

# Inovasi Desain Kegiatan Laboratorium: Analisis dan Rekonstruksi Percobaan Ingenhousz untuk Pembelajaran Fotosintesis yang Bermakna di SMA

Vyna Rohmatika<sup>1</sup>, Amprasto<sup>2\*</sup> , Kusnadi<sup>3</sup>

<sup>1,2\*,3</sup>Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

---

## Article Info

### Article history:

Received Jun 10, 2025

Accepted Jul 19, 2025

Published Online Aug 09, 2025

---

## Keywords:

Fotosintesis

LKPD

Percobaan Ingenhousz

Diagram Vee

Terarium

---

## ABSTRACT

Fotosintesis merupakan proses fundamental dalam ekosistem yang menjadi basis kehidupan di bumi, sehingga penguasaan konsep ini beserta keterampilan berpikir ilmiah peserta didik sangat penting dalam pendidikan biologi. Namun, pembelajaran fotosintesis di sekolah masih kerap mengandalkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang bersifat verifikatif dan kurang mendorong eksplorasi, integrasi teori-praktik, serta refleksi ilmiah. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis dan merekonstruksi LKPD praktikum Ingenhousz menggunakan model ANCOR (Analisis, Uji Coba, Rekonstruksi) untuk menghasilkan perangkat pembelajaran yang lebih kontekstual, bermakna, dan berbasis proses sains. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan purposive sampling terhadap LKPD dari sumber resmi Kemendikbud, diikuti uji coba laboratorium dan evaluasi berbasis Diagram Vee. Analisis awal menunjukkan LKPD berada pada kategori “kurang baik” (55%) dengan kelemahan pada keselarasan teori fenomena, kejelasan prosedur, kelengkapan alat-bahan, dan minimnya transformasi data. Rekonstruksi dilakukan melalui penambahan komponen investigatif, penggunaan terarium sebagai miniatur ekosistem dengan representasi tumbuhan C3, C4, dan CAM, pengukuran variabel abiotik, serta penyediaan format transformasi data dan pertanyaan reflektif. Hasil rekonstruksi menunjukkan peningkatan kejelasan prosedur, keterpaduan teori-praktik, dan potensi pembelajaran bermakna, serta penguatan keterampilan berpikir ilmiah. Implikasi penelitian ini menekankan pentingnya desain LKPD yang mengintegrasikan konteks ekosistem, eksplorasi variabel lingkungan, dan pendekatan konstruktivistik untuk membangun literasi sains yang relevan dengan isu global seperti perubahan iklim.

*This is an open access under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) licence*



---

## Corresponding Author:

Amprasto,

Pendidikan Biologi,

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

Jalan Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, Jawa Barat, Indonesia, 40154

Email: [amprasto@upi.edu](mailto:amprasto@upi.edu)

---

**How to cite:** Rohmatika, V., Amprasto, A., & Kusnadi, K. (2025). Inovasi Desain Kegiatan Laboratorium: Analisis dan Rekonstruksi Percobaan Ingenhousz untuk Pembelajaran Fotosintesis yang Bermakna di SMA. *Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 5(2), 612–625. <https://doi.org/10.51574/jrip.v5i2.3342>

## *Inovasi Desain Kegiatan Laboratorium: Analisis dan Rekonstruksi Percobaan Ingenhousz untuk Pembelajaran Fotosintesis yang Bermakna di SMA*

### 1. Pendahuluan

Pendidikan biologi tidak hanya menanamkan pengetahuan tentang struktur dan fungsi makhluk hidup, tetapi juga mengembangkan keterampilan proses sains yang esensial bagi peserta didik. Melalui pendekatan kontekstual dan inkuiri, peserta didik aktif merumuskan pertanyaan, merancang eksperimen, menganalisis data, menarik kesimpulan, dan mengomunikasikan hasil penelitian (Apriliani, et al. 2022). Keterampilan ini sangat penting dalam menghadapi tantangan global, seperti perubahan iklim, karena membentuk pemikir kritis yang mampu menerapkan metode ilmiah untuk mencari solusi (Hussain, et al., 2021). Upaya penguasaan keterampilan proses sains melalui eksperimen dalam pembelajaran biologi tetap dibutuhkan agar peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu mengamati, menyelidiki, dan memecahkan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu materi yang sangat relevan untuk mengembangkan keterampilan proses sains tersebut adalah fotosintesis. Fotosintesis merupakan salah satu proses metabolisme yang paling penting dan telah lama menjadi bagian inti dari kurikulum biologi sekolah di semua negara, terutama di tingkat menengah (Eriksson et al., 2025). Fotosintesis menjelaskan bagaimana energi matahari diubah menjadi energi kimia yang menopang hampir seluruh rantai makanan di Bumi (Degerli et al., 2024). Proses anabolik ini terdiri dari dua set reaksi utama yang terjadi di kloroplas, yaitu reaksi terang dan siklus Calvin. Fotosintesis oksigenik tidak hanya menyediakan karbon tetap yang digunakan dalam respirasi seluler untuk produksi energi, tetapi juga merupakan satu-satunya sumber utama oksigen dalam skala global (Mitra, et al., 2020). Pengamatan terhadap oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis ini dapat dilakukan secara praktis melalui percobaan laboratorium, misalnya dengan menggunakan tanaman air seperti *Hydrilla* atau *Elodea*. Pada tingkat peserta didik SMA, pemahaman konsep fotosintesis ini menuntut kemampuan berpikir tingkat tinggi. Peserta didik tidak hanya diharapkan mengingat tahapan reaksi, tetapi juga menganalisis hubungan antara input dan output proses, mengevaluasi pengaruh faktor lingkungan terhadap laju fotosintesis, serta merancang dan menginterpretasi hasil eksperimen (Nanda, 2022; Masni, 2020).

