

VALIDITAS E-MODUL BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* (PBL) PADA MATERI FUNGI UNTUK MENGEMBANGKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

Dewi Semiati^{1*} & Lilik Mawartiningsih²

^{1&2}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas PGRI Ronggolawe, Jalan Manunggal Nomor 61, Tuban,
Jawa Timur 62391, Indonesia

*Email: dewisemiati53@gmail.com

Submit: 07-04-2026; Revised: 16-04-2026; Accepted: 17-04-2026; Published: 30-04-2026

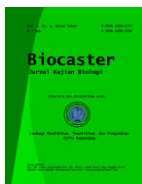
ABSTRAK: Keterbatasan bahan ajar yang mendukung pembelajaran berorientasi pada keterampilan berpikir tingkat tinggi pada materi fungi di kelas X SMA menjadi latar belakang penelitian ini. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan pengembangan bahan ajar inovatif berbasis *Problem Based Learning* (PBL). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi fungi serta mengetahui tingkat validitasnya sebagai bahan ajar biologi. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model 4D yang dilaksanakan sampai tahap *define, design, develop*, dan *disseminate*. Namun, penelitian ini hanya dilaksanakan hingga tahap *develop* tanpa tahap *disseminate*, karena difokuskan pada pengembangan dan uji validitas produk. Uji validitas dilakukan oleh tiga validator yang terdiri atas dua dosen ahli materi dan media pembelajaran biologi, serta satu guru biologi SMA menggunakan instrumen penilaian skala Likert yang mencakup aspek materi, sistematika penyajian, bahasa, dan media. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memperoleh nilai rata-rata validitas sebesar 90,1% dengan kategori sangat valid yang terdiri atas aspek materi sebesar 87,8%, sistematika penyajian sebesar 88,0%, bahasa sebesar 93,3%, dan media sebesar 91,1%. Berdasarkan hasil tersebut, e-modul berbasis PBL pada materi fungi dinyatakan memiliki tingkat validitas sangat tinggi (sangat valid) sebagai bahan ajar biologi.

Kata Kunci: E-Modul, Fungi, *Problem Based Learning*, Validitas.

ABSTRACT: The limited availability of instructional materials that support learning focused on higher-order thinking skills in the fungi curriculum for 10th-grade high school students serves as the background for this study. This situation highlights the need to develop innovative instructional materials based on *Problem-Based Learning* (PBL). This study aims to develop a *Problem-Based Learning* (PBL)-based e-module on fungi and to determine its validity as a biology instructional material. The study employed the *Research and Development* (R&D) method using the 4D model, implemented through the *define, design, develop, and disseminate* stages. However, this study was conducted only up to the *develop* stage, excluding the *disseminate* stage, as it focused on product development and validity testing. The validity test was conducted by three validators, consisting of two lecturers specializing in biology content and instructional media and one high school biology teacher, using a Likert scale assessment instrument covering the aspects of content, presentation structure, language, and media. The validation results indicate that the developed e-module achieved an average validity score of 90.1%, classified as highly valid, comprising 87.8% for content, 88.0% for presentation structure, 93.3% for language, and 91.1% for media. Based on these results, the PBL-based e-module on fungi was found to have a very high level of validity (highly valid) as a biology teaching material.

Keywords: E-Module, Fungi, *Problem Based Learning*, Validity.

How to Cite: Semiati, D., & Mawartiningsih, L. (2026). Validitas E-Modul Berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada Materi Fungi untuk Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 6(2), 976-985. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i2.1237>



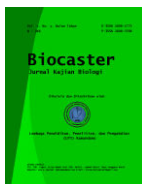
PENDAHULUAN

Memasuki milenium ketiga, arah pendidikan global mengalami pergeseran yang cukup mendasar. Pendidikan tidak lagi hanya menekankan penguasaan fakta, tetapi lebih diarahkan pada pengembangan kompetensi abad ke-21, khususnya HOTS (Zamora & Zamora, 2022). Kemampuan ini sangat penting, karena anak-anak belajar menganalisis, mengevaluasi, dan membuat keputusan yang masuk akal daripada hanya menghafal informasi. Reformasi ini tercermin dalam Kurikulum Independen Indonesia yang mempromosikan kualitas Profil Siswa Pancasila termasuk berpikir kritis. Namun, pencapaian ini belum sepenuhnya terwujud. Program Penilaian Siswa Internasional (PISA) 2022 menemukan tingkat membaca, berhitung, dan sains siswa Indonesia di bawah rata-rata OECD. Hal tersebut mengindikasikan mengenai kemampuan analitis dan evaluatif siswa yang sangat penting untuk berpikir kritis dan perlu ditingkatkan (Ismeirita *et al.*, 2025).

