



Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis *Augmented Reality* untuk Klasifikasi Hewan *Vertebrata* dan *Invertebrata* Menggunakan Metode GDLC

Muhammad Iqbal Hidayatullah¹, Sigit Sugianto^{*}, Titto Pinandita¹, Dimara Kusuma Hakim¹

¹ Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

^{*} Korespondensi: sigitsugianto@ump.ac.id

Sitasi: Hidayatullah, M. I.; Sugiyanto, S.; Pinandita, T.; and Hakim, D. K. (2025). Media Pembelajaran Klasifikasi Hewan *Vertebrata* dan *Invertebrata* Berbasis *Augmented Reality*. JTIM: Jurnal Teknologi Informasi Dan Multimedia, 7(4), 898-912. <https://doi.org/10.35746/jtim.v7i4.849>

Diterima: 05-08-2025

Direvisi: 04-10-2025

Disetujui: 06-11-2025



Copyright: © 2025 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Abstract: This study introduces an innovative *Augmented Reality* (AR)-based learning media for teaching animal classification, specifically visualizing vertebrates and invertebrates in interactive three-dimensional form. Developed using Unity 3D and Vuforia with the Game Development Life Cycle (GDLC) waterfall model, the application offers an engaging learning experience through marker-based scanning that displays 3D animal objects, instructional materials, and evaluative quizzes. The novelty of this research lies in the integration of 3D visualization and interactive learning that enables students to explore and test their understanding in real time. Functional testing using the Black Box method confirmed that all features operated correctly, while field trials involving 20 students from SD Negeri Karanggintung 04 showed a high satisfaction rate of 88.75% (strongly agree category). Furthermore, post-test results demonstrated a significant improvement compared to pre-test scores, with students' performance increasing from the 2–3 range to 4–5. With its visual and interactive approach, this AR-based learning media effectively enhances student comprehension and engagement, offering a promising and innovative solution for biology education at the elementary level.

Keywords: Animal Classification, Vertebrates, Invertebrates, Interactive Media, Biology Learning.

Abstrak: Penelitian ini menghadirkan inovasi berupa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) untuk materi klasifikasi hewan *vertebrata* dan *invertebrata* yang divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi interaktif. Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity 3D dan Vuforia dengan model *Game Development Life Cycle* (GDLC) pendekatan *waterfall*, menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik melalui pemindaian *marker* untuk menampilkan objek hewan, materi, serta kuis evaluatif. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi visualisasi 3D dan interaktivitas pembelajaran yang memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan objek hewan sambil menguji pemahamannya secara *real-time*. Hasil uji fungsional menggunakan metode Black Box menunjukkan seluruh fitur berjalan dengan baik, sedangkan uji coba lapangan terhadap 20 siswa SD Negeri Karanggintung 04 menghasilkan tingkat kepuasan rata-rata 88,75% (kategori sangat setuju). Selain itu, hasil *posttest* menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan *pretest*, dengan skor siswa naik dari kategori 2–3 menjadi 4–5. Dengan pendekatan visual dan interaktif, media ini terbukti efektif meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa, serta berpotensi menjadi solusi inovatif dalam pembelajaran biologi di sekolah dasar.

Kata kunci: Klasifikasi Hewan, *Vertebrata*, *Invertebrata*, Media Interaktif, Pembelajaran Biologi.

1. Pendahuluan

Teknologi *Augmented Reality* (AR) mengalami perkembangan pesat dan mulai banyak diterapkan dalam dunia pendidikan. Inovasi ini memungkinkan pengguna berinteraksi secara langsung dengan objek virtual tiga dimensi yang diproyeksikan ke lingkungan nyata menggunakan perangkat seperti smartphone atau tablet. Kemampuan AR dalam menghadirkan pengalaman belajar berbasis visual yang realistis menjadikannya salah satu media paling efektif untuk menjelaskan konsep yang bersifat abstrak maupun kompleks. Penelitian oleh Maqbool et al. (2025) menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi AR meningkatkan hasil belajar siswa dari rata-rata 76,1 % menjadi 81,0 %, sekaligus memperkuat keterlibatan belajar secara signifikan[1].

Klasifikasi hewan merupakan salah satu topik mendasar dalam mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang berfungsi memperkenalkan keanekaragaman spesies serta menjelaskan ciri-ciri dan fungsi biologis setiap makhluk hidup. Konsep ini membedakan hewan menjadi dua kelompok utama, yaitu *vertebrata* (bertulang belakang) dan *invertebrata* (tanpa tulang belakang). Pemahaman terhadap materi tersebut penting untuk membantu siswa mengenali keterkaitan antara bentuk morfologi dan peran ekologis hewan. Kajian oleh Tomić et al. (2024) menegaskan bahwa penggunaan pendekatan visual interaktif mampu meningkatkan pemahaman konseptual biologi dan retensi siswa pada topik taksonomi secara signifikan[2].

Hasil observasi awal di SD Negeri Karanggintung 04 Kecamatan Gandrungmangu Kabupaten Cilacap menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap materi klasifikasi hewan masih tergolong rendah. Berdasarkan data nilai ulangan harian mata pelajaran IPA pada topik tersebut, dari 20 siswa kelas V, sebanyak 65% memperoleh nilai di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yaitu 70. Nilai rata-rata kelas tercatat hanya sebesar 63,2. Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam membedakan ciri-ciri antara hewan vertebrata dan invertebrata. Guru juga menyampaikan bahwa rendahnya capaian ini disebabkan oleh terbatasnya media pembelajaran yang bersifat interaktif dan menarik secara visual, sehingga siswa cenderung pasif dan cepat kehilangan fokus selama proses belajar berlangsung.

Metode pembelajaran di sekolah dasar saat ini masih didominasi oleh pendekatan konvensional seperti penggunaan buku teks, gambar dua dimensi, dan ceramah satu arah. Model pengajaran tersebut kurang memberikan kesempatan bagi siswa untuk berpartisipasi aktif dan mengeksplorasi konsep secara visual. Kondisi serupa juga terjadi di SD Negeri Karanggintung 04 Kecamatan Gandrungmangu Kabupaten Cilacap, di mana pembelajaran klasifikasi hewan masih mengandalkan media cetak dan penjelasan verbal tanpa dukungan digital interaktif.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan *Augmented Reality* dalam pendidikan, tetapi sebagian besar hanya berfokus pada penyajian objek tiga dimensi tanpa mengintegrasikan proses pengembangan sistematis berbasis model. Pendekatan *Game Development Life Cycle* (GDLC) menawarkan kerangka kerja terstruktur untuk merancang media pembelajaran yang interaktif, namun penerapannya dalam konteks pembelajaran biologi di tingkat sekolah dasar masih jarang dilakukan. Penelitian oleh Su et al. (2024) menggarisbawahi pentingnya integrasi metodologi pengembangan perangkat lunak dalam pembuatan aplikasi edukatif agar produk yang dihasilkan lebih efektif, adaptif, dan berpusat pada pengalaman pengguna[3].