Praktikum termasuk salah satu strategi pembelajaran berbasis eksperimen yang memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik terkait dengan teori yang dipelajari (Ngatman et al., 2025). Aktivitas praktikum menjadi bagian esensial dalam proses pembelajaran

biologi, khususnya pada materi fotosintesis yang biasanya dilakukan dengan eksperimen sederhana seperti percobaan *ingenhousz*. Melalui praktik ini, peserta didik dapat mengamati proses fotosintesis secara visual, mengumpulkan data oksigen, serta melatih kererampilan ilmiah (Mitra et al., 2020). Agar pengalaman praktikum ini berjalan efektif dan terarah, diperlukan perangkat pembelajaran yang mampu memandu peserta didik dalam memahami serta menjalankan kegiatan secara sistematis, salah satunya adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berfungsi sebagai panduan praktikum yang mengarahkan peserta didik langkah demi langkah, mulai dari tujuan, alat-bahan, prosedur, hingga analisis data dan refleksi. Desain LKPD yang baik memfasilitasi pengalaman belajar bermakna, menjembatani konsep abstrak fotosintesis dengan praktik nyata di laboratorium atau lapangan (Rahayu, 2018). Akan lebih bijaksana untuk memperkenalkan konsep abstrak seperti konsep fotosintesis dengan cara yang benar (Rustaman, 2021). Desain LKPD juga perlu disesuaikan dengan tingkat pendidikannya sehingga LKPD tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual, tetapi juga melengkapi pengetahuan yang sudah dimiliki serta keterampilan ilmiah yang aplikatif dalam kehidupan sehari-hari.

Pelaksanaan praktikum melalui rancangan LKPD yang mengimbangi sisi konseptual dan metodologis berpotensi untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis ilmiah dan hubungan materi pelajaran dalam konteks fotosintesis dengan dunia nyata, bukan semata verifikasi fakta bahwa tumbuhan dapat menghasilkan oksigen. Diagram Vee yang dikembangkan oleh Novak & Gowin (1984) berfungsi sebagai alat bantu untuk memahami struktur dan proses pembentukan pengetahuan. Dalam pendekatan konstruktivisme, peserta didik diharapkan menghubungkan pengetahuan baru dengan konsep yang telah dimiliki (Liu & Li, 2021). Diagram Vee menjembatani proses ini dengan mengarahkan peserta didik untuk menyadari bahwa pengetahuan berasal dari objek atau peristiwa yang diamati. Struktur diagram yang terdiri dari sisi konseptual dan metodologis menuntut keseimbangan agar peserta didik dapat membuat klaim pengetahuan yang valid berdasarkan prinsip dan teori yang relevan. Dalam konteks pembelajaran laboratorium, diagram ini membantu peserta didik menjalani proses berpikir reflektif, memahami keterkaitan antara teori dan praktik, serta membentuk pemahaman yang bermakna (Novak, Gowin, & Kahle, 1984; Tsai, Liu, Lin, & Yuan, 2001). Dengan demikian, diagram Vee menjadi sarana efektif dalam membangun pengetahuan secara aktif sesuai dengan prinsip konstruktivisme.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain ulang LKPD praktikum fotosintesis menggunakan model ANCOR (Analisis, Uji Coba, dan Rekonstruksi) serta mengevaluasi

implementasinya terhadap pemahaman konsep dan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik (Supriatno, 2013). Pendekatan ini dirancang agar peserta didik tidak hanya mengikuti prosedur laboratorium secara mekanis, tetapi juga mampu mengaitkan proses fotosintesis dengan fenomena sehari-hari. Dengan mengamati adanya oksigen yang dihasilkan oleh tumbuhan melalui praktikum, peserta didik diajak merenungkan bagaimana proses serupa terjadi pada kebun hidroponik sekolah atau area hijau di sekitar rumah mereka. Temuan ini kemudian direfleksikan untuk berfokus pada pengajaran fotosintesis. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya menyajikan inovasi metodologis yang relevan dan bermakna, tetapi juga memperkaya pelatihan guru sehingga mereka dapat membimbing peserta didik menghubungkan konsep ilmiah dengan konteks nyata di kehidupan sehari-hari.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, karena sesuai untuk mengkaji secara mendalam kualitas isi, struktur, dan kelayakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam konteks pembelajaran fotosintesis. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengeksplorasi dan merekonstruksi dokumen pembelajaran secara sistematis berdasarkan analisis isi dan konteks implementasi. Penelitian ini mengadopsi model ANCOR (Supriatno, 2013) yang terdiri dari tiga tahapan utama yakni analisis, uji coba, dan rekonstruksi guna menghasilkan perangkat pembelajaran yang lebih kontekstual, bermakna, dan berbasis proses sains.