Keterampilan berpikir kritis yang rendah dikaitkan dengan pendekatan sekolah yang berpusat pada guru yang menekankan ceramah dan hafalan, dan sumber belajar yang terbatas yang mendorong keterlibatan aktif siswa yang membatasi kesempatan siswa untuk berpikir mendalam (Fitria *et al.*, 2022; Wardani & Fiorintina, 2023). Akibatnya, siswa belum terbiasa mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi secara kritis, maupun menarik simpulan secara logis dan reflektif. Permasalahan ini semakin terasa dalam pembelajaran biologi, khususnya pada materi kingdom fungi. Materi fungi memuat konsep-konsep yang relatif kompleks, seperti struktur morfologis, proses reproduksi, dan sistem klasifikasi yang bersifat abstrak. Kompleksitas tersebut sering kali membuat siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi, bahkan memunculkan miskonsepsi, baik yang berasal dari buku teks maupun dari pemahaman awal siswa (Yonsyah & Widowati, 2025). Kemampuan berpikir kritis siswa dalam bidang biologi terganggu karena tidak memahami topik-topik ini (Krisna *et al.*, 2024).

Selain itu, siswa mengalami kesulitan dalam berpikir kritis sepanjang proses pembelajaran. Kesulitan ini terlihat dari keterbatasan siswa dalam mengidentifikasi permasalahan, menganalisis informasi yang tersedia, mengevaluasi berbagai kemungkinan jawaban, serta menarik simpulan secara logis dan reflektif. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya terobosan dalam penyediaan sumber belajar yang mampu memfasilitasi inkuiri mandiri dan terstruktur (Azzahra, 2017). Penelitian menunjukkan bahwa meskipun kebijakan pendidikan menekankan pengembangan berpikir kritis, pelaksanaan penyelenggaraan pendidikan di Indonesia masih belum sebanding dengan negara lain (Defianty & Wilson, 2022). Ayu (2025) juga menemukan bahwa tugas-tugas buku teks sekolah menengah tidak mendorong pemikiran kritis. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan metode pembelajaran yang berbasis konteks nyata untuk mendorong kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Problem Based Learning (PBL) mendorong pemikiran kritis. Dalam penerapannya, PBL memposisikan siswa menjadi pusat pembelajaran dengan pemecahan masalah yang nyata. Siswa diarahkan agar berkontribusi aktif pada



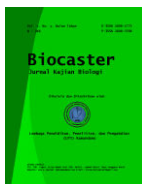
proses penyelidikan, percakapan, dan refleksi. Hal tersebut dapat mengembangkan ide, serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis, analitis, kolaboratif, dan pengambilan keputusan secara logis (Wardani *et al.*, 2025; Wijnia *et al.*, 2024). Kurikulum Independen menekankan pembelajaran kontekstual, diferensiasi, dan pemikiran kritis yang didukung oleh PBL (Rohana *et al.*, 2024). Sumber daya terbuka yang disesuaikan dengan PBL diperlukan untuk implementasi yang optimal. Sumber daya terbuka meliputi e-modul. E-modul menggabungkan teks, grafik, musik, video, animasi, dan simulasi interaktif ke dalam satu platform pembelajaran (Nurulita & HB, 2022).

Fleksibilitas akses dan dukungan multimedia menjadikan e-modul berpotensi mendukung pembelajaran mandiri serta pengembangan keterampilan abad ke-21. Pada materi fungi yang memiliki tingkat abstraksi tinggi, visualisasi tiga dimensi, animasi siklus hidup, dan simulasi interaktif dapat membantu siswa memahami hal-hal yang sulit dibayangkan hanya melalui teks semata (Duncan *et al.*, 2023). Integrasi fitur evaluasi otomatis dan umpan balik instan juga memungkinkan siswa melakukan refleksi mandiri terhadap proses belajar (Fredericksen *et al.*, 2017). E-modul merupakan sumber pengetahuan dan alat bantu pembelajaran yang adaptif yang terhubung dengan Kurikulum Independen (Rohana *et al.*, 2024).