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* yang menggabungkan visualisasi 3D hewan vertebrata dan invertebrata dengan fitur kuis interaktif serta pendekatan pengembangan terstruktur menggunakan model *Game Development Life Cycle* (GDLC). Integrasi tersebut menjadikan media ini bukan hanya alat bantu visual, tetapi juga sarana pembelajaran aktif yang

menumbuhkan partisipasi, motivasi, dan pemahaman siswa terhadap konsep biologi dasar. Kajian oleh Alalwan et al. (2024) memperkuat relevansi pendekatan ini, di mana implementasi AR dengan fitur evaluatif terbukti meningkatkan hasil belajar dan pengalaman siswa secara keseluruhan[4].

Tujuan penelitian ini adalah merancang, mengembangkan, dan menguji efektivitas media pembelajaran berbasis AR untuk topik klasifikasi hewan vertebrata dan invertebrata di sekolah dasar menggunakan model *Game Development Life Cycle (GDLC)*, serta menilai pengaruhnya terhadap peningkatan pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa. Hasil yang diharapkan dari pengembangan ini adalah terciptanya media edukatif interaktif yang dapat menjadi solusi inovatif dalam pembelajaran biologi di tingkat dasar.

2. Bahan dan Metode

2.1. Metode Pengumpulan Data

1. Observasi

Metode observasi dilakukan secara langsung dengan mengumpulkan data melalui pengamatan dan pencatatan perilaku subjek dalam situasi pembelajaran yang sebenarnya. Penelitian ini dilaksanakan di SD Negeri Karanggintung 04 Kecamatan Gandrungmangu Kabupaten Cilacap sebagai lokasi uji coba penerapan media pembelajaran berbasis Augmented Reality. Populasi penelitian mencakup seluruh siswa kelas V, sedangkan sampel yang digunakan sebanyak 20 siswa kelas V yang berpartisipasi aktif dalam kegiatan pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada materi klasifikasi hewan. Fokus observasi diarahkan pada interaksi siswa dengan aplikasi AR, mencakup tingkat keterlibatan mereka selama proses belajar serta sejauh mana penggunaan teknologi ini mampu membantu meningkatkan pemahaman terhadap konsep klasifikasi hewan vertebrata dan invertebrata.

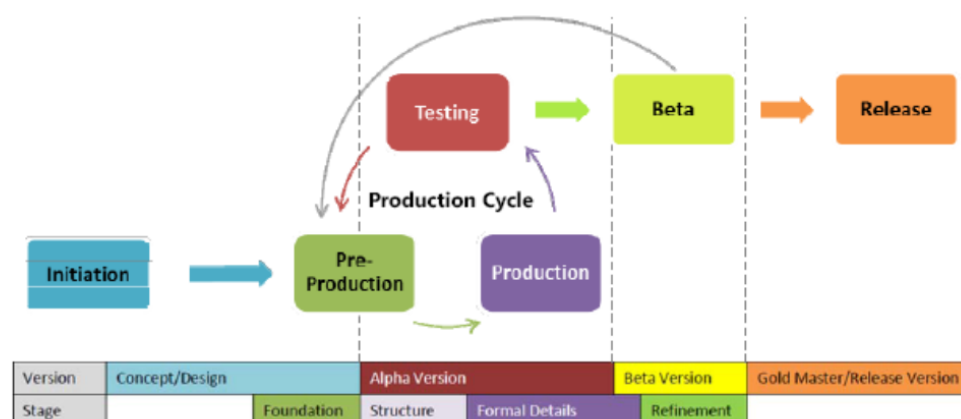
2. Wawancara

Wawancara dijalankan dengan cara tatap muka kepada pengajar di SD N Karanggintung 04 agar bisa mendapatkan data yang lebih komprehensif mengenai penelitian yang dilakukan untuk mendukung pengembangan aplikasi sebagai media pembelajaran.

2.2. Metode Pengembangan Aplikasi

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Game Development Life Cycle (GDLC)* karena sesuai dengan karakteristik media pembelajaran AR yang interaktif. GDLC mencakup tahapan terstruktur dari konseptualisasi hingga pemeliharaan, guna memastikan aplikasi yang dikembangkan efektif, menarik, dan mendukung tujuan pembelajaran [5].

Tahapan dalam siklus kehidupan pengembangan *Game Development Life Cycle (GDLC)* dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan GDLC

Berikut adalah penjelasan mengenai langkah-langkah dalam pengembangan Game Development Life Cycle (GDLC) sebagai berikut.

a. *Initiation*

Initiation adalah tahapan mengidentifikasi kebutuhan dan permasalahan yang ada dalam proses pembelajaran. Tujuan utamanya adalah merumuskan ide awal dan menentukan ruang lingkup proyek yang akan dikembangkan. Hasil penelitian Widjaja (2023), tahap ini melibatkan pembuatan konsep kasar dan penentuan alur permainan yang akan dikembangkan [6].

b. *Tahap Pra Produksi*

Tim pengembang merancang media pembelajaran dengan menyusun storyboard, mendesain antarmuka pengguna, dan memilih perangkat lunak pendukung seperti *Unity* dan *Vuforia*. Perancangan ini bertujuan untuk memastikan proses pengembangan aplikasi berjalan terarah dan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. *Unity* dan *Vuforia* dipilih karena mudah diintegrasikan serta efektif digunakan dalam pembuatan prototipe aplikasi augmented reality berbasis pendidikan. Untuk memperjelas alur kerja sistem, *Flowchart* dirancang menggunakan *draw.io*, sedangkan desain antarmuka pengguna dikembangkan dengan *Balsamiq*. Pembuatan marker *Augmented Reality* dilakukan menggunakan *CorelDraw* agar mendapatkan hasil visual yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi [7].