Partisipan dalam penelitian ini adalah peneliti dan dosen pembimbing yang terlibat secara kolaboratif dalam proses analisis, uji coba, serta rekonstruksi LKPD. Pemilihan dokumen LKPD dilakukan melalui *purposive sampling* terhadap LKPD yang tersedia pada platform resmi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (kemendikbud). Uji coba praktikum LKPD dilaksanakan di laboratorium biologi untuk mengamati keterbacaan prosedur, kejelasan instruksi, serta potensi pengembangan keterampilan berpikir ilmiah. Instrumen penelitian berupa lembar evaluasi berbasis Diagram Vee (Novak & Gowin, 1984), yang digunakan untuk menilai aspek konseptual dan metodologikal dalam LKPD. Data yang dikumpulkan terdiri atas data kualitatif dan kuantitatif, meliputi isi dokumen, observasi praktikum, serta hasil evaluasi dan rekonstruksi.

Proses penelitian dilaksanakan dalam empat tahap utama: (1) Analisis Dokumen, yaitu penelaahan terhadap struktur, tujuan, dan konten LKPD menggunakan kerangka Diagram Vee; (2) Uji Coba, yakni pelaksanaan praktikum sesuai prosedur LKPD untuk mengidentifikasi kejelasan instruksi dan kesesuaian dengan tujuan pembelajaran; (3) Evaluasi Hasil Uji Coba,

mencakup identifikasi kesalahan prosedural, celah konseptual, dan potensi pembelajaran bermakna; (4) Rekonstruksi, yaitu perbaikan LKPD berdasarkan temuan analisis untuk menghasilkan desain baru yang lebih relevan dan bermakna.

### Analisis LKPD

Analisis dokumen awal dilakukan dengan memodifikasi kerangka Diagram Vee (Novak & Gowin, 1984) untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan LKPD praktikum fotosintesis. Penilaian mencakup elemen-elemen berikut: tujuan praktikum, pertanyaan fokus, objek pengamatan, landasan teori dan prinsip, kelengkapan alat dan bahan, kesesuaian prosedur eksperimen, format pencatatan data, serta perumusan *knowledge claim*. Tahap ini berperan krusial dalam menentukan kelayakan dokumen untuk direkonstruksi. Data diperoleh melalui analisis kualitatif dan kuantitatif, kemudian dikategorikan berdasarkan kriteria evaluasi pada **Tabel 1** di bawah ini.

**Tabel 1.** Kriteria LKPD

No	Skala	Indikator
1	80% - 100%	Sangat Baik
2	70% - 79%	Baik
3	60% - 69%	Sedang
4	50% - 59%	Kurang
5	0% - 49%	Sangat Kurang

Sumber: Arikunto (2016).

### Uji Coba LKPD

Uji coba LKPD dilaksanakan oleh peneliti secara langsung di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan. Uji coba dilakukan tanpa modifikasi terhadap alat, bahan, maupun prosedur yang tercantum dalam LKPD, dengan tujuan mengevaluasi kejelasan instruksi, alur logika kegiatan, dan potensi keterbacaan dari perspektif peserta didik. Peneliti berperan sebagai pelaksana sekaligus pengamat, yang mencoba menjalankan prosedur sesuai instruksi LKPD guna menilai sejauh mana LKPD memfasilitasi keterlibatan aktif dan konstruksi pengetahuan ilmiah. Kegiatan praktikum pada LKPD mengikuti pendekatan ilmiah yang meliputi: (a) orientasi masalah, (b) perumusan hipotesis, (c) pengamatan, (d) diskusi menjawab pertanyaan, dan (e) penarikan kesimpulan.

Alat yang digunakan terdiri atas empat botol bekas air mineral berlabel A, B, C, dan D serta satu sendok takar kecil; bahan meliputi *Hydrilla verticillata*, natrium bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ), dan air. Prosedur yang dilakukan difokuskan secara kualitatif untuk mengamati untuk membandingkan intensitas pembentukan gelembung antara kondisi terang-gelap juga

antara sampel yang diberi dan tidak diberi  $\text{NaHCO}_3$  pada interval waktu 15, 30, dan 45 menit. Kemudian jumlah gelembung gas yang dihasilkan oleh setiap cabang dicatat sebagai indikator laju fotosintesis.

### **Evaluasi Hasil Uji Coba LKPD**

Evaluasi hasil uji coba dilakukan dengan menggunakan skema Diagram Vee guna mengidentifikasi kesalahan prosedural dan celah konseptual dalam LKPD. Fokus penilaian meliputi:

- a. **Kesalahan Prosedural**, yaitu ketidaksesuaian atau ketidakjelasan instruksi langkah praktikum yang dapat mengganggu kelancaran eksperimen.
- b. **Kualitas Hasil pengamatan**, mencakup akurasi dan konsistensi pencatatan data gelembung gas sebagai indikator laju fotosintesis.
- c. **Keterkaitan Teori–Praktik**, yaitu sejauh mana aktivitas laboratorium mencerminkan prinsip-prinsip fotosintesis yang dijelaskan dalam landasan teoretis.
- d. **Potensi Pembelajaran Bermakna**, yakni kemampuan kegiatan praktikum mendorong peserta didik untuk mengaitkan hasil eksperimen dengan konsep konseptual dan fenomena sehari-hari, serta memfasilitasi refleksi ilmiah.