Sejumlah penelitian sebelumnya melaporkan efektivitas e-modul berbasis PBL dalam meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis. Namun, penelitian tersebut berfokus pada uji efektivitas, bukan pada aspek validitas produk. Solihati & Hikmat (2018) menemukan bahwa e-modul PBL sangat meningkatkan pembelajaran. Wardani *et al.* (2025) menemukan bahwa e-modul PBL tentang virus memiliki validitas 95% dan *N-Gain* sebesar 0,7, sedangkan peta konsep tentang jamur meningkatkan daya ingat dan kepercayaan diri siswa. Pertiwi *et al.* (2024) menunjukkan bahwa e-modul berbasis *web* meningkatkan minat dan analisis siswa, sementara Usman *et al.* (2024) juga menegaskan efektifitas integrasi PBL dalam format digital. Secara umum, literatur mendukung integrasi PBL dan teknologi sebagai solusi pembelajaran sains (Ananda & Albina, 2024; Defianty & Wilson, 2022; Nurulita & HB, 2022; Yuniarti *et al.*, 2024).

Meskipun pengembangan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) telah dilakukan, sebagian besar penelitian berfokus pada uji efektivitas pembelajaran dan belum menekankan pada proses validitas produk secara komprehensif. Selain itu, pengembangan e-modul PBL pada materi fungi masih terbatas, terutama dalam integrasi sintaks PBL secara sistematis serta kelengkapan aspek isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafikan. Sebagian penelitian sebelumnya lebih banyak difokuskan pada materi ekosistem atau virus (Putra *et al.*, 2025). Selain itu, bahan ajar digital yang digunakan di sekolah umumnya masih bersifat informatif dan belum sepenuhnya dirancang berbasis sintaks PBL (Anjani *et al.*, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan adanya celah penelitian berupa belum tersedianya e-modul berbasis PBL pada materi fungi yang divalidasi secara komprehensif sebagai dasar kelayakan penggunaannya sebagai bahan ajar biologi dikelas X SMA.

Penelitian ini memiliki kebaruan melalui integrasi model *Problem Based Learning* (PBL) pada materi fungi yang dilengkapi visualisasi dinamis serta



pemetaan indikator berpikir kritis secara eksplisit dalam setiap fitur e-modul. Kebaruan tersebut diwujudkan melalui fitur *bio-orientation* yang menyajikan permasalahan kontekstual mikologi berbasis media visual autentik sebagai stimulasi awal pembelajaran, serta fitur *bio-eval* berupa evaluasi elektronik yang memuat indikator berpikir kritis meliputi interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri yang diselaraskan dengan fenomena biologis pada materi fungi. E-modul juga dirancang dengan penyajian informasi taksonomi fungi berbasis data ilmiah terkini secara interaktif untuk mendukung pemahaman konseptual siswa secara lebih sistematis. Pengembangan e-modul ini juga relevan dengan implementasi Kurikulum Merdeka yang mendorong pembelajaran mandiri berbasis sumber belajar digital adaptif (Yuniarti *et al.*, 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini adalah mengembangkan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi fungi untuk siswa kelas X SMA, serta mengetahui tingkat validitasnya berdasarkan aspek isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafikan sebagai dasar kelayakan penggunaannya sebagai bahan ajar biologi.

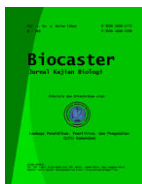
METODE

Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) yang bertujuan mengembangkan e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi fungi untuk siswa kelas X SMA serta mengetahui tingkat validitasnya sebagai bahan ajar biologi. Model pengembangan yang digunakan adalah model 4D yang dikemukakan oleh Thiagarajan *et al.* (1974) yang terdiri atas empat tahap, yaitu *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Namun, penelitian ini dilaksanakan hingga tahap *develop*, karena difokuskan pada pengembangan dan uji validitas produk, sehingga tahap *disseminate* tidak dilakukan.

Tahap *define* bertujuan untuk menganalisis kebutuhan pengembangan produk melalui analisis kurikulum, analisis karakteristik siswa kelas X SMA, analisis materi fungi, serta analisis indikator keterampilan berpikir kritis yang akan diintegrasikan dalam e-modul. Analisis kurikulum dilakukan untuk menyesuaikan materi dengan capaian pembelajaran biologi SMA dalam Kurikulum Merdeka, sedangkan analisis karakteristik siswa digunakan untuk menentukan bentuk penyajian materi yang sesuai dengan kebutuhan belajar siswa. Analisis materi dilakukan untuk mengidentifikasi konsep-konsep esensial dan potensi miskonsepsi pada materi fungi sebagai dasar penyusunan konten e-modul.