c. *Production*

Tahap produksi menjadi proses lanjutan dari perancangan, di mana seluruh elemen yang telah disiapkan mulai diimplementasikan ke dalam bentuk aplikasi pembelajaran. Kegiatan ini mencakup pembuatan objek tiga dimensi, pengkodean fitur interaktif, serta integrasi marker *Augmented Reality* untuk mendukung fungsi aplikasi secara menyeluruh. Seluruh komponen tersebut kemudian digabungkan menjadi satu kesatuan yang siap diuji secara teknis. Proses produksi juga melibatkan pembuatan aset permainan dan pengolahan semua elemen agar menghasilkan pengalaman belajar yang menyenangkan, interaktif, dan kohesif [6].

d. *Testing*

Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh fitur pada aplikasi berfungsi sesuai dengan kebutuhan pengguna. Proses ini menggunakan metode *Black Box* yang berfokus pada pengujian fungsionalitas tanpa melihat struktur internal kode. Pengujian dilakukan pada perangkat Android dengan skenario penggunaan nyata, seperti pemindaian

marker, interaksi dengan objek 3D, hingga navigasi pada menu kuis dan materi pembelajaran. Pentingnya pengujian manual dalam pengembangan permainan juga ditegaskan oleh Politowski et al. (2021), yang menyebutkan bahwa pendekatan ini dapat menjamin kualitas aplikasi serta memberikan pengalaman pengguna yang optimal [8].

Selain uji fungsionalitas, penelitian ini juga melibatkan analisis data hasil evaluasi pengguna menggunakan skala Likert 4 poin untuk mengetahui tingkat kepuasan dan persepsi siswa terhadap aplikasi. Skala tersebut terdiri dari empat kategori penilaian, yaitu Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS). Masing-masing pilihan memiliki bobot nilai yang mencerminkan tingkat persetujuan responden terhadap pernyataan yang diajukan dalam kuesioner. Data hasil penilaian dari siswa kemudian diolah secara deskriptif kuantitatif untuk menginterpretasikan sejauh mana aplikasi dinilai mudah digunakan, menarik, serta efektif dalam membantu proses pembelajaran. Interpretasi hasil skala Likert digunakan untuk melihat kecenderungan persepsi responden, di mana nilai yang mendekati "Sangat Setuju" menunjukkan penerimaan dan kepuasan yang tinggi terhadap media pembelajaran yang dikembangkan

e. Beta

Tahap beta merupakan proses pengujian aplikasi yang dilakukan langsung oleh pengguna akhir, yaitu guru dan siswa di SD Negeri Karanggintung 04, untuk mengevaluasi kenyamanan, kemudahan penggunaan, dan efektivitas fitur dalam konteks pembelajaran nyata. Hasilnya menunjukkan respons sangat positif; siswa merasa lebih antusias dan mudah memahami materi melalui visualisasi 3D interaktif, sementara guru menilai aplikasi ini membantu menjelaskan konsep klasifikasi hewan dengan cara yang menarik. Masukan dari pengguna, seperti penyederhanaan tampilan dan navigasi, digunakan untuk menyempurnakan aplikasi sebelum dirilis secara luas, sehingga tahap ini juga berfungsi sebagai validasi akhir terhadap kelayakan aplikasi sebagai media pembelajaran.

f. Release

Tahap rilis menandai dimulainya pemanfaatan aplikasi setelah dinyatakan layak digunakan berdasarkan hasil pengujian. Aplikasi disosialisasikan kepada guru dan siswa untuk mendukung proses pembelajaran di kelas. Pengguna diberikan panduan penggunaan yang dirancang agar memudahkan dalam mengoperasikan aplikasi serta memaksimalkan manfaat dari fitur-fitur yang telah disediakan. Untuk memudahkan distribusi, aplikasi diunggah ke *Google Drive* dan dibagikan melalui tautan unduhan, sehingga pengguna dapat mengakses dan memasang aplikasi secara mandiri pada perangkat mereka.

3. Hasil

3.1. Initiation

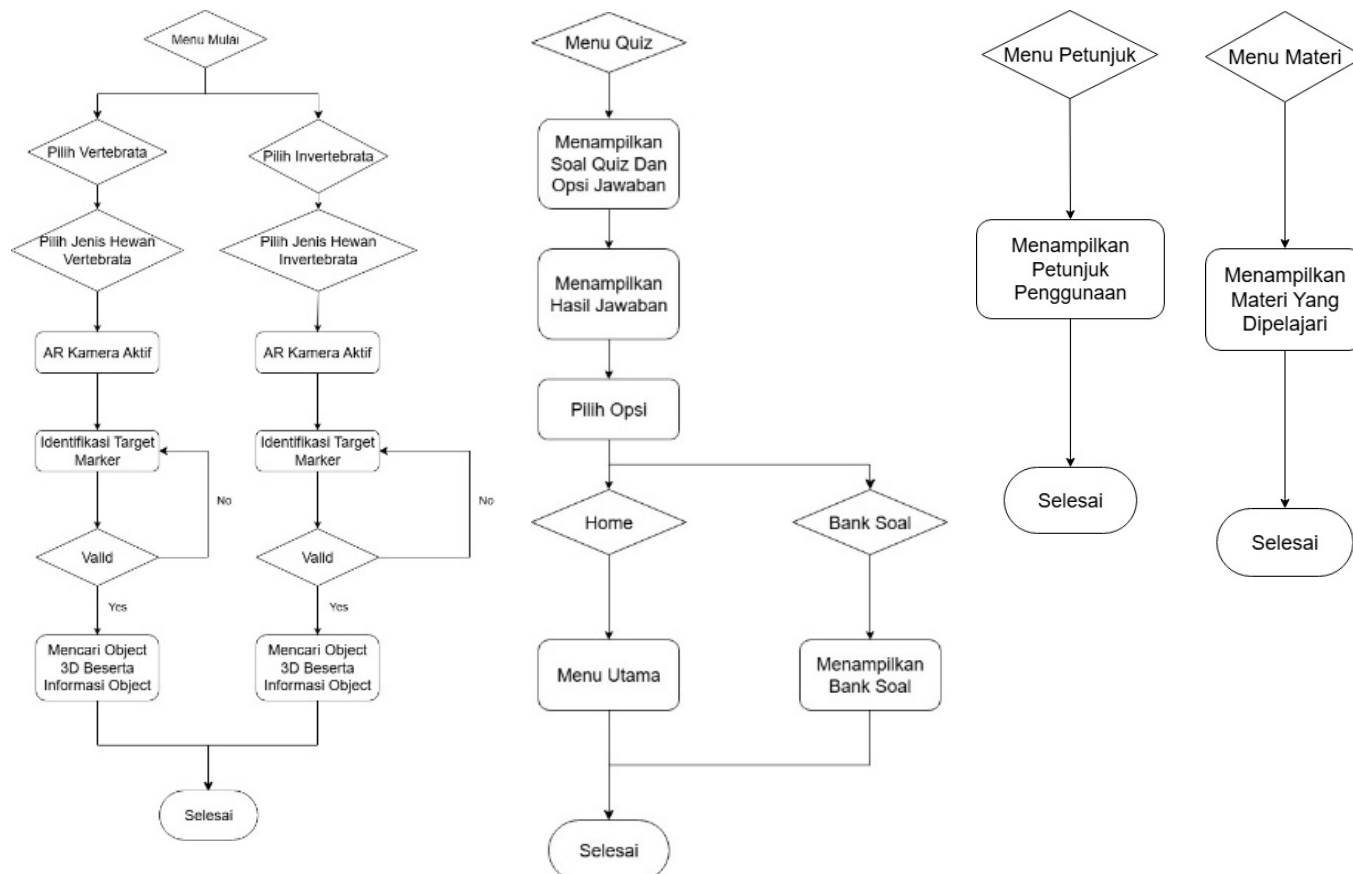
Tahap awal pengembangan aplikasi dimulai dengan mengidentifikasi masalah dalam pembelajaran klasifikasi hewan di SD Negeri Karanggintung 04, di mana metode konvensional seperti buku cetak dan ceramah kurang menarik bagi siswa. Untuk mengatasi hal ini, tim merancang media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang menampilkan visual 3D interaktif agar siswa lebih mudah memahami materi. Pada tahap ini, juga ditentukan ruang lingkup proyek, sasaran pengguna, serta gambaran fitur utama yang akan dikembangkan guna memastikan aplikasi sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