### **Rekonstruksi**

Pada tahap rekonstruksi, rancangan awal LKPD direvisi secara sistematis berdasarkan temuan evaluasi. Perbaikan difokuskan pada dua aspek utama: (1) optimalisasi desain percobaan untuk meningkatkan kejelasan prosedur percobaan dan (2) penguatan elemen konseptual agar mampu menuntun peserta didik memahami mekanisme fotosintesis secara mendalam. Berdasarkan hasil analisis Diagram Vee dan umpan balik peserta uji coba, dirumuskan sejumlah rekomendasi inovatif terkait pelaksanaan percobaan Ingenhausz yang meliputi penajaman pertanyaan fokus, penyusunan variabel kontrol dan perlakuan yang lebih terstruktur, serta integrasi konteks kehidupan sehari-hari untuk mendukung pembelajaran bermakna.

## **3. Hasil dan Pembahasan**

### **a. Hasil Analisis LKPD**

Berdasarkan hasil analisis aspek konseptual dan metodologikal mengikuti elemen-elemen diagram vee heuristik menunjukkan hasil seperti pada di **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Hasil Analisis Praktikum

Aspek	Skor	Kriteria
Tujuan praktikum	3	Tujuan praktikum sesuai dengan KD/CP yang dapat dilakukan serta mendukung fenomena yang akan diamati.
Pertanyaan fokus	3	Pertanyaan fokus jelas, relevan dengan objek/fenomena yang diamati, dan hanya dapat dijawab melalui percobaan.
Objek/fenomena	2	Fenomena yang diamati dengan objek yang menyertainya teridentifikasi, dan konsisten dengan pertanyaan fokus.
Teori, prinsip dan konsep	1	Beberapa konsep diidentifikasi, tetapi tanpa prinsip dan teori, atau prinsip tertulis merupakan klaim pengetahuan yang dicari dalam latihan laboratorium
Alat dan Bahan	1	Spesifikasi alat dan bahan yang dicantumkan tidak lengkap.
Langkah kegiatan	2	Langkah kegiatan lengkap tetapi tidak sistematis (jelas, terstruktur, utuh), dan tidak dapat menjawab pertanyaan fokus.
Data hasil praktikum	2	Pencatatan atau transformasi (misalnya tabel, grafik, dll.) telah diidentifikasi, tetapi tidak keduanya.
Klaim pengetahuan	1	Klaim pengetahuan hanya disimpulkan berdasarkan konsep teori sisi konseptual diagram vee bukan dari hasil analisis data.
Total skor	15	
Persentase skor	$15/27 \times 100 = 55\%$	
Kategori LKPD	Kurang Baik	

Hasil analisis menunjukkan bahwa LKPD tergolong kurang baik, terutama karena ketidaksesuaian antara objek/fenomena yang diamati dengan teori, prinsip, dan konsep yang seharusnya dicapai. Objek praktikum harus selaras dengan landasan teoritis agar peserta didik tidak membentuk pemahaman yang keliru (Zhafira, 2024). Selain itu, pemilihan alat dan bahan belum dikaitkan secara tepat dengan kebutuhan eksperimen dan pertanyaan fokus, padahal ini merupakan komponen penting dalam aspek metodologis Diagram Vee. Langkah kegiatan dalam LKPD juga tidak disusun secara rinci dan terstruktur, sehingga berpotensi menimbulkan kebingungan peserta didik (Nuwa, et al., 2024; Serevina & Heluth, 2022; Putra et al., 2024). Dari sisi data, belum ada pemisahan yang jelas antara records (data mentah) dan transformations (data olahan) seperti grafik atau tabel, yang seharusnya membantu menjawab fokus pertanyaan dan mendukung klaim pengetahuan (Supriatno, 2013).

Secara keseluruhan, setiap aspek dalam Diagram Vee, mulai dari pertanyaan fokus, fenomena, teori, hingga hasil pengamatan dan klaim pengetahuan, harus saling terkait untuk mendukung pembelajaran yang bermakna dalam praktikum sains. Keterpaduan antar aspek ini

memungkinkan peserta didik membangun pemahaman konseptual secara utuh, tidak terfragmentasi, serta mendorong mereka untuk menghubungkan teori dengan praktik secara logis. Jika salah satu aspek dalam diagram tidak disusun dengan cermat, misalnya prosedur yang tidak selaras dengan pertanyaan fokus atau data yang tidak mengarah pada klaim pengetahuan, maka proses pembentukan pemahaman ilmiah akan terganggu. Oleh karena itu, perancangan LKPD berbasis Diagram Vee perlu memperhatikan kesinambungan antar unsur untuk memastikan bahwa kegiatan praktikum tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga reflektif dan konseptual.