Tahap *design* bertujuan merancang *prototype* awal e-modul berbasis PBL. Kegiatan pada tahap ini meliputi penyusunan struktur e-modul sesuai sintaks PBL, perancangan tampilan dan alur penyajian materi, pemilihan media pendukung berupa gambar, animasi, dan evaluasi interaktif, serta penyusunan instrumen validasi produk. Desain e-modul disusun dengan mengintegrasikan indikator keterampilan berpikir kritis pada setiap bagian pembelajaran, sehingga keterkaitan antara materi dan tujuan pembelajaran dapat terstruktur secara sistematis.

Tahap *develop* merupakan tahap realisasi produk dan uji validitas e-modul. Produk yang telah dikembangkan selanjutnya divalidasi oleh tiga validator yang terdiri atas dua dosen ahli materi dan media pembelajaran biologi dari Universitas PGRI Ronggolawe Tuban, dan satu guru biologi SMA Negeri 3 Tuban. Validasi



dilakukan untuk menilai kelayakan e-modul berdasarkan aspek isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafikan. Selain memberikan penilaian kuantitatif, validator juga memberikan saran dan masukan sebagai dasar perbaikan produk sebelum dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa lembar validasi ahli berbentuk angket tertutup menggunakan skala Likert lima tingkat yang mengacu pada kriteria penilaian menurut Arikunto (2019). Instrumen validasi disusun berdasarkan empat aspek penilaian, yaitu: 1) aspek kelayakan isi yang mencakup kesesuaian materi dengan capaian pembelajaran, kebenaran konsep, dan kedalaman materi; 2) aspek penyajian yang meliputi sistematika penyusunan materi, keterpaduan sintaks PBL, serta kelengkapan komponen pembelajaran; 3) aspek kebahasaan yang mencakup keterbacaan, ketepatan istilah, dan kejelasan kalimat; serta 4) aspek kegrafikan yang meliputi tata letak, kualitas visual, dan keterpaduan media. Data kuantitatif diperoleh dari skor hasil penilaian validator, sedangkan data kualitatif diperoleh dari komentar dan saran validator yang digunakan sebagai dasar revisi produk. Kriteria penilaian validitas menggunakan skala Likert lima kategori sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Validitas dengan Skala Likert.

Skor	Kriteria
5	Sangat valid
4	Valid
3	Cukup valid
2	Tidak valid
1	Sangat tidak valid

Sumber: Arikunto (2019).

Data hasil validasi dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase tingkat validitas menggunakan rumus:

$$\text{Validitas} = \frac{\text{Jumlah Skor Tiap Kriteria}}{\text{Jumlah Skor Maksimal}} \times 100\%$$

Sumber: Arikunto (2019).

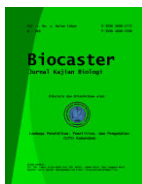
Hasil persentase validitas kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria tingkat validitas sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Interpretasi Tingkat Validitas.

Persentase (%)	Kategori
81% - 100%	Sangat Valid
61% - 80%	Valid
41% - 60%	Cukup Valid
21% - 40%	Tidak Valid
0% - 20%	Sangat Tidak Valid

Sumber: Arikunto (2019).

Produk e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) dinyatakan valid apabila memperoleh persentase validitas minimal 81%. Hasil validasi selanjutnya digunakan sebagai dasar revisi produk pada tahap pengembangan berdasarkan saran



dan masukan dari para validator. Proses revisi dilakukan secara bertahap hingga e-modul mencapai kategori sangat valid, sehingga memenuhi kriteria kelayakan sebagai bahan ajar biologi untuk siswa kelas X SMA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi fungsi yang telah melalui tahap validasi oleh ahli materi, ahli media, dan guru biologi. Validasi ahli mencakup pengirisan kuesioner kepada pakar materi pelajaran biologi, spesialis media pembelajaran, dan instruktur biologi. Konten, presentasi, bahasa, dan gambar divalidasi untuk menentukan kelayakan e-modul. Tabel 3 menunjukkan statistik validitas e-modul berbasis PBL.

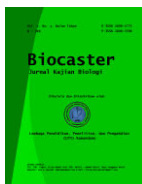
Tabel 3. Data Hasil Validitas E-Modul PBL.

