai rata-rata 85% yang termasuk dalam kategori sangat layak, sedangkan hasil uji coba kelompok kecil memperoleh nilai rata-rata 80% yang termasuk dalam kategori layak. Berdasarkan hasil evaluasi formatif secara keseluruhan E-LKPD sangat layak untuk dilanjutkan ke tahap implementasi sebagai bahan ajar untuk memahami konsep fotosintesis dan melatih KPS siswa.

4. Tahap *Evaluate*

Tahap evaluasi bertujuan untuk menilai kualitas E-LKPD yang telah dikembangkan. Evaluasi terdiri atas dua macam, yaitu evaluasi formatif dan evaluasi sumatif (Tegeh *et al.*, 2014). Dalam penelitian ini, hanya dilaksanakan evaluasi formatif untuk menilai kelayakan E-LKPD dan memastikan kesesuaian pada setiap tahap penelitian (*analyze*, *design*, dan *develop*). Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada tahap evaluasi terdiri atas menetapkan kriteria evaluasi, memilih alat evaluasi, dan melakukan evaluasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa, pengembangan prototipe E-LKPD berbasis *guided discovery* dengan memanfaatkan O Labs pada submateri fotosintesis untuk melatih keterampilan proses sains siswa dilakukan menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan desain penelitian yang mengadaptasi model pengembangan ADDIE, yang mencakup tahap analisis, desain, dan pengembangan sampai subtahap evaluasi formatif. prototipe E-LKPD dinyatakan sangat layak digunakan berdasarkan validasi ahli, dengan nilai rata-rata sebesar 92% pada aspek materi dan 95% pada aspek media, serta nilai *percentage agreement* (PA)

sebesar 93%, yang menunjukkan konsistensi penilaian antar validator dan reliabilitas data yang tinggi. Selain itu, E-LKPD juga dinyatakan layak digunakan berdasarkan hasil uji coba perorangan pada guru dengan nilai rata-rata 85% dan uji coba kelompok kecil pada siswa dengan nilai rata-rata 80%.

REKOMENDASI

Hasil penelitian ini memiliki implikasi praktis, yaitu E-LKPD dapat digunakan oleh guru biologi sebagai alternatif bahan ajar digital terutama di sekolah yang terkendala keterbatasan sarana laboratorium, karena E-LKPD ini dilengkapi kegiatan praktikum virtual fotosintesis melalui OLABs serta mendukung KPS siswa. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melanjutkan penelitian ketahap implementasi guna menguji efektivitas produk secara lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, P., Saputra, A., Anif, S., Rayana, A., & Probawati, A. (2021). Analisis Keterampilan Proses Sains dan Sikap Ilmiah Siswa Kelas XI IPA SMA Pada Praktikum Biologi. *Edusains*, 13(1), 1–7.
- Arina, D., Mujiwati, E. S., & Kurnia, I. (2020). Pengembangan Multimedia Interaktif untuk Pembelajaran Volume Bangun Ruang Di Kelas V Sekolah Dasar. *Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 1(2), 168–175.
- Ariyani, R. D., Indrawati, & Mahardika, I. K. (2017). Model Pembelajaran Guided Discovery (GD) Disertai Media Audiovisual dalam Pembelajaran IPA (Fisika) Di SMP. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 6(4), 397–403.
- Astriani, D., Nurita, T., Rosdiana, L., Maulida, A. N., Hidayati, S. N., & Waliyyul, R. (2021). Student Worksheets Based on Virtual Labs: Efforts to Optimize Science Practicum in Pandemic Time. *SEJ (Science Education Journal)*, 5(2), 117–127.
- Bahri, A., Saparuddin, & Hidayat, W. (2022). Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa di Kabupaten Jenepono. *Seminar Nasional Hasil Penelitian*, 479–491.
- Bhati, P., & Kumar, I. (2020). Role of library professionals in a pandemic situation like COVID-19. *International Journal of Library and Information Studies*, 10(2), 33–48.
- Borich, G. D. (2016). *Observation Skills for Effective Teaching: Research-Based Practice*. New York: Routledge.
- Fardila, I., Suhardi, E., & Wijaya, A. (2023). Bahan Ajar Elektronik Gaya dan Gerak Benda Menggunakan Flipbook. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 9(2), 2800–2807.
- Fitriani, R., Maryani, S., Chen, D., Aldila, F. T., Ginting, A. A., Sehab, N. H., & Wulandari, M. (2021). Mendeskripsikan Keterampilan Proses Sains Siswa melalui Kegiatan Praktikum Viskositas di SMAN 1 Muaro Jambi. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(2), 173–179.
- Fitriasari, D. N. M., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik-Elektronik (E-LKPD) Berbasis Guided Discovery untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Terintegrasi pada Materi Fotosintesis Kelas XII SMA. *Bioedu*, 10(3), 510–522.
- Habsyi, R., Saleh, R. R. M., & Nur, I. M. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis Guided Discovery Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 2(1), 1–18.
- Harefa, M., Lase, N. K., & Zega, N. A. (2022). Deskripsi Minat Dan Motivasi Belajar Siswa Pada