#### **b. Temuan dari Hasil Uji coba Praktikum**

Uji coba LKPD menunjukkan bahwa tujuan praktikum telah sesuai dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Kompetensi Dasar (KD) serta berhasil mengaitkan peran fotosintesis dalam kehidupan, misalnya melalui penjelasan fungsi hutan sebagai paru-paru dunia. Namun demikian, masih terdapat beberapa kelemahan. Orientasi masalah hanya disajikan melalui gambar, tanpa mengajak peserta didik melakukan observasi langsung, sehingga kurang menstimulasi rasa ingin tahu secara aktif (Gottlieb & Oudeyer, 2018; Liqin & Lombrozo 2020; Kedrick, Schrater, & Koutstaal, 2023). Selain itu, pertanyaan hipotesis terlalu diarahkan dan seharusnya dapat dikembangkan dari eksplorasi awal peserta didik melalui pengamatan atau pengetahuan yang telah dimiliki (Newman, & Decaro, 2019). Adapun pengamatan terhadap gelembung oksigen masih bersifat kualitatif (misalnya kategori sedikit, sedang, banyak), yang membuka peluang subjektivitas (Kakiuchi, et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan kuantitatif untuk meningkatkan objektivitas dan akurasi data.

Pada aspek keterkaitan teori dan praktik, LKPD belum mengarahkan peserta didik memahami peran klorofil sebagai fotoreseptor yang menyerap cahaya secara selektif, terutama pada spektrum merah dan biru (López-Figueroa & Niell., 1989). Variasi cahaya seharusnya tidak terbatas pada terang dan gelap, tetapi mencakup penggunaan cahaya berwarna untuk menunjukkan efek spektrum terhadap laju fotosintesis. Sehingga potensi pembelajaran bermakna belum tergalai secara maksimal. Hasil praktikum seharusnya dikaitkan dengan isu lingkungan global, seperti perubahan iklim, peran tumbuhan dalam siklus karbon, dan pentingnya pelestarian hutan sebagai implikasi ekologis dari proses fotosintesis. Temuan ini mengindikasikan perlunya revisi terhadap LKPD agar dapat mendorong pembelajaran yang lebih bermakna, kontekstual, dan membangun keterampilan berpikir ilmiah pada peserta didik.

#### **c. Evaluasi dari hasil uji coba**

Evaluasi terhadap LKPD praktikum fotosintesis menunjukkan bahwa meskipun secara umum telah mencakup tujuan dasar untuk membuktikan bahwa tumbuhan menghasilkan

oksigen, desainnya masih terbatas pada pendekatan verifikatif. Misalnya, penggunaan *Hydrilla verticillata* sebagai bahan utama meskipun praktis, dinilai kurang mewakili keragaman tanaman fotosintetik, terutama tumbuhan darat yang lebih relevan dengan konteks ekosistem sekitar peserta didik. Peserta didik juga belum diarahkan untuk mengamati langsung tumbuhan di lingkungan sekitar, sehingga kehilangan peluang untuk mengaitkan konsep fotosintesis dengan realitas lokal.

Selain itu, penggunaan organisme alternatif seperti *Euglena* dalam bentuk manik-manik kalsium alginat telah dikembangkan untuk memperkaya eksperimen fotosintesis (Nagasawa & Katayama, 2021). Pendekatan seperti ini menunjukkan bahwa eksperimen fotosintesis dapat dirancang lebih variatif dan eksploratif untuk menjangkau konsep yang lebih luas. Sedangkan dari segi pedagogik, pendekatan di Amerika Serikat menggunakan model *Argument-Driven Inquiry (ADI)* yang mengajak peserta didik menyusun hipotesis, merancang eksperimen, mengumpulkan data kuantitatif, dan mempresentasikan argumen ilmiah berdasarkan bukti (Fakhriyah, Rusilowati, Wiyanto, & Susilaningsih, 2021; Melta, Azhar, Yohandri, Arsih, & Razak, 2024). Praktikum tidak lagi sekadar membuktikan fakta biologis, tetapi mendorong peserta didik membangun pemahaman konseptual melalui interpretasi data dan diskusi reflektif.

Berdasarkan hasil perbandingan dengan pendekatan praktikum dari berbagai penelitian dan konteks internasional, LKPD sebaiknya tidak hanya bersifat verifikatif, tetapi juga diarahkan untuk mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah, kemampuan analisis data, dan refleksi kontekstual. LKPD yang menekankan prosedur semata tanpa mendorong eksplorasi atau interpretasi data justru membatasi potensi peserta didik dalam membangun pemahaman yang bermakna. Oleh karena itu, pengembangan LKPD perlu mengintegrasikan aktivitas yang merangsang pertanyaan, pengumpulan bukti, serta pembuatan kesimpulan yang dapat dikaitkan dengan fenomena kehidupan nyata.

#### **d. Rekonstruksi Desain Praktikum Ingenhousz dengan Pendekatan Terarium sebagai Miniatur Ekosistem**

Berdasarkan hasil evaluasi LKPD, percobaan Ingenhousz perlu direkonstruksi agar lebih kontekstual dan bermakna. Pendekatan praktikum dengan menggunakan terarium sebagai miniatur hutan memungkinkan peserta didik memahami bahwa fotosintesis secara luas yang sangat dipengaruhi oleh interaksi faktor abiotik dan biotik dalam suatu ekosistem. Dalam model ini, peserta didik tidak hanya mengamati bahwa tanaman menghasilkan oksigen, tetapi juga mempelajari kondisi lingkungan yang mendukung atau menghambat proses tersebut (Pedersen & Thangavelautham, 2024).

