Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains (BIOEDUSAINS)
Volume 9, Nomor 3, Mei-Juni 2026
e-ISSN: 2598-7453
DOI: https://doi.org/10.31539/vy40c142

PENGEMBANGAN MEDIA *AUGMENTED REALITY POP-UP DIORAMA* UNTUK MENINGKATKAN LITERASI BIODIVERSITAS SISWA PADA PEMBELAJARAN EKOSISTEM

Rifki Risma Munandar[1], Eva Fadilah[2]
UIN Syarif Hidayatullah[1], Universitas Pakuan[2]
evafadilah@uinjkt.ac.id[2]

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media *Augmented Reality Pop-Up Diorama* sebagai media pembelajaran ekosistem yang interaktif untuk meningkatkan literasi biodiversitas siswa. Metode penelitian yang digunakan adalah *research and development* dengan model ADDIE yang terdiri atas tahap *analysis, design, development, implementation,* dan *evaluation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media berada pada kategori sangat valid dengan rata-rata sebesar 93,75%. Respons guru mencapai 95,00% dan respons siswa mencapai 90,70%. Nilai rata-rata siswa meningkat dari 51,23 pada *pretest* menjadi 85,77 pada *posttest* dengan nilai N-Gain sebesar 0,71 yang termasuk kategori tinggi. Simpulan penelitian ini menunjukkan bahwa *Augmented Reality Pop-Up Diorama* valid, praktis, dan efektif untuk mendukung pembelajaran ekosistem serta meningkatkan literasi biodiversitas siswa.

Kata Kunci: *Augmented Reality*, Literasi Biodiversitas, Media Pembelajaran Interaktif, Pembelajaran Ekosistem, *Pop-Up Diorama*

ABSTRACT

This study aimed to develop an Augmented Reality Pop-Up Diorama as an interactive ecosystem learning medium to enhance students' biodiversity literacy. The research method used was research and development with the ADDIE model, consisting of the analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The results showed that the medium was categorized as highly valid with an average score of 93.75%. The teacher response reached 95.00%, while the student response reached 90.70%. The students' average score increased from 51.23 on the pretest to 85.77 on the posttest, with an N-Gain score of 0.71, which was categorized as high. This study concludes that the Augmented Reality Pop-Up Diorama is valid, practical, and effective in supporting ecosystem learning and improving students' biodiversity literacy.

Keywords: *Augmented Reality, Biodiversity Literacy, Ecosystem Learning, Interactive Learning Media, Pop-Up Diorama*

PENDAHULUAN

Kehilangan keanekaragaman hayati menjadi salah satu tantangan global yang mendesak karena berdampak pada kestabilan ekologi, jasa ekosistem, ketahanan iklim, ketahanan pangan, dan kesejahteraan manusia. Kondisi ini menuntut sistem pendidikan untuk menyiapkan siswa yang mampu memahami persoalan biodiversitas, menafsirkan perubahan ekologis, dan mengambil bagian secara bertanggung jawab dalam pengambilan keputusan yang berorientasi pada konservasi. Pendidikan biodiversitas tidak hanya berfungsi untuk menyampaikan fakta biologi, tetapi juga membangun literasi yang membantu siswa mengenali nilai keanekaragaman hayati, memahami ancaman terhadap lingkungan, dan mempertimbangkan tindakan yang tepat dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam konteks sosial (Ferreira et al., 2021; Lopes et al., 2024; Moss et al., 2017; Paradise & Bartkovich, 2021). Dengan demikian, literasi biodiversitas dapat dipahami sebagai salah satu respons pendidikan terhadap krisis keanekaragaman hayati global.

Literasi biodiversitas mengacu pada kemampuan seseorang untuk memahami konsep keanekaragaman hayati, mengenali biodiversitas pada tingkat genetik, spesies, dan ekosistem, serta mengetahui tindakan nyata yang dapat mendukung konservasi dan keberlanjutan. Literasi ini juga mencakup kesadaran etis, kepedulian, keterampilan inkuiri, dan kemampuan bertindak sehingga siswa dapat menghubungkan pengetahuan biologi dengan tanggung jawab terhadap lingkungan (Chithra et al., 2022; Efe & Efe, 2022; Lubos, 2023). Beberapa studi menempatkan literasi biodiversitas sebagai bagian dari literasi sains, literasi lingkungan, literasi kelautan, dan literasi kesehatan planet karena isu biodiversitas berkaitan erat dengan kesehatan ekologi, perubahan iklim, kesejahteraan manusia, dan partisipasi publik dalam pengelolaan lingkungan (Ferreira et al., 2021; Jochem et al., 2023; Riani, 2023; Strand et al., 2022). Pemahaman ini menunjukkan bahwa literasi biodiversitas perlu diajarkan melalui pengalaman belajar yang akurat secara konseptual, bermakna secara kontekstual, dan mengarah pada tindakan yang bertanggung jawab.

Pembelajaran ekosistem merupakan konteks yang strategis untuk membangun literasi biodiversitas karena memperkenalkan siswa pada habitat, komponen biotik dan abiotik, hubungan organisme dengan lingkungan, serta keanekaragaman hayati tingkat ekosistem. Siswa perlu memahami bahwa hutan, laut, padang rumput, dan gurun bukan sekadar tempat hidup organisme, melainkan sistem ekologis yang kompleks dan terbentuk melalui interaksi antara organisme, kondisi fisik, serta proses lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa siswa sering memahami biodiversitas secara sempit sebagai banyaknya jenis spesies, tetapi kurang memperhatikan keanekaragaman genetik, keanekaragaman ekosistem, fungsi habitat, dan proses ekologis (Ellwood et al., 2019; Ferreira et al., 2021; Salinas et al., 2022). Studi lain juga menunjukkan bahwa siswa lebih mudah mengenali nama organisme daripada menjelaskan peran habitat, interaksi

antarspesies, hubungan biotik dan abiotik, serta jasa ekosistem (Beckett et al., 2025; Macassa, 2021). Temuan tersebut menunjukkan perlunya media pembelajaran yang dapat membantu siswa memahami ekosistem secara relasional dan sistemik.