No.	Aspek	Validator			Rata-rata	Kriteria
		Validator 1	Validator 2	Validator 3		
1	Materi	86.7%	80.0%	96.7%	87.8%	Sangat Valid
2	Sistematika	92.0%	80.0%	92.0%	88.0%	Sangat Valid
3	Bahasa	100.0%	80.0%	100.0%	93.3%	Sangat Valid
4	Media	96.7%	80.0%	96.7%	91.1%	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 3, e-modul berbasis PBL memperoleh rata-rata persentase validitas sebesar 90,1% dengan kategori sangat valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki tingkat validitas yang tinggi, yang mengindikasikan kesesuaian antara materi, tujuan pembelajaran, desain penyajian, serta karakteristik peserta didik, sehingga produk memiliki dasar kelayakan yang kuat untuk dilanjutkan pada tahap uji coba terbatas. Dalam penelitian pengembangan, validitas yang tinggi menunjukkan kesesuaian antara materi dengan capaian pembelajaran, ketepatan desain penyajian, keterbacaan bahasa, serta kualitas tampilan media sebagai dasar kelayakan penggunaan produk dalam pembelajaran (Astuti *et al.*, 2024).

Pada aspek kelayakan isi, diperoleh rata-rata skor sebesar 87,8% dengan kategori sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan telah sesuai dengan capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, serta karakteristik materi fungsi pada kelas X SMA. Integrasi sintaks PBL dalam penyajian materi juga mendukung keterkaitan antara konsep biologis dengan permasalahan kontekstual. Meskipun demikian, terdapat perbedaan skor antar-validator, khususnya validator II yang memberikan nilai relatif lebih rendah dibandingkan validator lainnya. Berdasarkan masukan validator, revisi dilakukan pada beberapa bagian materi, terutama pada penyederhanaan penyajian klasifikasi fungsi dan penambahan contoh kontekstual agar lebih mudah dipahami siswa. Revisi tersebut bertujuan meningkatkan kejelasan konsep serta meminimalkan potensi miskonsepsi.

Pada aspek sistematika penyajian, e-modul memperoleh rata-rata skor sebesar 88,0% dengan kategori sangat valid. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur penyusunan e-modul telah sesuai dengan sintaks *problem based learning*, yaitu tahap orientasi masalah, pengorganisasian belajar, penyelidikan, penyajian hasil, dan refleksi. Namun demikian, skor validator II yang relatif lebih rendah menunjukkan perlunya penyempurnaan alur kegiatan pembelajaran agar



keterkaitan antarbagian lebih sistematis. Berdasarkan saran validator, dilakukan revisi pada urutan penyajian kegiatan pembelajaran dan penegasan keterkaitan antara tujuan pembelajaran dengan aktivitas pada fitur *bio-orientation* dan *bio-eval*, sehingga alur pembelajaran menjadi lebih terstruktur.

Pada aspek kebahasaan, e-modul memperoleh skor rata-rata sebesar 93,3% dengan kategori sangat valid. Hasil ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan telah sesuai dengan tingkat perkembangan siswa SMA, komunikatif, dan mengikuti kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar. Meskipun demikian, validator memberikan saran perbaikan berupa penyederhanaan beberapa istilah ilmiah dan penyesuaian kalimat agar lebih efektif. Revisi tersebut dilakukan untuk meningkatkan keterbacaan materi, sehingga mendukung pemahaman konsep secara lebih optimal.

Pada aspek kegrafikan, e-modul memperoleh skor rata-rata sebesar 91,1% dengan kategori sangat valid. Hal ini menunjukkan bahwa desain tampilan e-modul telah memenuhi prinsip keterbacaan visual, proporsi tata letak, serta kesesuaian ilustrasi dengan materi pembelajaran. Validator juga memberikan masukan terkait konsistensi ukuran huruf dan penyesuaian kontras warna pada beberapa bagian tampilan. Perbaikan tersebut dilakukan untuk meningkatkan kenyamanan visual dan memudahkan siswa dalam menggunakan e-modul secara mandiri.