Sebagai langkah awal, peserta didik melakukan pengamatan langsung terhadap tumbuhan C3, C4, dan CAM di lingkungan sekitar, termasuk mengukur faktor abiotik seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban di habitat alaminya. Kegiatan ini dilanjutkan dengan pengamatan mikroskopis struktur anatomi daun, khususnya bentuk seludang pembuluh dan distribusi stomata pada masing-masing jenis tanaman. Pengamatan ini penting untuk memperkuat pemahaman konseptual tentang perbedaan jalur fotosintesis dan adaptasi fisiologis pada ketiga jenis tumbuhan tersebut.

Setelah kegiatan observasi awal, peserta didik kemudian menyusun terarium sederhana sebagai model ekosistem tertutup. Terarium diisi dengan tiga jenis tanaman yang mewakili kelompok C3, C4, dan CAM, serta komponen lain seperti lumut, tanah, dan bebatuan. Peserta didik dapat memanipulasi variabel lingkungan (misalnya jenis cahaya atau kelembaban) dan mengukur jumlah oksigen yang dihasilkan melalui perubahan pH larutan indikator atau sensor oksigen digital.

Berdasarkan hasil uji coba mandiri yang dilakukan di laboratorium fisiologi tumbuhan menunjukkan bahwa prosedur pada LKPD minim terhadap variabel kontrol seperti jumlah dan ukuran tumbuhan yang diamati dan juga intensitas cahaya yang digunakan. Dari sisi pengukuran data sebaiknya menggunakan alat ukur untuk mengamati jumlah oksigen sebagai produk sampingan dari proses fotosintesis. Serta perlu adanya pembuktian terkait gas yang dihasilkan benar oksigen atau bukan. Sehingga prosedur eksperimen dibuat lebih jelas dan sistematis, mulai dari identifikasi variabel, perancangan perlakuan, pencatatan data secara kuantitatif, hingga analisis dan interpretasi. Instrumen LKPD juga dilengkapi grafik untuk transformasi data dan lembar isian pertanyaan reflektif. Dengan demikian, prosedur tidak lagi bersifat kualitatif atau terbatas, tetapi memberi ruang eksplorasi dan penalaran ilmiah melalui fakta atau data "*real-world situation*" (Supriatno, B., 2018).

Hasil uji coba pada aspek konseptual menunjukkan bahwa LKPD masih kurang mampu mengarahkan peserta didik untuk berpikir secara mendalam dan kritis terhadap konsep dasar fotosintesis. Kelemahan ini tampak pada minimnya penekanan terhadap fungsi kloroplas secara spesifik, perbedaan struktur seludang pembuluh pada tumbuhan C3, C4, dan CAM, serta keterkaitan antara struktur anatomi dan efisiensi jalur fotosintesis. Selain itu, pemahaman peserta didik terhadap proses reaksi terang dan siklus Calvin belum sepenuhnya dikaitkan dengan strategi adaptasi tumbuhan dalam merespons kondisi lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan penguatan elemen konseptual dalam desain LKPD. Penguatan ini bertujuan agar peserta didik tidak hanya memahami urutan tahapan fotosintesis secara prosedural, tetapi juga mampu menganalisis perbedaan efisiensi fotosintesis dan implikasinya terhadap

keberlangsungan hidup tumbuhan dalam berbagai ekosistem (Jain, Jajoo, & Mathur, 2018). Dalam proses ini, peserta didik dibimbing menggunakan Diagram Vee sebagai alat bantu berpikir untuk menautkan teori, data eksperimen, dan klaim pengetahuan secara sistematis dan terstruktur.

Seluruh rangkaian kegiatan ini mencerminkan prinsip pembelajaran bermakna konstruktivistik, karena peserta didik aktif membangun pengetahuan melalui observasi nyata, eksperimen terbuka, dan refleksi terhadap hasilnya (Zajda, 2021). Adapun integrasi konteks ekosistem melalui penggunaan terarium memungkinkan peserta didik memahami dampak perubahan faktor abiotik terhadap proses fotosintesis, sehingga mereka lebih sadar akan peran tumbuhan dalam mitigasi perubahan iklim dan pentingnya menjaga keseimbangan lingkungan. Pendekatan ini sekaligus memperluas pandangan peserta didik terhadap isu-isu keberlanjutan yang relevan dengan kehidupan mereka. Praktikum tidak lagi menjadi kegiatan mekanistik, tetapi menjadi wahana untuk memahami keterkaitan antara proses biologis dan kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, rekonstruksi ini memperkuat dimensi konseptual, prosedural, dan kontekstual dari pembelajaran fotosintesis.

#### **4. Kesimpulan dan Saran**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD awal praktikum Ingenhousz masih kurang efektif dalam mendukung pembelajaran bermakna, terutama dari sisi kesesuaian antara objek/fenomena dengan prinsip teori, kejelasan prosedur, serta minimnya transformasi data dan refleksi ilmiah. Desain awal cenderung bersifat verifikatif dan belum sepenuhnya memfasilitasi pembelajaran yang bermakna. Melalui pendekatan model ANCOR (Analisis, Uji Coba, dan Rekonstruksi) dan Diagram Vee, dilakukan rekonstruksi dengan penggunaan terarium sebagai miniatur ekosistem. Inovasi ini meningkatkan kejelasan prosedur, memperkuat pemahaman konseptual fotosintesis, serta mendorong keterampilan berpikir ilmiah melalui eksplorasi hubungan faktor abiotik dan biotik dalam konteks nyata.