3.2. Tahap Pra Production

Tahap desain memberi proses pengembangan perangkat lunak memastikan seluruh dilema perencanaan selesai sebelum melanjutkan ke termin berikutnya.

Desain Flowchart

Desain Flowchart yang telah dirancang bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Navigasi aplikasi

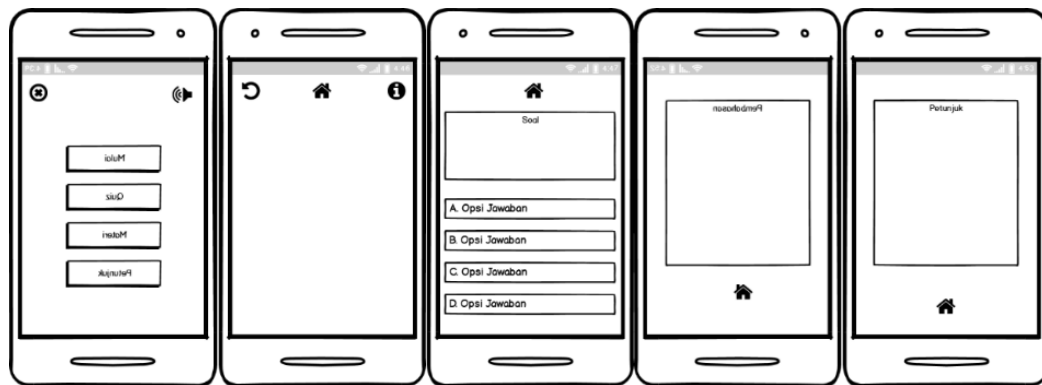
Gambar 2. Flowchart yang dirancang menggambarkan alur sistem pembelajaran interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dikembangkan untuk membantu siswa memahami klasifikasi hewan vertebrata dan invertebrata. Alur sistem dimulai dari menu utama, yang menjadi pusat navigasi seluruh fitur aplikasi. Pada tampilan ini, pengguna dapat memilih beberapa opsi seperti Materi Pembelajaran, Kuis, Petunjuk Penggunaan, dan Keluar Aplikasi. Ketika pengguna memilih menu Materi, sistem akan menampilkan konten pembelajaran yang dapat diakses dengan cara memindai marker menggunakan kamera perangkat. Setelah marker terdeteksi, aplikasi menampilkan objek hewan dalam bentuk 3D lengkap dengan deskripsi ciri-ciri, habitat, dan klasifikasinya. Selain itu, tersedia juga video dan animasi edukatif untuk memperkuat pemahaman konsep dengan tampilan visual yang menarik dan mudah dicerna oleh siswa sekolah dasar.

Sementara itu, menu Kuis dirancang untuk mengevaluasi sejauh mana siswa memahami materi yang telah dipelajari. Setiap pertanyaan disajikan secara interaktif dengan umpan balik langsung berupa pop-up “benar” atau “salah”, dan di akhir sesi kuis sistem menampilkan nilai akhir sebagai hasil evaluasi. Menu Petunjuk Penggunaan memberikan panduan praktis tentang cara menjalankan aplikasi, seperti langkah memindai marker, mengakses materi, dan menjawab kuis. Adapun menu Keluar Aplikasi dilengkapi dengan jendela konfirmasi untuk mencegah pengguna keluar secara tidak sengaja. Semua jalur dalam Flowchart dirancang agar kembali ke menu utama, memungkinkan pengguna untuk mengulangi pembelajaran atau mencoba fitur lain. Struktur alur ini mencerminkan proses belajar yang teratur, fleksibel, dan siklikal, di

mana siswa dapat belajar, berlatih, serta mengevaluasi diri secara berulang hingga memahami materi dengan lebih mendalam melalui interaksi langsung dengan objek digital tiga dimensi.

Storyboard

Storyboard yang telah dirancang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Storyboard

Gambar 3. Storyboard merupakan gambaran elemen-elemen yang akan difungsikan pada setiap scene yang akan dirancang [9]. Storyboard berperan penting sebagai panduan visual dalam proses pengembangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR). Pada tahap ini, setiap tampilan atau adegan (*scene*) dirancang secara sistematis mulai dari menu utama, halaman materi, tampilan objek 3D hewan, hingga halaman kuis dan hasil penilaian. Melalui storyboard, pengembang dapat menentukan posisi tombol, tata letak teks, warna latar belakang, serta ikon-ikon interaktif yang akan digunakan dalam aplikasi. Desain storyboard juga membantu memastikan bahwa setiap elemen antarmuka pengguna (*user interface*) memiliki fungsi yang jelas dan mudah dioperasikan oleh siswa sekolah dasar, sehingga pengalaman belajar yang dihadirkan menjadi lebih intuitif dan menyenangkan.