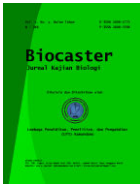
Perbedaan skor antar-validator pada beberapa aspek menunjukkan adanya variasi perspektif penilaian yang menjadi bagian penting dalam proses pengembangan produk. Masukan tersebut digunakan sebagai dasar revisi produk hingga e-modul mencapai kriteria sangat valid. Dalam penelitian pengembangan, proses revisi berdasarkan hasil validasi ahli merupakan tahapan penting untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kelayakan bahan ajar sebelum digunakan dalam pembelajaran. Proses revisi ini merupakan inti dalam penelitian pengembangan, karena memungkinkan penyempurnaan produk secara sistematis hingga mencapai kualitas yang optimal. Dengan demikian, hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi fungsi memiliki tingkat validitas yang tinggi dan layak untuk dilanjutkan pada tahap uji coba terbatas sebagai bahan ajar biologi untuk siswa kelas X SMA.

SIMPULAN

Menurut hasil penelitian serta pembahasan, didapatkan simpulan mengenai e-modul berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi fungsi kelas X SMA berhasil meraih tingkat validitas sejumlah 90,1% dalam kategori sangat valid. Angka tersebut memperlihatkan e-modul telah memenuhi standar kelayakan dari aspek materi, sistematika, bahasa, dan media. Artinya, e-modul ini layak dipakai menjadi bahan ajar dalam pembelajaran biologi. Lebih dari itu, karena strukturnya disusun berdasarkan sintaks PBL, e-modul ini juga punya potensi nyata untuk membantu siswa mengasah kemampuan berpikir kritis mereka dalam proses pembelajaran.

SARAN

Meskipun e-modul telah berada pada kriteria sangat valid, disarankan untuk melakukan penyempurnaan lebih lanjut terutama pada aspek materi dan sistematika



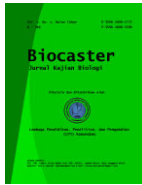
sesuai masukan dari validator agar kualitas produk semakin optimal. Selain itu, perlu dilakukan uji coba terbatas maupun luas kepada siswa untuk mengetahui tingkat kepraktisan dan keefektifan e-modul meningkatkan kemampuan berpikir kritis secara nyata dalam kegiatan pembelajaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

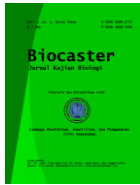
Penulis menyampaikan terima kasih pada seluruh pihak yang sudah membantu untuk melaksanakan penelitian ini, utamanya kepada dosen pembimbing yang telah membimbing juga memotivasi. Terima kasih juga kepada para dosen maupun ahli biologi yang sudah mengevaluasi, menyarankan, dan memberikan masukan terhadap modul daring berbasis *Problem Based Learning* (PBL). Bantuan dan masukan ini benar-benar meningkatkan e-modul tentang fungsi untuk memperkuat kemampuan berpikir kritis siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Ananda, N., & Albina, M. (2025). Langkah-langkah Efektif dalam Penyusunan RPP dan Modul Ajar untuk Pembelajaran yang Berkualitas. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, 3(1), 1–17. <https://doi.org/10.62281/v3i1.1472>
- Anjani, F., Fatmawati, U., & Ariyanto, J. (2024). Development E-Module on Genetic Materials to Enhance Students' Critical Thinking Skills. *Biosfer : Jurnal Pendidikan Biologi*, 17(1), 32–44. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.29539>
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Astuti, B. R., Supeno, S., & Purwantiningsih, A. (2024). Validitas dan Kepraktisan Bahan Ajar IPAS Berbasis Multirepresentasi untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan : Riset dan Konseptual*, 8(4), 877-887. https://doi.org/10.28926/riset_konseptual.v8i4.1097
- Ayu, P. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis Literasi Digital terhadap Kemampuan Berpikir Analisis Kelas X Mata Pelajaran Biologi di SMA. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Azzahra, A. (2017). Pengaruh Model *Case Based Learning* (CBL) terhadap Hasil Belajar Biologi Siswa pada Konsep Jamur. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Defianty, M., & Wilson, K. (2022). Critical Thinking in ELT: Indonesian Teachers' Understanding and Practice Ten Years Down the Track. *Indonesian Journal of English Education*, 9(1), 120-139. <https://doi.org/10.15408/ijee.v9i1.26673>
- Duncan, K., Lebow, C., Daniels, D., DeVore, M., Bravo, A., Floss, D., & Topp, C. (2023). Lab-based X-ray Microscopy for in situ 3D Visualization of Mycorrhizal Fungal Structures Associated with Roots. *Microscopy and Microanalysis*, 29(1), 872-873. <https://doi.org/10.1093/micmic/ozad067.431>
- Fitria, Y., Safnowandi, S., & Fajri, S. R. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing (*Guided Inquiry*) Berbasis Saintifik terhadap



- Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 2(3), 128-141. <https://doi.org/10.36312/bjkb.v2i3.97>
- Fredericksen, M. A., Zhang, Y., Hazen, M. L., Loreto, R. G., Mangold, C. A., Chen, D. Z., & Hughes, D. P. (2017). Three-Dimensional Visualization and a Deep-Learning Model Reveal Complex Fungal Parasite Networks in Behaviorally Manipulated Ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(47), 12590–12595. <https://doi.org/10.1073/pnas.1711673114>
- Ismeirita, Ahman, E., Dahlan, D., & Supendra, D. (2025). Identifying Key Factors Influencing the Development of Higher Order Thinking Skills (HOTS) in Students: A Systematic Literature Review. *Al-Ishlah : Jurnal Pendidikan*, 17(3), 5242-5257. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v17i3.6627>
- Krisna, A. Y., Sulistiyo, U., & Rustam. (2024). Critical Thinking in Indonesian Language Learning. *Journal of Education Research and Evaluation*, 8(2), 384–393. <https://doi.org/10.23887/jere.v8i2.76748>
- Nurulita, M. F., & HB, F. P. M. (2022). The Problem-Based E-Module as Learning Supplement to Improve Students' Learning Outcomes. *Journal of Biology Education*, 11(2), 272–281. <https://doi.org/10.15294/jbe.v11i2.56846>
- Pertiwi, N. P., Saputro, S., Yamtinah, S., & Kamari, A. (2024). Enhancing Critical Thinking Skills through STEM Problem-Based Contextual Learning: An Integrated E-Module Education Website with Virtual Experiments. *Journal of Baltic Science Education*, 23(4), 739–766. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.739>
- Putra, Z. A. Z., Susilo, H., Suwono, H., & Ibrohim, I. (2025). Revealing the Effect of Problem-Based Learning Combined with the Use of Digital Mind Map on Students' Creative Thinking. *Journal of Pedagogical Research*, 9(3), 43-61. <https://doi.org/10.33902/JPR.202522991>
- Rohana, H., Putri, H., Huda, L. M., Putri, M. S., Amalia, N., & Zulaykha, U. (2024). Analisis Pembelajaran Diferensiasi pada Kurikulum Merdeka di Sekolah Dasar. *Journal of Elementary School Education*, 4(1), 330-336. <https://doi.org/10.52657/jouese.v4i1.2232>
- Solihati, N., & Hikmat, A. (2018). Critical Thinking Tasks Manifested in Indonesian Language Textbooks for Senior Secondary Students. *SAGE Open*, 8(3), 1-8. <https://doi.org/10.1177/2158244018802164>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Minnesota: University of Minnesota.
- Usman, N. F., Mustaqimah, N., & Latjompoh, M. (2024). Needs Analysis for the Development of Biology E-Modules Based on Project-Oriented Problem-Based Learning (POPBL) to Improve Students' Critical Thinking, Creativity, and Collaboration Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10859–10867. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i12.9395>
- Wardani, I. S., & Fiorintina, E. (2023). Building Critical Thinking Skills of 21st Century Students through Problem Based Learning Model. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 12(3), 461–470. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i3.58789>



- Wardani, W., Prayitno, B. A., & Mahardiani, L. (2025). Effectiveness of E-Module Based on Problem Research Based Learning (PRBL) on Students' Science Process Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 615–622. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i1.10007>
- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M. J. P., & Loyens, S. M. M. (2024). The Effects of Problem-Based, Project-Based, and Case-Based Learning on Students' Motivation: A Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 36(1), 1-28. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>
- Yonsyah, I., & Widowati, A. (2025). Integration of Problem-Based Learning with Digital Technology in Science Learning for Critical Thinking Skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 12(1), 250–265. <https://doi.org/10.30738/cjipf>
- Yuniarti, Astija, Bialangi, M. S., Jamhari, M., & Tiwow, V. M. (2024). Problem-Based Learning E-Module Using HTML 5 Package Platform to Improve Critical Thinking and Collaboration Skills in Biology Lessons. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 9(2), 306–316. <https://doi.org/10.23887/jppp.v9i2.92599>
- Zamora, J. T., & Zamora, J. J. M. (2022). 21st Century Teaching Skills and Teaching Standards Competence Level of Teacher. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(5), 220–238. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.5.12>