Bagi guru, perlu dilakukan pelatihan khusus dalam merancang LKPD berbasis saintifik dan konstruktivistik agar pembelajaran praktikum tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga melatih peserta didik berpikir kritis dan reflektif. Bagi peneliti, disarankan untuk menguji efektivitas LKPD hasil rekonstruksi melalui implementasi langsung pada peserta didik di kelas secara lebih luas untuk melihat dampaknya terhadap pembelajaran. Adapun pengembangan LKPD di masa depan sebaiknya memperkuat dimensi konseptual, prosedural, dan kontekstual kehidupan sehari-hari.

## 5. Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriliansi, L., Ramdani, A., Bahri, S., & Mahrus, M. (2022). Pengembangan LKPD Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik Kelas X. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(4), 2401-2411. doi: [10.29303/jipp.v7i4.1071](https://doi.org/10.29303/jipp.v7i4.1071)
- Arikunto, S. (2016). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Pt. Rineka Cipta.
- Degerli, S. N. et al. (2024) 'Reactor and plant designs for the solar photosynthesis of fuels', *Energies*. Available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/13/3112>.
- Eriksson, A., Olsson, D., & Gericke, N. (2025). Teaching for photosynthesis literacy: an education design research study. *Journal of Biological Education*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/00219266.2025.2467764>
- Fakhriyah, F., Rusilowati, A., Wiyanto, W., & Susilaningsih, E. (2021). Argument-Driven Inquiry Learning Model: A Systematic Review. *International Journal of Research in Education and Science*, 767-784. <https://doi.org/10.46328/IJRES.2001>.
- Gottlieb, J., & Oudeyer, P. (2018). Towards a neuroscience of active sampling and curiosity. *Nature Reviews Neuroscience*, 19, 758 - 770. <https://doi.org/10.1038/s41583-018-0078-0>.
- Hussain, S., Ulhassan, Z., Brestic, M., Zivcak, M., Zhou, W., Allakhverdiev, S. I., ... & Liu, W. (2021). Photosynthesis research under climate change. *Photosynthesis Research*, 150, 5-19. <https://doi.org/10.1007/s11120-021-00861-z>
- Jain, L., Jajoo, A., & Mathur, S. (2018). Photosynthetic efficiency in sun and shade plants. *Photosynthetica*, 56, 354-365. <https://doi.org/10.1007/s11099-018-0767-y>
- Kakiuchi, K., Miyasaka, T., Harii, N., & Takeoka, S. (2022). Development of quantitative and concise measurement method of oxygen in fine bubble dispersion. *PLoS ONE*, 17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264083>.
- Kedrick, K., Schrater, P., & Koutstaal, W. (2023). The Multifaceted Role of Self-Generated Question Asking in Curiosity-Driven Learning. *Cognitive science*, 47 4, e13253 . <https://doi.org/10.1111/cogs.13253>.
- Liquin, E., & Lombrozo, T. (2020). Explanation-seeking curiosity in childhood. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 35, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.05.012>.
- Liu, X., & Li, H. (2021). A Preliminary Study on Connectivism—Constructivism Learning Theory Based on Developmental Cognitive Neuroscience and Spiking Neural Network. *Open Journal of Applied Sciences*. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2021.118064>.
- López-Figueroa, F., & Niell, F. (1989). Red-light and blue-light photoreceptors controlling chlorophyll a synthesis in the red alga *Porphyra umbilicalis* and in the green alga *Ulva rigida*. *Physiologia Plantarum*, 76, 391-397. <https://doi.org/10.1111/J.1399-3054.1989.TB06209.X>.
- Masni, S., Firdaus, L., & Wulandari, S. (2020). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik Melalui Model Inkuiri Terbimbing dalam Pembelajaran Materi Fotosintesis di SMA PGRI Pekanbaru., 4, 285-295. <https://doi.org/10.31258/jes.4.2.p.285-295>.
- Melta, D., Azhar, M., Yohandri, Y., Arsih, F., & Razak, A. (2024). Argument-driven inquiry learning model to improve students' argumentation skills in science learning:

- systematic literature review. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*. <https://doi.org/10.23971/eds.v12i1.5843>.
- Mitra, M., Broom, S., Pinto, K., Wellons, S., & Roberts, A. (2020). Engaging inexpensive hands-on activities using *Chlamydomonas reinhardtii* (a green micro-alga) beads to teach the interplay of photosynthesis and cellular respiration to K4–K16 Biology students. *PeerJ*, 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.9817>.
- Nagasawa, T., & Katayama, N. (2021). Immobilized *Euglena* cells (*Euglena* beads) are useful for laboratory exercises on photosynthesis at the secondary level. *The Asian Journal of Biology Education*, 13, 21-29. [https://doi.org/10.57443/ajbe.13.0\\_21](https://doi.org/10.57443/ajbe.13.0_21).
- Nanda, A., & Yuliani, Y. (2022). Development of Ispring Interactive Powerpoint Media in Photosynthesis Topic to Train Critical Thinking Skills. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v11n2.p349-355>.
- Newman, P., & Decaro, M. (2019). Learning by exploring: How much guidance is optimal?. *Learning and Instruction*. <https://doi.org/10.1016/J.LEARNINSTRUC.2019.05.005>.
- Ngatman, N., Salimi, M., Ulfiana, U., Hidayah, R., Wahyudi, A., Wahyono, W., Zainnuri, H., Wijayanto, S., Fauziah, M., & Astuti, D. (2025). The Implementation of Problem-Based Learning with Multimedia for Improving Scientific Process Skills. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*. <https://doi.org/10.56294/sctconf20251247>.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Novak, J., Gowin, D., & Kahle, J. (1984). Learning how to learn: The Vee heuristic for understanding knowledge and knowledge production. , 55-76. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139173469.005>
- Nuwa, R., Tukan, M., Boelan, E., Leba, M., Komisia, F., Baunsele, A., & Kopon, A. (2024). Pengembangan Media Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri Pada Materi Koloid. *Journal on Education*. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i4.5789>.
- Pedersen, C. and Thangavelautham, J. (2024) ‘CubeSat Terrariums to Evaluate Biological Systems in Deep Space’, *AIAA SCITECH 2024 Forum*. <https://doi.org/10.2514/6.2024-1552>.
- Putra, A., Damayanti, P., Pujiarti, T., & Nafisa, N. (2024). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Kontekstual Teaching and Learning (CTL) Pada Pembelajaran Tematik. *NUSRA : Jurnal Penelitian dan Ilmu Pendidikan*. <https://doi.org/10.55681/nusra.v5i2.2715>.
- Rustaman, N. Y. (2021, March). System thinking as a sustainable competency in facilitating conceptual change through STEM based learning in biology. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1806, No. 1, p. 012223). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012223>.
- Serevina, V., & Heluth, L. (2022). Development of Student’s Worksheets using Learning Strategies to Improve Thinking Ability Equipped with Mind Mapping and Ability of Student’s Retention. *Journal of Physics: Conference Series*, 2377. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012062>.
- Supriatno, B. (2013). *Pengembangan program perkuliahan pengembangan praktikum biologi sekolah berbasis ANCORB untuk mengembangkan kemampuan merancang dan mengembangkan desain kegiatan laboratorium* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia). <https://repository.upi.edu/113136/>
- Supriatno, B. (2018, October). Praktikum untuk Membangun Kompetensi. In *Proceeding Biology Education Conference* (Vol. 15, No. 1, pp. 1-18). (<https://www.academia.edu/download/85747687/27558-65030-1-SM.pdf>)
- Tsai, C., Liu, E., Lin, S., & Yuan, S. (2001). A Networked Peer Assessment System Based on a

Vee Heuristic. *Innovations in Education and Teaching International*, 38, 220 - 230. <https://doi.org/10.1080/14703290110051415>.

Zhafira, Z., Siregar, S. D., Supriatno, B., & Amprasto, A. (2024). Analisis, Uji Coba dan Rekonstruksi Desain Kegiatan Laboratorium (DKL) Enzim Katalase Menggunakan Rubrik Penilaian Novak & Gowin: (Analysis, Testing and Reconstruction of Catalase Enzyme Laboratory Activity Design Using Novak & Gowin's Assessment Rubric). *BIODIK*, 10(3), 249-262. <https://online-journal.unja.ac.id/biodik>

Zajda, J. (2021). Constructivist Learning Theory and Creating Effective Learning Environments. *Globalisation, Comparative Education and Policy Research*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-71575-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-71575-5_3).

### Biografi Penulis

	<p><b>Vyna Rohmatika</b> merupakan mahasiswa Program Pascasarjana, Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia. Lahir pada tanggal 16 Desember 1999 di Cilegon, Banten, Indonesia. Saat ini saya melakukan riset yang berkaitan erat dengan Inovasi Praktikum Biologi, Email: <a href="mailto:vyna.rohmatika@upi.edu">vyna.rohmatika@upi.edu</a></p>
	<p><b>Dr. Amprasto, M. Si</b> merupakan dosen Program Magister Pendidikan Biologi di Universitas Pendidikan Indonesia, mengajar mata kuliah Inovasi Praktikum Biologi. Minat utamanya adalah Ekologi Tumbuhan, Anatomi, dan Fisiologi, serta pengembangan materi pembelajaran kontekstual dan pembelajaran biologi berbasis lapangan untuk mendukung pemahaman ilmiah dan kesadaran ekologis siswa, Email: <a href="mailto:amprasto@upi.edu">amprasto@upi.edu</a></p>
	<p><b>Dr. Kusnadi, M. Si</b> merupakan dosen Program Magister Pendidikan Biologi di Universitas Pendidikan Indonesia, keahliannya mencakup desain dan evaluasi kurikulum dalam pendidikan biologi, serta topik-topik khusus dalam ekologi mikroba, mikrobiologi industri, mengingat fokus pengajarannya. Kontribusi akademisnya sangat penting dalam mempersiapkan calon guru biologi dengan pengetahuan dasar yang kuat baik dalam praktik pedagogis maupun ilmu biologi.. email: <a href="mailto:kusnadi@upi.edu">kusnadi@upi.edu</a></p>