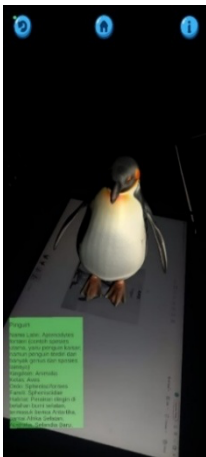

Storyboard berfungsi sebagai alat komunikasi antara desainer, pengembang, dan pengajar agar seluruh tim memiliki persepsi yang sama terhadap tampilan dan alur interaksi yang diinginkan. Setiap *frame* dalam storyboard menggambarkan urutan navigasi dari satu halaman ke halaman lain, termasuk interaksi pengguna saat memindai *marker*, menampilkan model 3D hewan, membuka materi pembelajaran, hingga mengerjakan kuis evaluatif. Detail ini memungkinkan proses pengembangan berjalan lebih efisien karena setiap perubahan desain dapat dilakukan pada tahap perencanaan sebelum masuk ke tahap produksi. Dengan demikian, storyboard tidak hanya berperan sebagai rancangan visual, tetapi juga sebagai peta konsep interaktif yang menghubungkan antara aspek teknis, estetika, dan pedagogis dalam menciptakan media pembelajaran berbasis AR yang efektif, menarik, dan sesuai dengan kebutuhan siswa sekolah dasar.

3.3. Production

Penerapan aplikasi merupakan tampilan visual dari lapisan perangkat lunak yang berperan sebagai perantara antara pengguna dan aplikasi, serta dirancang agar mudah dipahami. Sistem yang telah berhasil diterapkan ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Pembuatan

No	Menu Aplikasi	Keterangan
1	Menu Utama	Aplikasi "Mengenal Klasifikasi Hewan" memiliki tampilan utama yang menarik dan

No	Menu Aplikasi	Keterangan
		<p>ramah anak, dilengkapi ilustrasi hewan lucu. Menu utama terdiri dari empat pilihan: Mulai, Quiz, Materi, dan Petunjuk, yang memudahkan pengguna untuk belajar, berlatih, dan memahami cara penggunaan aplikasi.</p>
2	<p>Augmented Reality <i>Vertebrata</i></p> 	<p>Saat pengguna memilih menu <i>Vertebrata</i>, sistem otomatis mengaktifkan kamera Augmented Reality (AR) untuk memindai marker. Setelah marker terdeteksi, aplikasi menampilkan objek hewan dalam bentuk 3D, sehingga pengguna dapat melihat representasi visualnya secara nyata dan interaktif.</p>
3	<p>Quiz</p> 	<p>Pengguna dapat menguji pemahaman tentang klasifikasi hewan vertebrata dan invertebrata melalui fitur kuis pada menu utama. Fitur ini berisi pertanyaan interaktif yang disusun berdasarkan materi pembelajaran untuk membantu memperkuat pemahaman dengan cara yang menarik dan menyenangkan.</p>
4	<p>Materi</p>	<p>Pengguna dapat mempelajari lebih dalam tentang hewan vertebrata dan invertebrata melalui fitur Materi pada menu utama. Materi disajikan secara ringkas dan jelas, disertai ilustrasi menarik yang memudahkan</p>

No	Menu Aplikasi	Keterangan
		pengguna memahami isi pembelajaran dengan cara lebih mudah dan menyenangkan.
5	Petunjuk 	Pengguna dapat membuka fitur Petunjuk untuk melihat panduan penggunaan aplikasi. Fitur ini membantu pengguna memahami setiap langkah penggunaan, sehingga proses belajar menjadi lebih mudah, lancar, dan menyenangkan.

3.4. Testing

Tahap alpha testing dilakukan dengan menerapkan metode pengujian Black Box guna mengevaluasi efektivitas aplikasi yang sedang dikembangkan. Metode ini berperan penting dalam memastikan bahwa program berjalan dengan baik dan bebas dari kesalahan [10]. Dalam pengujian ini, dilakukan sebanyak 12 skenario uji, meliputi pengujian menu utama, pemindaian marker, interaksi objek 3D, hingga navigasi pada kuis dan materi pembelajaran. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh skenario dinyatakan berhasil 100%, yang menunjukkan bahwa setiap fungsi dalam aplikasi telah berjalan sesuai dengan rancangan dan dapat digunakan tanpa kendala. Hasil ini juga menegaskan bahwa aplikasi layak untuk dilanjutkan ke tahap pengujian berikutnya dengan melibatkan pengguna akhir. Pengujian *Black Box* disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Pengujian Black Box

Tindakan	Kondisi	Respon	Hasil
Menjalankan aplikasi	Menjalankan kamera	Menampilkan Gambar yang terlihat di kamera	Berhasil
	Membuka menu quiz	Berpindah ke halaman quiz	Berhasil
	Membuka menu materi	Berpindah ke halaman materi	Berhasil
	Membuka menu bantuan	Berpindah ke halaman bantuan	Berhasil

Tindakan	Kondisi	Respon	Hasil
	Mengetuk tombol suara	Menghidupkan atau mematikan suara aplikasi	Berhasil
	Memilih menu keluar	Menampilkan jendela <i>pop-up</i> keluar	Berhasil
	Mengetuk tombol “tidak” pada <i>pop-up</i> menu keluar	Tetap di aplikasi	Berhasil
	Mengetuk tombol “ya” pada <i>pop-up</i> menu keluar	Keluar dari aplikasi	Berhasil
Memanggil objek 3D	Kamera menghadap ke gambar marker	Menampilkan objek 3D di kamera	Berhasil
	Kamera tidak menghadap ke gambar marker	Tidak menampilkan objek 3D	Berhasil
Membuka menu quiz	Jawaban benar	Menampilkan <i>pop-up</i> benar	Berhasil
	Jawaban salah	Menampilkan <i>pop-up</i> salah	Berhasil
	Hasil quiz	Memunculkan <i>pop-up</i> hasil dari pengerjaan	Berhasil

3.5. Beta

Tahap pengujian beta melibatkan pengguna akhir, yaitu siswa di SD Negeri Karanggintung 04, untuk mengetahui sejauh mana aplikasi pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dapat digunakan secara efektif dalam proses belajar mengajar. Kegiatan ini dilakukan setelah tahap pengujian internal selesai, dengan melibatkan 20 siswa kelas V sebagai responden utama. Tujuan pelaksanaan pengujian beta adalah memperoleh umpan balik dari pengguna sebenarnya mengenai tingkat kenyamanan, kemudahan akses, tampilan visual, dan interaktivitas fitur yang tersedia pada aplikasi. Pelaksanaan uji coba dilakukan secara langsung di lingkungan pembelajaran agar dapat menggambarkan kondisi penggunaan aplikasi secara nyata. Guru turut berperan sebagai pengamat yang mencatat tanggapan siswa selama proses pembelajaran berlangsung, baik dari sisi pemahaman materi maupun keterlibatan belajar.