Media pembelajaran konvensional sering memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan konsep ekosistem secara konkret. Buku teks, gambar dua dimensi, dan presentasi slide dapat membantu menjelaskan materi, tetapi umumnya menampilkan fenomena ekologi secara statis dan terpisah-pisah. Ekosistem melibatkan hubungan ruang, perubahan waktu, proses yang tidak terlihat secara langsung, keterhubungan habitat, serta umpan balik antara organisme dan lingkungannya. Hal-hal tersebut sulit dipahami jika hanya disajikan melalui representasi statis (Barroso, 2022; Kamarainen et al., 2018; Kuťák et al., 2023). Media tersebut mungkin membantu siswa mengenali ciri luar organisme atau habitat, tetapi kurang memberikan kesempatan kepada siswa untuk membandingkan habitat, mengeksplorasi struktur ruang, dan mengamati hubungan ekologis secara interaktif (Klippel et al., 2021; Yılmaz & Coşkun, 2023). Akibatnya, pemahaman siswa tentang ekosistem dapat menjadi parsial dan belum sepenuhnya menggambarkan keterkaitan antara komponen hidup dan tidak hidup.

Augmented Reality semakin banyak dibahas sebagai teknologi pembelajaran yang potensial dalam pendidikan sains dan biologi karena mampu menampilkan objek digital pada lingkungan nyata serta membuat konsep abstrak menjadi lebih mudah diamati. Dalam pembelajaran biologi, AR dapat menghadirkan model tiga dimensi, informasi interaktif, dan visualisasi yang membantu siswa menghubungkan konsep teoretis dengan representasi konkret (Handayani et al., 2023; Kuťák et al., 2023; Yamtinah et al., 2021). AR juga memungkinkan siswa mengamati organisme, habitat, jaring makanan, dan proses ekologis melalui pengalaman multimodal yang memadukan unsur visual, ruang, dan interaksi. Studi empiris dan kajian literatur menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan motivasi, keterlibatan, pemahaman konsep, dan hasil belajar jika dirancang dengan tujuan pedagogis yang jelas dan disertai bimbingan yang tepat (Kő et al., 2023; Schumacher, 2022; Yılmaz & Coşkun, 2023). Dalam pembelajaran ekosistem, AR berpotensi membantu siswa membandingkan habitat, memahami hubungan organisme dengan lingkungan, dan memvisualisasikan biodiversitas pada tingkat ekosistem.

Pengembangan media AR dalam pembelajaran biologi telah berkembang, tetapi masih terdapat beberapa celah. Banyak media AR yang hanya berfokus pada satu topik, satu habitat, atau visualisasi digital yang berdiri sendiri sehingga belum banyak menghadirkan lingkungan belajar multihabitat yang terintegrasi. Beberapa penelitian juga menegaskan perlunya media AR yang selaras dengan kerangka literasi biodiversitas, menggabungkan pengetahuan dengan inkuiri dan tindakan, serta menyediakan fitur evaluasi untuk mengukur peningkatan belajar (Fattahillah et al., 2023; Lubos, 2023; Rahmawati et al., 2024; Yamtinah et al., 2021). Penelitian lain menekankan pentingnya pendekatan kontekstual, lokal, berbasis isu

sosiosaintifik, dan berbasis tempat untuk memperkuat literasi biodiversitas karena siswa lebih mudah memahami biodiversitas ketika pembelajaran dikaitkan dengan habitat nyata, masalah lingkungan, dan praktik konservasi (Hadiprayitno et al., 2023; Ivaningtias et al., 2024; Nuraeni et al., 2024; Rohmah et al., 2022). Oleh karena itu, media AR sebaiknya tidak hanya menampilkan objek digital yang menarik, tetapi juga mendukung eksplorasi ekologis yang bermakna.

Penelitian ini menjawab celah tersebut dengan mengembangkan *Augmented Reality Pop-Up Diorama* sebagai media pembelajaran ekosistem untuk meningkatkan literasi biodiversitas siswa. Media ini mengintegrasikan *pop-up diorama* fisik, *marker* AR, visualisasi multihabitat, objek flora dan fauna tiga dimensi, informasi ekologis interaktif, dan evaluasi berbasis kuis. Desain hibrida ini memadukan kelebihan media fisik yang dapat dilihat secara langsung dengan kelebihan AR yang bersifat visual dan interaktif. Melalui penyajian habitat laut, hutan, padang rumput, dan gurun dalam satu media, siswa diharapkan dapat membandingkan karakteristik ekosistem, mengidentifikasi komponen biotik dan abiotik, memahami hubungan organisme dengan habitat, serta mengenali keanekaragaman hayati tingkat ekosistem secara lebih bermakna.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Augmented Reality Pop-Up Diorama* yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan literasi biodiversitas siswa pada pembelajaran ekosistem. Penelitian ini berkontribusi pada pendidikan biologi dengan menawarkan model pengembangan media yang menghubungkan teknologi AR, konsep ekosistem, dan literasi biodiversitas dalam satu desain pembelajaran terpadu. Temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi guru dalam melaksanakan pembelajaran ekosistem yang interaktif serta memberikan wawasan teoretis mengenai cara media fisik-digital mendukung literasi biodiversitas dalam pembelajaran sains di sekolah.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