- Pembelajaran Biologi. *Educativo: Jurnal Pendidikan*, 1(2), 381–389.
- Hermana, A. H. D., Subekti, H., & Sabtiawan, W. B. (2022). Implementasi Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Motivasi Belajar dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP dalam Pembelajaran IPA. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 10(2), 233–239.
- Inayah, A. D., Ristanto, R. H., Sigit, Di. V., & Miarsyah, M. (2020). Analysis of Science Process Skills in Senior High School Students. *Universal Journal of Educational Research*, 8(4), 15–22.
- Kasturi, L. I., Istiningsih, S., & Tahir, M. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Video Interaktif Pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Siswa Kelas V SDN 2 Batujai. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(1), 116–122.
- Lestari, Aprilia, L., Fortuna, N., Cahyo, R. N., Fitriani, S., Mulyana, Y., & Kusumaningtyas, P. (2023). Review: Laboratorium untuk Pembelajaran Kimia di Era Digital. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 5(1), 1–10.
- Lestari, R. P. (2018). *Pengembangan Lkpd Berbantu Phet Simulation Berbasis STEM-PBL untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Memecahkan Masalah Peserta Didik SMA*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Muspikawijaya, Iswari, R. S., & Marianti, A. (2017). Analisis Kesulitan Peserta Didik SMA/MA Kabupaten Luwu Timur dalam Memahami Konsep pada Materi Metabolisme Sel. *Journal of Innovative Science Education*, 6(2), 252–263.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results: Factsheets – Indonesia*. Paris: OECD Publishing.
- Rahmah, N., Iswadi, Asiah, Hasanuddin, & Syafrianti, D. (2021). Analisis Kendala Praktikum Biologi di Sekolah Menengah Atas. *Biodik*, 7(2), 169–178.
- Rian, R. D., Hayati, U., & Dana, R. D. (2023). Analisis Usability Aplikasi Discord Sebagai Media Pembelajaran Online Dengan Metode Use Questionnaire. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 768–775.
- Riduwan. (2012). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Jawa Barat: Alfabeta.
- Rosdiani, D., & Erlin, E. (2022). Analisis Efektivitas Penggunaan Laboratorium IPA sebagai Sarana Praktikum untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains melalui Metode Eksperimen. *Bioed*, 10(1), 25–34.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syazali, M., Rahmatih, A. N., & Nursaptini, N. (2021). Profil Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Melalui Implementasi SPADA UNRAM. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(1), 103–112.
- Tegeh, I. M., Jampel, I. N., & Pudjawan, K. (2014). *Model Penelitian Pengembangan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wulandari, I. A., Mu'min, M. B., & Firdaus, M. G. (2021). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis (KBKr) Melalui Pembelajaran Biologi Berbasis Keterampilan Proses Sains. *BioEdUIN*, 11(1), 63–70.
- Yola, S. F., & Kurniawati, D. (2023). Development of Guided Discovery Learning Voltaic Cell E-LKPD for Class XII SMA/MA Students. *Journal of Educational Sciences*, 7(1), 110–121.