Proses evaluasi dalam tahap ini menggunakan instrumen kuesioner berbasis skala Likert empat poin untuk mengukur persepsi pengguna terhadap beberapa aspek utama, seperti kemudahan penggunaan, kejelasan navigasi, tampilan visual, dan manfaat aplikasi terhadap pemahaman konsep. Setiap pernyataan dalam kuesioner memiliki empat opsi jawaban, yaitu **Sangat Setuju** (SS) dengan nilai 4, **Setuju** (S) dengan nilai 3, **Tidak Setuju** (TS) dengan nilai 2, dan **Sangat Tidak Setuju** (STS) dengan nilai 1. Data yang diperoleh dari pengisian kuesioner diolah secara deskriptif untuk melihat kecenderungan persepsi pengguna terhadap aplikasi. Interpretasi dilakukan dengan mengelompokkan nilai ke dalam kategori tertentu, di mana rentang 76%–100% dikategorikan sebagai “sangat setuju”, 51%–75% sebagai “setuju”, 26%–50% sebagai “tidak setuju”, dan 0%–25% sebagai “sangat tidak setuju”. Tahapan ini berfungsi sebagai proses validasi yang menilai kesiapan aplikasi sebelum dirilis, sekaligus memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik pengguna di tingkat sekolah dasar.

Tabel 3. Total Skala Jawaban

No	Pertanyaan	Penilaian			
		SS	S	TS	STS
1	Sejauh mana aplikasi media pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> untuk pengenalan hewan vertebrata dan invertebrata dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna?	13	7		
2	Sejauh mana pengguna dapat memahami menu yang tersedia dalam aplikasi media pembelajaran berbasis <i>Augmented Reality</i> untuk pengenalan hewan vertebrata dan invertebrata?	10	10		

No	Pertanyaan	Penilaian			
		SS	S	TS	STS
3	Sejauh mana tampilan visual aplikasi pembelajaran berbasis Augmented Reality dalam mengenalkan hewan vertebrata dan invertebrata dianggap menarik oleh pengguna?	11	9		
4	Sejauh mana tombol dan marker pada aplikasi media pembelajaran Augmented Reality mampu beroperasi dengan baik sesuai fungsinya dalam mendukung pengenalan hewan vertebrata dan invertebrata?	10	10		
5	Sejauh mana aplikasi ini mampu memfasilitasi pengguna dalam memahami serta membedakan jenis-jenis hewan vertebrata dan invertebrata?	11	9		

Tabel 4. Skor Penilaian

Skor	Persentase	Keterangan
1	0% - 25%	
2	26% - 50%	
3	51% - 75%	
4	76% - 100%	

Tabel 5. Hasil Perhitungan

Pertanyaan	Hasil	Kategori
1	91,25%	Sangat Setuju
2	87,50%	Sangat Setuju
3	88,75%	Sangat Setuju
4	87,50%	Sangat Setuju
5	88,75%	Sangat Setuju

Sebagai hasil dari proses pengujian aplikasi, diperoleh nilai rata-rata berdasarkan rumus indeks:

$$(91,25\% + 87,50\% + 88,75\% + 87,50\% + 88,75\%) / 5 = 88,75\%.$$

Secara keseluruhan, evaluasi terhadap kuesioner yang diisi oleh 20 siswa menghasilkan skor akhir sebesar 88,75%, yang termasuk dalam kategori “sangat setuju.” Nilai ini diperoleh melalui perhitungan menggunakan skala Likert 4 poin, di mana setiap respons memiliki bobot nilai berbeda, yaitu Sangat Setuju (SS) = 4, Setuju (S) = 3, Tidak Setuju (TS) = 2, dan Sangat Tidak Setuju (STS) = 1. Data dari seluruh pernyataan kemudian dijumlahkan berdasarkan skor yang diperoleh setiap kategori, lalu dibandingkan dengan skor ideal menggunakan rumus:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor Aktual}}{\text{Skor Ideal}} \times 100\%$$

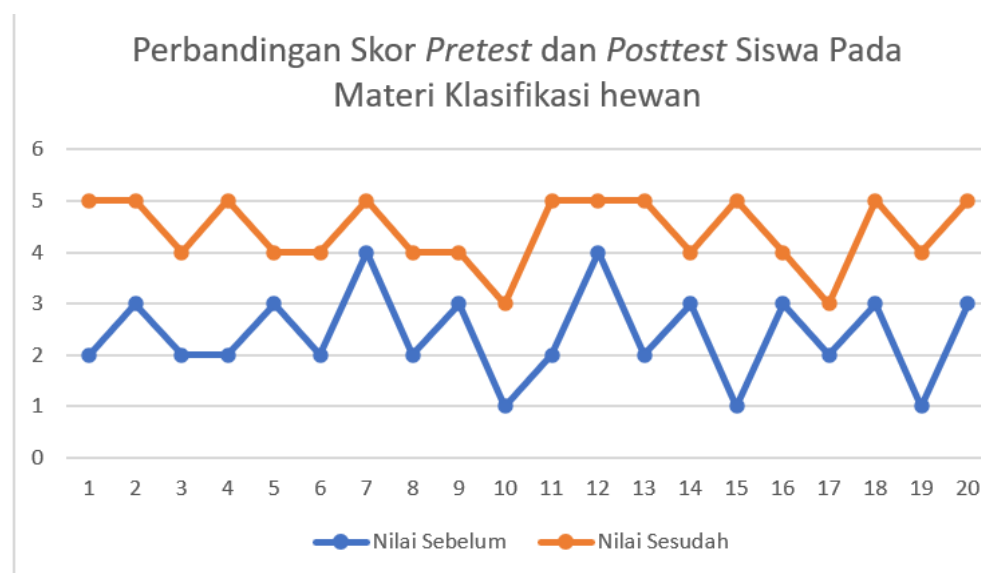
Hasil dari setiap butir pertanyaan dihitung menggunakan rumus tersebut, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh skor keseluruhan. Nilai 88,75% menunjukkan bahwa sebagian besar responden memberikan penilaian positif terhadap aplikasi media pembelajaran berbasis Augmented Reality yang dikembangkan. Interpretasi hasil skala Likert menempatkan skor tersebut dalam rentang 76%–100%, yang termasuk kategori “sangat setuju.” Temuan ini menggambarkan bahwa aplikasi tidak hanya diterima dengan baik oleh siswa, tetapi juga dinilai menarik, mudah digunakan, dan efektif mendukung proses pembelajaran.