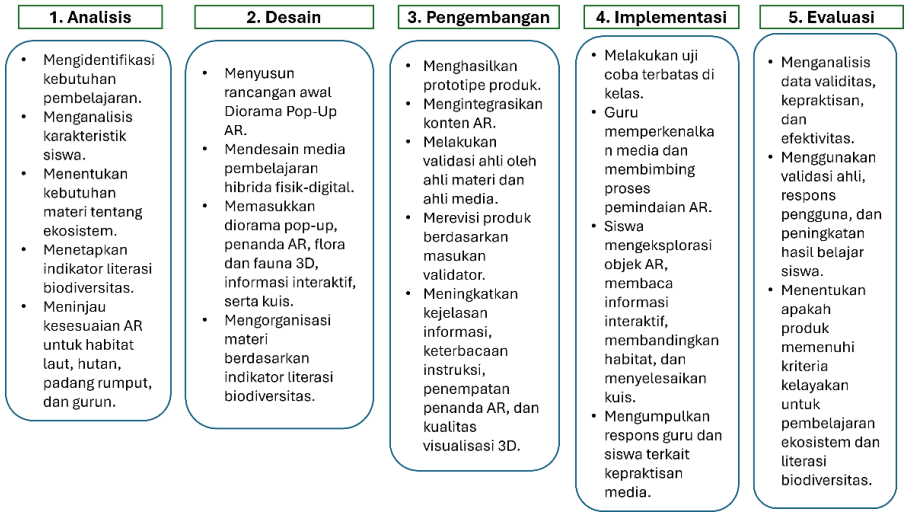
Penelitian ini menggunakan desain *research and development* untuk menghasilkan dan mengevaluasi *Augmented Reality Pop-Up Diorama* sebagai media pembelajaran ekosistem yang bertujuan meningkatkan literasi biodiversitas siswa. Proses pengembangan mengikuti model ADDIE yang terdiri atas tahap *analysis, design, development, implementation,* dan *evaluation*. Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dan berulang sehingga tujuan pembelajaran, konten, desain media, kebutuhan pengguna, dan prosedur penilaian dapat disusun secara selaras dalam pengembangan produk pembelajaran (Akçay et al., 2020; Czok et al., 2023). Model ini sesuai dengan penelitian karena pembelajaran ekosistem memerlukan media yang mampu merepresentasikan habitat, organisme, komponen biotik dan abiotik, serta hubungan ekologis melalui bentuk fisik dan digital.

Partisipan dan Konteks Penelitian

Penelitian ini melibatkan dua ahli materi, dua ahli media, satu guru biologi atau IPA, dan 30 siswa yang telah atau sedang mempelajari materi ekosistem. Ahli materi menilai ketepatan, relevansi, dan kesesuaian isi ekosistem serta literasi biodiversitas. Ahli media menilai desain visual, kualitas *marker Augmented Reality*, representasi objek tiga dimensi, interaktivitas, navigasi, dan kemudahan penggunaan. Guru dan siswa dilibatkan dalam uji kepraktisan, sedangkan siswa juga mengikuti uji efektivitas melalui kegiatan *pretest* dan *posttest*. Jumlah siswa tersebut digunakan untuk uji coba terbatas dalam penelitian pengembangan guna mengetahui kelayakan awal dan dampak pembelajaran sebelum produk diterapkan secara lebih luas.

Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan mengikuti model ADDIE yang terdiri atas tahap *analysis, design, development, implementation,* dan *evaluation*. Model ini digunakan agar *Augmented Reality Pop-Up Diorama* dikembangkan secara sistematis, mulai dari identifikasi kebutuhan pembelajaran hingga evaluasi kelayakan produk. Alur pengembangan media ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Prosedur pengembangan Augmented Reality Pop-Up Diorama berbasis ADDIE

Berdasarkan Gambar 1, pengembangan *Augmented Reality Pop-Up Diorama* dilakukan melalui lima tahap yang meliputi *analysis, design, development, implementation,* dan *evaluation*.

Tahap *analysis* dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, kebutuhan materi ekosistem, dan indikator literasi biodiversitas. Tahap ini berfokus pada kebutuhan siswa terhadap dukungan visual dan interaktif untuk memahami habitat, komponen biotik dan abiotik, hubungan organisme dengan lingkungan, serta keanekaragaman hayati tingkat ekosistem. Analisis juga dilakukan untuk menilai kesesuaian materi ekosistem dengan

visualisasi AR, terutama pada habitat laut, hutan, padang rumput, dan gurun. Tahap ini diperlukan karena media biologi berbasis AR perlu memiliki kesesuaian antara konsep ilmiah, kebutuhan siswa, dan kemampuan media agar teknologi yang digunakan berfungsi sebagai penunjang pembelajaran, bukan sekadar pelengkap tampilan (Czok et al., 2023; Kuťák et al., 2023; Yılmaz & Coşkun, 2023).

Tahap *design* berfokus pada penyusunan rancangan awal AR *Pop-Up Diorama*. Media ini dirancang sebagai produk pembelajaran hibrida yang menggabungkan *pop-up diorama* fisik dengan visualisasi AR berbasis *marker*. Setiap bagian habitat dirancang memiliki latar visual, *marker* AR, model flora dan fauna tiga dimensi, informasi ekologis singkat, serta evaluasi berbasis kuis. Desain media menekankan perbandingan multihabitat karena literasi biodiversitas menuntut siswa untuk mengenali perbedaan habitat dan memahami hubungan antara organisme dengan kondisi lingkungannya.

Tahap *development* mencakup pembuatan prototipe, integrasi konten AR, dan validasi ahli. Prototipe ditinjau oleh ahli materi dan ahli media menggunakan lembar validasi. Masukan dari validator digunakan untuk merevisi produk, terutama pada kejelasan informasi ekologis, ketepatan konsep biodiversitas, keterbacaan petunjuk, posisi *marker* AR, dan kualitas visualisasi tiga dimensi. Proses ini dilakukan agar media yang dikembangkan akurat secara ilmiah, jelas secara visual, dan layak secara teknis sebelum digunakan dalam pembelajaran.

Tahap *implementation* dilakukan melalui uji coba terbatas di kelas. Pada tahap ini, guru memperkenalkan media, membimbing siswa memindai *marker* AR, dan memfasilitasi diskusi mengenai karakteristik ekosistem yang ditampilkan dalam diorama. Siswa mengeksplorasi objek AR, membaca informasi ekologis interaktif, membandingkan habitat, dan menyelesaikan aktivitas kuis. Tahap ini juga digunakan untuk mengumpulkan respons guru dan siswa terhadap kepraktisan media.