Untuk mengetahui efektivitas media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* yang dikembangkan, dilakukan pengukuran terhadap hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan aplikasi. Nilai *pretest* mencerminkan pemahaman awal siswa terhadap materi klasifikasi hewan dengan metode konvensional, sedangkan nilai *posttest*

menunjukkan peningkatan pemahaman setelah siswa belajar menggunakan aplikasi interaktif tersebut. Hasil perbandingan nilai ini dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 6 Nilai Pre Test dan Post Test

No	Nilai Sebelum (Pre - Test)	Nilai Sesudah (Post - Test)
1	2	5
2	3	5
3	2	4
4	2	5
5	3	4
6	2	4
7	4	5
8	2	4
9	3	3
10	1	5
11	2	5
12	4	5
13	2	5
14	3	5
15	1	4
16	3	3
17	2	5
18	3	4
19	1	4
20	3	5



Gambar 4. Grafik Perbandingan Skor *Pretest* dan *Posttest*

Gambar tersebut menunjukkan perbandingan skor *pretest* dan *posttest* siswa pada materi klasifikasi hewan. Terlihat bahwa sebagian besar siswa mengalami peningkatan nilai setelah menggunakan aplikasi pembelajaran berbasis *Augmented Reality*. Skor *pretest* didominasi pada angka 2 hingga 3, sedangkan skor *posttest* lebih merata pada angka 4 hingga 5. Hal ini menandakan bahwa media pembelajaran yang digunakan mampu membantu siswa memahami materi dengan lebih baik dibandingkan metode konvensional.

3.6. Release

Tahap rilis merupakan fase akhir dari pengembangan aplikasi, di mana produk dinyatakan siap digunakan setelah melewati berbagai tahap pengujian. Pada fase ini, aplikasi diperkenalkan kepada guru dan siswa sebagai media pembelajaran yang dapat langsung dimanfaatkan di kelas. Untuk mempermudah proses adopsi, disediakan panduan penggunaan yang jelas agar pengguna tidak mengalami kesulitan saat mengakses atau menjalankan fitur-fitur dalam aplikasi. Distribusi dilakukan secara praktis melalui tautan Google Drive, memungkinkan aplikasi diunduh dan dipasang secara mandiri oleh pengguna di perangkat masing-masing.

4. Pembahasan

Media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan cara baru dalam memahami konsep klasifikasi hewan yang selama ini sulit dijelaskan secara konkret menggunakan metode konvensional. Integrasi model *Game Development Life Cycle* (GDLC) pada proses pengembangan menjadikan rancangan aplikasi lebih terarah, mulai dari perencanaan hingga tahap evaluasi pengguna. Penerapan AR terbukti mampu menciptakan pengalaman belajar yang interaktif karena siswa tidak hanya melihat, tetapi juga dapat berinteraksi langsung dengan objek hewan tiga dimensi yang muncul di dunia nyata melalui kamera perangkat. Pengalaman visual semacam ini membantu siswa memahami struktur tubuh dan perbedaan antara *vertebrata* dan *invertebrata* secara nyata, mendukung prinsip konstruktivistik bahwa pengetahuan diperoleh melalui pengalaman langsung. Pendekatan ini berhasil mengubah pembelajaran yang semula pasif menjadi lebih partisipatif dan menarik.

Penerapan media AR dalam pembelajaran IPA menunjukkan adanya perkembangan yang sejalan dengan hasil penelitian Wahyuni et al. (2023) yang menggunakan media video interaktif untuk topik sistem pencernaan manusia. Kesamaan antara penelitian tersebut dengan penelitian ini terletak pada fokus peningkatan pemahaman konsep melalui visualisasi yang menarik. Namun, perbedaannya tampak pada tingkat interaktivitas dan pengalaman imersif yang ditawarkan. Media berbasis video bersifat pasif, sedangkan AR memungkinkan siswa terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran melalui manipulasi objek digital di lingkungan nyata. Hasil ini juga berbeda dari penelitian Rohmah (2022) yang mengembangkan multimedia berbasis *PowerPoint* interaktif, di mana interaksi siswa masih terbatas pada navigasi materi. Penelitian ini menghadirkan inovasi baru melalui integrasi AR dengan model GDLC yang memadukan visualisasi 3D, interaktivitas, dan fitur kuis evaluatif secara sistematis. Penerapan model pengembangan yang terstruktur memastikan bahwa aplikasi yang dihasilkan tidak hanya menarik secara tampilan, tetapi juga efektif dan berorientasi pada kebutuhan pengguna.

Perbandingan dengan studi Alalwan et al. (2024) dan Maqbool et al. (2025) menunjukkan kesamaan hasil bahwa penggunaan teknologi AR dalam pendidikan mampu meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep siswa secara signifikan. Perbedaannya terletak pada konteks penerapan, di mana penelitian terdahulu lebih banyak dilakukan pada jenjang pendidikan menengah atau universitas dengan topik biologi yang kompleks. Penelitian ini memberikan kontribusi baru karena fokus pada pembelajaran dasar IPA yang menekankan pada pengenalan konsep taksonomi sederhana menggunakan pendekatan visual tiga dimensi. Penggunaan AR dalam konteks sekolah dasar belum banyak dilakukan, sehingga hasil penelitian ini memperluas cakupan pemanfaatan teknologi pendidikan ke jenjang yang lebih awal.