Tahap *evaluation* dilakukan dengan menganalisis data validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Kualitas produk dinilai melalui validasi ahli, respons pengguna, dan peningkatan hasil belajar siswa. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan kelayakan AR *Pop-Up Diorama* sebagai media pembelajaran ekosistem yang mendukung literasi biodiversitas siswa.

Instrumen dan Analisis Data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas lembar validasi ahli, angket respons guru dan siswa, serta tes literasi biodiversitas. Lembar validasi digunakan untuk mengukur validitas media dari aspek materi dan media. Angket respons digunakan untuk mengukur kepraktisan berdasarkan persepsi guru dan siswa mengenai kemudahan penggunaan, daya tarik, kejelasan, manfaat, dan kelayakan media dalam pembelajaran. Tes literasi biodiversitas diberikan dalam bentuk *pretest* dan *posttest* untuk mengukur peningkatan pemahaman siswa setelah menggunakan media.

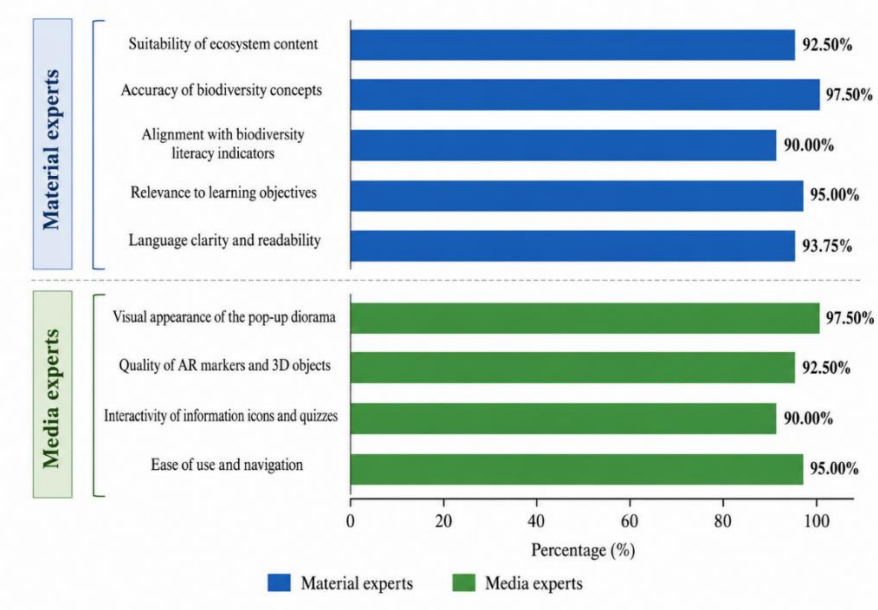
Data validitas dan kepraktisan dianalisis menggunakan persentase deskriptif. Skor yang diperoleh dibagi dengan skor maksimal, kemudian dikalikan 100%. Hasil persentase diinterpretasikan ke dalam lima kategori, yaitu 81%–100% sebagai sangat valid atau sangat praktis, 61%–80% sebagai valid atau praktis, 41%–60% sebagai cukup valid atau cukup praktis, 21%–40% sebagai kurang valid atau kurang praktis, dan 0%–20% sebagai tidak valid atau tidak praktis.

Efektivitas media dianalisis menggunakan nilai N-Gain untuk membandingkan peningkatan hasil belajar siswa dari *pretest* ke *posttest* dengan mempertimbangkan kemampuan awal siswa. Nilai N-Gain lebih besar daripada 0,70 dikategorikan tinggi, nilai 0,30–0,70 dikategorikan sedang, dan nilai kurang daripada 0,30 dikategorikan rendah (Rohmah et al., 2022).

HASIL PENELITIAN

Validitas Augmented Reality Pop-Up Diorama

Validasi *Augmented Reality Pop-Up Diorama* dilakukan oleh dua ahli materi dan dua ahli media. Ahli materi menilai kesesuaian isi ekosistem, ketepatan konsep biodiversitas, keselarasan dengan indikator literasi biodiversitas, kesesuaian dengan tujuan pembelajaran, dan kejelasan bahasa. Ahli media menilai tampilan *pop-up diorama*, kualitas *marker Augmented Reality*, kualitas objek tiga dimensi, interaktivitas, navigasi, dan kemudahan penggunaan. Hasil validasi *Augmented Reality Pop-Up Diorama* disajikan pada Gambar 2 berikut.

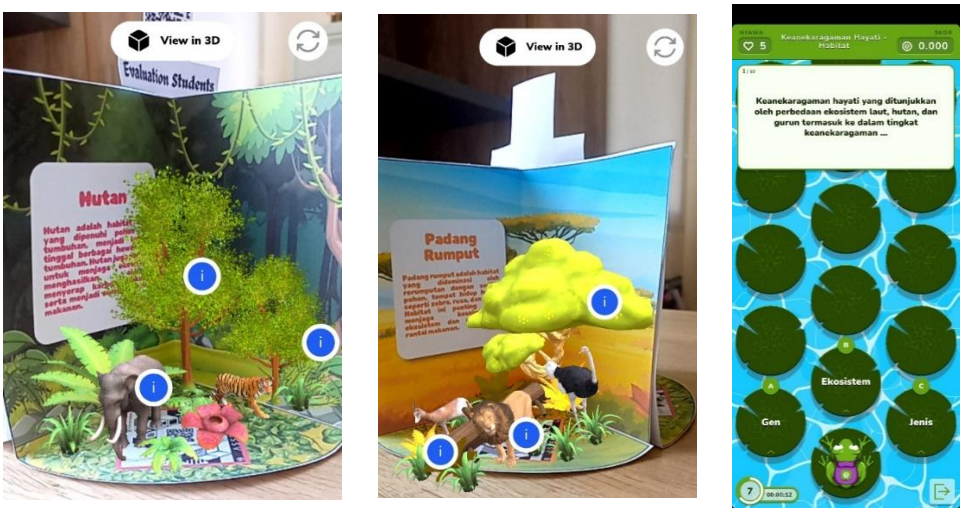


Gambar 2. Validitas *Augmented Reality Pop-Up Diorama* Berdasarkan Aspek Penilaian
Sumber: Data primer (2026).