Implikasi praktis dari penelitian ini dapat dirasakan oleh berbagai pihak di lingkungan pendidikan. Bagi siswa, aplikasi AR menjadi media belajar yang mendorong rasa ingin tahu, meningkatkan konsentrasi, serta membantu memahami materi abstrak dengan cara yang lebih konkret. Bagi guru, media ini berfungsi sebagai alat bantu

interaktif yang dapat memperkaya variasi metode mengajar dan mempermudah penyampaian materi yang biasanya sulit dijelaskan hanya dengan gambar dua dimensi. Sementara bagi kepala sekolah, penelitian ini dapat dijadikan dasar kebijakan dalam mendorong inovasi pembelajaran digital di lingkungan sekolah dasar, terutama dalam menghadapi tantangan era teknologi pendidikan.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan untuk pengembangan selanjutnya. Lokasi penelitian hanya mencakup satu sekolah, yaitu SD Negeri Karanggintung 04, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasi untuk konteks yang lebih luas. Aplikasi juga hanya dikembangkan untuk platform Android, yang berarti pengguna sistem operasi lain belum dapat memanfaatkannya. Jumlah responden terbatas pada 20 siswa sehingga data yang diperoleh lebih bersifat eksploratif. Uji efektivitas masih berfokus pada peningkatan pemahaman konsep dan motivasi belajar, belum pada dampak jangka panjang seperti retensi pengetahuan. Meskipun demikian, penelitian ini memberikan dasar penting untuk pengembangan lebih lanjut melalui perluasan cakupan sekolah, peningkatan fitur, serta penerapan markerless AR dan unsur gamifikasi lanjutan agar pembelajaran menjadi lebih dinamis dan berkelanjutan.

5. Kesimpulan

Media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang dikembangkan mampu menyajikan materi klasifikasi hewan *vertebrata* dan *invertebrata* secara interaktif dan menarik bagi siswa sekolah dasar. Melalui pemindaian *marker*, pengguna dapat menampilkan objek hewan dalam bentuk 3D, mempelajari materi secara mandiri, serta mengerjakan kuis evaluatif secara langsung. Seluruh fitur aplikasi telah diuji menggunakan 12 skenario *Black Box* dengan tingkat keberhasilan 100%, dan memperoleh tingkat kepuasan sebesar 88,75% dari 20 siswa yang menjadi responden uji coba lapangan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi teknologi *Augmented Reality* dengan model pengembangan *Game Development Life Cycle* (GDLC) untuk menghasilkan media pembelajaran yang tidak hanya menampilkan visualisasi tiga dimensi, tetapi juga memadukan materi interaktif dan fitur evaluasi kuis yang mendorong keterlibatan aktif siswa. Pendekatan berbasis GDLC pada konteks pembelajaran biologi tingkat sekolah dasar masih jarang digunakan, sehingga memberikan kontribusi baru dalam pengembangan media edukatif berbasis teknologi.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pemahaman siswa setelah menggunakan aplikasi, terlihat dari perbandingan nilai *pre-test* (rata-rata 2–3) dan *post-test* (rata-rata 4–5). Capaian tersebut menunjukkan bahwa media ini efektif mendukung proses pembelajaran dan membantu siswa memahami konsep klasifikasi hewan dengan lebih baik.

Pengembangan di masa mendatang dapat diarahkan pada penambahan jenis hewan dan level pembelajaran, integrasi dengan teknologi markerless AR atau gamifikasi, serta uji coba pada skala yang lebih luas agar efektivitas dan keberlanjutan penggunaan media ini dapat dianalisis secara lebih komprehensif di berbagai jenjang Pendidikan.

Referensi

- [1] A. Ridlwaniyyah, "Enhancing Student Engagement through Augmented Reality in Mathematics Education," *Int. J. Educ. Technol.*, vol. 15, no. 1, pp. 45–60, 2024, <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1628004>.
- [2] R. Kovid and B. Bhati, "Evolution of online learning platforms during and post pandemic," 2024, pp. 15–32. <https://doi.org/10.4324/9781003491712-2>.
- [3] C. Amorim and E. Ribeiro-Silva, "Cooperating Teachers' Perceptions and Contributions to Preservice Teachers' Professional Identities," *Educ. Sci.*, vol. 14, no. 2, 2024, <https://doi.org/10.3390/educsci14020167>.

- [4] S. Subran and S. N. D. Mahmud, "Augmented Reality (AR) Technology in Biology and Life Science Education: A Systematic Literature Review (SLR)," *Int. J. Acad. Res. Progress. Educ. Dev.*, vol. 13, no. 1, pp. 768–792, 2024, <https://doi.org/10.6007/ijarped/v13-i1/20455>.
- [5] F. Amin, M. Fhadli, A. Arief, and Y. Muin, "Dungeon Code: Educational Game For Algorithm and Data Structure Courses by Applying The Game Development Life Cycle Method," *Rom. J. Ofapplied Sci. Technol.*, vol. XIII, no. 3, pp. 254–260, 2010. <https://doi.org/10.47577/technium.v17i.10060>
- [6] J. A. Widjaja, L. Jefferson, M. Ferdinand, B. Siahaan, A. Chow, and J. A. Widjaja, "Utilizing Game Development Life Cycle Method to Develop an Educational Game for Basic Mathematics Using Unity 2D Game Engine," vol. 1, no. 1, pp. 20–30, 2024, <https://doi.org/https://doi.org/10.55123/ijisit>.
- [7] A. N. Khoirunnisa, A. N. Munir, and L. Dewi, "Design and Prototype Development of Augmented Reality in Reading Learning for Autism," *Computers*, vol. 12, no. 3, 2023, <https://doi.org/10.3390/computers12030055>.
- [8] C. Politowski, F. Petrillo, and Y. G. Gueheneuc, "A Survey of Video Game Testing," *Proc. - 2021 IEEE/ACM Int. Conf. Autom. Softw. Test, AST 2021*, no. 1, pp. 90–99, 2021, <https://doi.org/10.1109/AST52587.2021.00018>.
- [9] S. Z. Harahap, M. S. Sitompul, and D. Irmayani, "Perancangan Animasi Game Interaktif Puzzle Hewan Untuk Anak Anak Menggunakan Adobe Flash CS6," *Braz Dent J.*, vol. 33, no. 1, pp. 1–12, 2022, <https://doi.org/10.36987/jcoins.v3i1.2971>.
- [10] Y. F. Achmad and A. Yulfitri, "Pengujian Sistem Pendukung Keputusan Menggunakan Black Box Testisng Studi Kasus E-Wisudawan Di Institus Sains Dan Teknologi Al-Kamal," *J. Ilmu Komput.*, vol. 5, p. 42, 2020. https://digilib.esaunggul.ac.id/public/UEU-Journal-22614-11_2077.pdf