Berdasarkan Gambar 2, seluruh aspek validitas berada pada kategori sangat valid. Skor tertinggi terdapat pada aspek ketepatan konsep biodiversitas dan

tampilan *pop-up diorama*, masing-masing sebesar 97,50%. Aspek kesesuaian isi ekosistem memperoleh skor sebesar 92,50%, sedangkan aspek keselarasan dengan indikator literasi biodiversitas memperoleh skor sebesar 90,00%.

Sampel tampilan *Augmented Reality* yang dikembangkan disajikan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Sampel Tampilan Augmented Reality
Sumber: Data primer (2026).

Berdasarkan Gambar 3, media yang dikembangkan menampilkan objek tiga dimensi melalui pemindaian *marker Augmented Reality*. Hasil validasi menunjukkan bahwa kualitas *marker Augmented Reality* dan objek tiga dimensi memperoleh skor sebesar 92,50%, sedangkan interaktivitas ikon informasi dan kuis memperoleh skor sebesar 90,00%. Rata-rata keseluruhan validitas media sebesar 93,75% dan termasuk kategori sangat valid. Produk kemudian direvisi berdasarkan saran ahli, terutama pada kejelasan informasi ekologis, penempatan *marker*, keterbacaan petunjuk, dan kesesuaian objek tiga dimensi pada setiap habitat.

Kepraktisan *Augmented Reality Pop-Up* Diorama

Uji kepraktisan dilakukan untuk mengetahui tingkat kepraktisan *Augmented Reality Pop-Up Diorama* berdasarkan respons guru dan siswa. Penilaian mencakup kemudahan penggunaan, daya tarik, aksesibilitas, manfaat pembelajaran, dan kelayakan media dalam pembelajaran. Hasil kepraktisan berdasarkan respons guru dan siswa disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Kepraktisan Berdasarkan Respons Guru dan Siswa

Responden	Persentase Skor	Kategori
Guru	95,00%	Sangat praktis
Siswa	90,70%	Sangat praktis
Rata-rata kepraktisan	92,85%	Sangat praktis

Berdasarkan Tabel 1, respons guru memperoleh persentase sebesar 95,00% dan termasuk kategori sangat praktis. Respons siswa memperoleh persentase sebesar 90,70% dan termasuk kategori sangat praktis. Rata-rata kepraktisan media berdasarkan respons guru dan siswa mencapai 92,85% sehingga termasuk kategori sangat praktis.

Efektivitas *Augmented Reality Pop-Up Diorama* dalam Meningkatkan Literasi Biodiversitas

Efektivitas media diukur menggunakan nilai *pretest*, *posttest*, dan N-Gain literasi biodiversitas siswa. Indikator yang diukur meliputi kemampuan mengenali komponen biotik dan abiotik, membedakan habitat, menjelaskan hubungan organisme dengan habitat, memahami biodiversitas tingkat ekosistem, dan menjelaskan pentingnya konservasi biodiversitas. Hasil *pretest*, *posttest*, dan N-Gain literasi biodiversitas siswa berdasarkan setiap indikator disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pretest, Posttest, dan N-Gain Literasi Biodiversitas Siswa Berdasarkan Indikator

Indikator Literasi Biodiversitas	Pretest	Posttest	N-Gain	Kategori
Mengenali komponen biotik dan abiotik	52,00	86,00	0,71	Tinggi
Membedakan habitat laut, hutan, gurun, dan padang rumput	50,00	87,00	0,74	Tinggi
Menjelaskan hubungan organisme dengan habitat	51,00	85,00	0,69	Sedang
Memahami biodiversitas tingkat ekosistem	49,00	84,00	0,69	Sedang
Menjelaskan pentingnya konservasi biodiversitas	54,00	87,00	0,72	Tinggi
Rata-rata	51,23	85,77	0,71	Tinggi

Berdasarkan Tabel 2, nilai rata-rata siswa meningkat dari 51,23 pada *pretest* menjadi 85,77 pada *posttest*. Nilai N-Gain keseluruhan sebesar 0,71 dan termasuk kategori tinggi. Nilai N-Gain tertinggi terdapat pada indikator membedakan habitat laut, hutan, gurun, dan padang rumput, yaitu sebesar 0,74 dengan kategori tinggi.

Indikator menjelaskan pentingnya konservasi biodiversitas memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,72 dengan kategori tinggi, sedangkan indikator mengenali komponen biotik dan abiotik memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,71 dengan kategori tinggi. Indikator menjelaskan hubungan organisme dengan habitat dan memahami biodiversitas tingkat ekosistem masing-masing memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,69 dengan kategori sedang.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Augmented Reality Pop-Up Diorama* memenuhi kriteria validitas, kepraktisan, dan efektivitas sebagai media pembelajaran ekosistem. Hasil validasi pada Gambar 2 menunjukkan bahwa seluruh aspek penilaian berada pada kategori sangat valid dengan rata-rata sebesar 93,75%. Skor tertinggi terdapat pada aspek ketepatan konsep biodiversitas dan

tampilan *pop-up diorama*, masing-masing sebesar 97,50%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa produk memiliki keseimbangan antara ketepatan konsep ilmiah dan kualitas desain visual.

Keseimbangan antara ketepatan konsep dan tampilan visual diperlukan dalam pembelajaran biologi karena konsep ekosistem menuntut siswa untuk menghubungkan organisme, habitat, komponen biotik dan abiotik, serta proses ekologis dalam berbagai tingkat pemahaman. Hasil validasi yang tinggi juga menunjukkan bahwa AR pada media tidak hanya digunakan sebagai unsur visual, tetapi juga sebagai representasi pembelajaran yang mendukung pemahaman konsep. AR dapat melengkapi penjelasan tekstual melalui struktur tiga dimensi, representasi habitat, dan tampilan interaktif yang membantu mengurangi hambatan kognitif pada topik biologi yang abstrak apabila elemen visual digunakan untuk memperjelas hubungan dan mekanisme (Efe & Efe, 2022b; Panisson, 2023; Privitera et al., 2024).

Hasil kepraktisan pada Tabel 1 memperkuat kelayakan media untuk digunakan dalam pembelajaran. Respons guru mencapai 95,00%, sedangkan respons siswa mencapai 90,70%. Kedua hasil tersebut termasuk kategori sangat praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa media dinilai mudah digunakan, menarik, dan relevan dengan pembelajaran ekosistem.

Format hibrida yang digunakan pada media turut mendukung kepraktisan penggunaannya. *Pop-up diorama* fisik memberikan representasi habitat yang dapat diamati secara langsung, sedangkan lapisan AR menambahkan organisme tiga dimensi, informasi interaktif, dan aktivitas kuis. Kombinasi tersebut sejalan dengan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan keterlibatan, perhatian, dan persepsi manfaat apabila fitur yang digunakan sesuai dengan tujuan pembelajaran dan dilengkapi dengan petunjuk yang jelas (Apriliya et al., 2023; Daineko et al., 2020; Mejias et al., 2021; Morán et al., 2021; Schmidthaler et al., 2023). Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa media berbasis AR dapat digunakan dalam pembelajaran apabila alur interaksinya sederhana dan sesuai dengan aktivitas belajar siswa.

Hasil efektivitas pada Tabel 2 menunjukkan bahwa literasi biodiversitas siswa meningkat setelah menggunakan media. Nilai rata-rata meningkat dari 51,23 pada *pretest* menjadi 85,77 pada *posttest*, dengan nilai N-Gain keseluruhan sebesar 0,71 yang termasuk kategori tinggi. Peningkatan tertinggi terdapat pada indikator membedakan habitat laut, hutan, gurun, dan padang rumput dengan nilai N-Gain sebesar 0,74.

Tingginya peningkatan pada indikator tersebut menunjukkan bahwa visualisasi multihabitat membantu siswa membandingkan karakteristik ekosistem secara lebih jelas. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa visualisasi habitat secara berdampingan dapat menumbuhkan cara berpikir sistemik karena struktur habitat, kumpulan spesies, dan konteks abiotik menjadi lebih mudah diamati (Chandler et al., 2021; Kamarainen et al., 2018; Kuťák et al., 2023). Peningkatan

dalam kategori tinggi pada indikator mengenali komponen biotik dan abiotik serta menjelaskan pentingnya konservasi biodiversitas juga menunjukkan bahwa media membantu siswa menghubungkan pengamatan visual dengan makna ekologis.

Indikator menjelaskan hubungan organisme dengan habitat dan memahami biodiversitas tingkat ekosistem memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,69 dan termasuk kategori sedang. Temuan tersebut menunjukkan bahwa meskipun media membantu proses identifikasi dan perbandingan habitat, pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan ekologis dan sistem ekosistem masih memerlukan bimbingan tambahan.

Siswa memerlukan kegiatan inkuiri, pertanyaan pengarah dari guru, dan diskusi lanjutan untuk memahami interaksi timbal balik antara organisme dan faktor abiotik, keterhubungan habitat, serta proses yang terjadi dalam ekosistem. AR dapat membantu membuat hubungan ekologis yang sulit diamati menjadi lebih terlihat, tetapi pengalaman visual perlu disertai dengan dukungan pembelajaran yang terstruktur (Azrai et al., 2024; Handayani et al., 2023).

Penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan pembelajaran biologi berbasis AR dengan mengintegrasikan *pop-up diorama*, visualisasi multihabitat, informasi interaktif, dan indikator literasi biodiversitas dalam satu media. Pengembangan tersebut menjawab celah penelitian AR pada materi ekosistem yang masih banyak terbatas pada satu topik atau menggunakan representasi habitat secara terpisah (Kuťák et al., 2023; Mejias et al., 2021). Media ini juga relevan dengan pembelajaran biologi yang berorientasi pada keberlanjutan karena literasi biodiversitas dapat membantu membangun kesadaran siswa terhadap konservasi, tanggung jawab lingkungan, dan keterkaitan antarkomponen ekosistem (Bawan, 2022; Kalla et al., 2022; Sanders, 2022).

SIMPULAN

Augmented Reality Pop-Up Diorama yang dikembangkan untuk pembelajaran ekosistem memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan literasi biodiversitas siswa. Hasil validasi menunjukkan bahwa media memperoleh rata-rata sebesar 93,75% dan termasuk kategori sangat valid. Hasil kepraktisan menunjukkan bahwa respons guru mencapai 95,00% dan respons siswa mencapai 90,70%, yang keduanya termasuk kategori sangat praktis.

Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa nilai rata-rata literasi biodiversitas siswa meningkat dari 51,23 pada *pretest* menjadi 85,77 pada *posttest*, dengan nilai N-Gain sebesar 0,71 yang termasuk kategori tinggi. Peningkatan tertinggi terdapat pada indikator membedakan habitat laut, hutan, gurun, dan padang rumput dengan nilai N-Gain sebesar 0,74. Indikator menjelaskan hubungan organisme dengan habitat dan memahami biodiversitas tingkat ekosistem masing-masing memperoleh nilai N-Gain sebesar 0,69 dan termasuk kategori sedang. Dengan demikian, *Augmented Reality Pop-Up Diorama* valid, praktis, dan efektif untuk mendukung pembelajaran ekosistem serta meningkatkan literasi biodiversitas siswa.

DAFTAR PUSTAKA

Akçay, H., Kapıcı, H. Ö., & Akçay, B. (2020). Analysis of the representations in Turkish middle school science textbooks from 2002 to 2017. *Participatory Educational Research, 7*(3), 192–216. https://doi.org/10.17275/per.20.42.7.3

Apriliya, S., Nuraeni, W., Nurjanah, Y., & Feri, M. (2023). Augmented reality (AR) media-aided literature learning tool for elementary school students. *Bahasa dan Seni: Jurnal Bahasa, Sastra, Seni, dan Pengajarannya, 51*(1), 148–162. https://doi.org/10.17977/um015v51i12023p148

Azrai, E. P., Dewahrani, Y. R., Suryanda, A., Rini, D. S., & Hamam, Z. (2024). The urgency of developing augmented reality-based biology learning media on genetic substance material. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi), 9*(1), 1–10. https://doi.org/10.31932/jpbio.v9i1.2950

Barroso, P. (2022). From reality to the hyperreality of the simulation. *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia, 15*, Article e37426. https://doi.org/10.35699/1983-3652.2022.37426

Bawan, O. M. (2022). Redevelopment of Nueva Ecija University of Science and Technology (NEUST) University Museum: An educational tourism destination. *The Quest Journal of Multidisciplinary Research and Development, 1*(1). https://doi.org/10.60008/thequest.v1i1.10

Beckett, R., Archer, L., Barrable, A., Bogdan-Margineanu, M., Bradley, S., Hawes, S., Herr, C. M., Housen, M., Lacatusu, A., Laitinen, O. H., Roslund, M. I., Rumble, H., Scott, W. H., Sinkkonen, A., Sun, X., & Robinson, J. M. (2025). Priority research questions in microbiome-integrated urban design. *mSphere*. https://doi.org/10.1128/msphere.00619-25

Chandler, T., Richards, A. E., Jenny, B., Dickson, F., Huang, J., Klippel, A., Neylan, M., Wang, F., & Prober, S. M. (2022). Immersive landscapes: Modelling ecosystem reference conditions in virtual reality. *Landscape Ecology, 37*(5), 1293–1309. https://doi.org/10.1007/s10980-021-01313-8

Chithra, S., Jiji, R. S., Senthilkumar, R., George, A. A., & Radhika, G. (2022). Study on personal profile of members in biodiversity management committees of Kerala. *Journal of Veterinary and Animal Sciences, 53*(2), 170–177. https://doi.org/10.51966/jvas.2022.53.2.170-177

Czok, V., Krug, M., Müller, S. R., Huwer, J., Kruse, S., Müller, W., & Weitzel, H. (2023). A framework for analysis and development of augmented reality applications in science and engineering teaching. *Education Sciences, 13*(9), Article 926. https://doi.org/10.3390/educsci13090926

Daineko, Y., Ipalakova, M., Tsoy, D., Bolatov, Z., Baurzhan, Z., & Yelgondy, Y. (2020). Augmented and virtual reality for physics: Experience of Kazakhstan secondary educational institutions. *Computer Applications in Engineering Education, 28*(5), 1220–1231. https://doi.org/10.1002/cae.22297

Efe, H. A., & Efe, R. (2022). An investigation of secondary school students' biodiversity literacy level. *Dinamika Ilmu, 22*(2), 393–410. https://doi.org/10.21093/di.v22i2.5046

Ellwood, E. R., Monfils, A., White, L. D., Linton, D., Douglas, N., & Phillips, M. (2019). Developing a data-literate workforce through BLUE: Biodiversity literacy in undergraduate education. *Biodiversity Information Science and Standards, 3*, Article e37339. https://doi.org/10.3897/biss.3.37339

Fattahillah, N., Sriyati, S., & Amprasto, A. (2023). Banyuwangi custom ritual ethnobotany-based module development on biodiversity materials to train plant literacy and problem-solving ability. *Bioedukasi, 21*(1), 45. https://doi.org/10.19184/bioedu.v21i1.36980

Ferreira, J. C., Vasconcelos, L., Monteiro, R. P., Silva, F. Z., Duarte, C. M., & Ferreira, F. (2021). Ocean literacy to promote sustainable development goals and Agenda 2030 in coastal communities. *Education Sciences, 11*(2), Article 62. https://doi.org/10.3390/educsci11020062

Hadiprayitno, G., Muhlis, M., Artayasa, I. P., Suyantri, E., Sukri, A., Lestari, A., & Hariadi, I. (2023). Instructional tool development for biodiversity and its influence on scientific literacy and higher order thinking skills for high school students. *SHS Web of Conferences, 173*, Article 02004. https://doi.org/10.1051/shsconf/202317302004

Handayani, A. D., Pebriyana, C. D., Gymanstiar, D. A., Amanah, I. N., & Utami, R. M. (2023). Design of augmented reality-based food chain learning media for grade V elementary school students. *Journal of Software Engineering, Information and Communication Technology, 4*(1), 43–60. https://doi.org/10.17509/seict.v4i1.59635

Ivaningtias, Y., Indana, S., & Indah, N. K. (2024). Validity of problem-based learning biodiversity e-book integrating Ruwat Petirtaan Jolotundo's local wisdom for science literacy. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia), 10*(3), 874–886. https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i3.36690

Jochem, C., von Sommoggy, J., Hornidge, A., Schwienhorst-Stich, E., & Apfelbacher, C. (2023). Planetary health literacy: A conceptual model. *Frontiers in Public Health, 10*, Article 980779. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.980779

Kalla, M., Jerowsky, M., Howes, B., & Borda, A. (2022). Expanding formal school curricula to foster action competence in sustainable development: A proposed free-choice project-based learning curriculum. *Sustainability, 14*(23), Article 16315. https://doi.org/10.3390/su142316315

Kamarainen, A. M., Reilly, J., Metcalf, S., Grotzer, T. A., & Dede, C. (2018). Using mobile location-based augmented reality to support outdoor learning in undergraduate ecology and environmental science courses. *Bulletin of the Ecological Society of America, 99*(2), 259–276. https://doi.org/10.1002/bes2.1396

Klippel, A., Sajjadi, P., Zhao, J., Wallgrün, J. O., Huang, J., & Bagher, M. M. (2021). Embodied digital twins for environmental applications. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, V-4-2021*, 193–200. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-v-4-2021-193-2021

Kő, A., Szabó, I., Csapó, Á., Kovács, T., Lőrincz, L., & Bárányi, P. (2023). Digital and cognitive corporate reality. *Infocommunications Journal, 15*(Special Issue), 2–10. https://doi.org/10.36244/icj.2023.6.1

Kuťák, D., Vázquez, P., Isenberg, T., Krone, M., Baaden, M., Byška, J., Kozlíková, B., & Miao, H. (2023). State of the art of molecular visualization in immersive virtual environments. *Computer Graphics Forum, 42*(6). https://doi.org/10.1111/cgf.14738

Lopes, R. M., Comarú, M. W., Pierini, M. F., Souza, R. A. de, & Hauser-Davis, R. A. (2024). Scientific communication and scientific literacy for the public perception of the importance of environmental quality for public health. *Frontiers in Communication, 9*, Article 1297246. https://doi.org/10.3389/fcomm.2024.1297246

Lubos, L. C. (2023). Biodiversity literacy level of public administration students in a higher education institution. *Asian Journal of Biodiversity, 14*(1). https://doi.org/10.7828/ajob.v14i1.1544

Macassa, G. (2021). Can sustainable health behaviour contribute to ensure healthy lives and wellbeing for all at all ages (SDG 3)? A viewpoint. *Journal of Public Health Research, 10*(3), Article 2051. https://doi.org/10.4081/jphr.2021.2051

Mejias, S., Thompson, N., Sedas, R. M., Rosin, M., Soep, E., Peppler, K., Roche, J., Wong, J., Hurley, M., Bell, P., & Bevan, B. (2021). The trouble with STEAM and why we use it anyway. *Science Education, 105*(2), 209–231. https://doi.org/10.1002/sce.21605

Morán, B. A., Navarro-Neri, I., Ceballos, S. G., & Gracia, M. P. R. (2021). Quality requirements for implementing augmented reality in heritage spaces: Teachers' perspective. *Education Sciences, 11*(8), Article 405. https://doi.org/10.3390/educsci11080405

Moss, A., Jensen, E., & Gusset, M. (2017). Impact of a global biodiversity education campaign on zoo and aquarium visitors. *Frontiers in Ecology and the Environment, 15*(5), 243–247. https://doi.org/10.1002/fee.1493

Nuraeni, H., Rustaman, N., Saefudin, S., & Hidayat, T. (2024). Improvement of the competence and affective disposition of junior high school teachers after the implementation of biodiversity literacy textbooks containing material on the local potency of West Java. *KnE Social Sciences*. https://doi.org/10.18502/kss.v9i8.15486

Panisson, B. (2023). Sexual display from the abyss: Octopuses between heteronormativity and exorbitance. *Matter: Journal of New Materialist Research, 7*. https://doi.org/10.1344/jnmr.v7i1.42245

Paradise, C. J., & Bartkovich, L. (2021). Integrating citizen science with online biological collections to promote species and biodiversity literacy in an entomology course. *Citizen Science: Theory and Practice, 6*(1), Article 28. https://doi.org/10.5334/cstp.405

Privitera, A. G., Fontana, F., & Geronazzo, M. (2025). The role of audio in immersive storytelling: A systematic review in cultural heritage. *Multimedia Tools and Applications, 84*(16), 16105–16143. https://doi.org/10.1007/s11042-024-19288-4

Rahmawati, I., Pratama, A. O. S., & Hidayanti, V. (2024). Analysis of scientific literacy in disaster mitigation at SMAN 1 Kotaagung: Sustainability measure. *E3S Web of Conferences, 482*, Article 04013. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448204013

Riani, A. (2023). The influence of the green learning method (GeLem) on students' environmental literacy related biodiversity. *Islamic Journal of Integrated Science Education, 2*(2), 70–80. https://doi.org/10.30762/ijise.v2i2.1289

Rohmah, S. N., Iswari, R. S., & Saptono, S. (2022). The developing of biodiversity teaching materials based on socio-scientific issues to improve students' science literacy. *Journal of Innovative Science Education, 11*(2), 177–186. https://doi.org/10.15294/jise.v10i1.51531

Salinas, I., Guerrero, G., Satlov, M., & Hidalgo, P. (2022). Climate change in Chile's school science curriculum. *Sustainability, 14*(22), Article 15212. https://doi.org/10.3390/su142215212

Sanders, D. (2022). Reflecting on boundary crossings between knowledge and values. *Nordic Studies in Science Education, 18*(2), 214–224. https://doi.org/10.5617/nordina.8749

Schmidthaler, E., Anđić, B., Schmollmüller, M., Sabitzer, B., & Lavicza, Z. (2023). Mobile augmented reality in biological education: Perceptions of Austrian secondary school teachers. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science, 16*(2), 113–127. https://doi.org/10.7160/eriesj.2023.160203

Schumacher, P. (2022). The metaverse as opportunity for architecture and society: Design drivers, core competencies. *Architectural Intelligence, 1*(1), Article 11. https://doi.org/10.1007/s44223-022-00010-z

Strand, M., Aronsson, M., Skarp, L., Liljeblad, J., Ilander, H., Dettki, H., & Tranvik, L. (2022). Practical examples of cooperation and of visualizing species information: Species identification and invasive alien species (IAS). *Biodiversity Information Science and Standards, 6*, Article e93881. https://doi.org/10.3897/biss.6.93881

Yamtinah, S., Ariani, S. R. D., Andriyanti, M., Saputro, S., Susilowati, E., Shidiq, A. S., Ramadhani, D. G., & Fakhrudin, I. A. (2021). Examining the content validity of Android-based augmented reality media for chemical bonding

using Rasch model. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 7*(Special Issue), 320–325. https://doi.org/10.29303/jppipa.v7ispecialissue.1094

Yılmaz, M., & Coşkun, M. (2023). The use of virtual reality, augmented reality, and the metaverse in education: The views of preservice biology and mathematics teachers. *MIER Journal of Educational Studies Trends & Practices, 13*(1), 64–80. https://doi.org/10.52634/mier/2023/v13/i1/2422