

VISUALISASI INTERAKSI HABITAT HEWAN DALAM LINGKUNGAN WEBAR SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN BIOLOGI

Atventitus Etwin Loho[✉], Heny Pratiwi, Jundro Daud Hasiholan

Teknik Informatika, STMIK Widya Cipta Dharma, Samarinda, Indonesia

Email: 1943066@wicida.ac.id

ABSTRACT

The study aimed to develop an interactive learning medium based on Web-based Augmented Reality (WebAR) markerless to visualize various animal habitats as part of Science education in elementary schools. The research employed the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) method, which consists of six stages: concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution. The developed WebAR application allows students to explore 3D dioramas of animal habitats directly through a browser without additional installation. A beta test was conducted with 10 fifth-grade students from SDN 024 Samarinda using a Likert scale questionnaire that covered accessibility, visual display, interactivity, and user satisfaction. The test results showed an average score of 82.8%, indicating that the developed medium is well-received and effective in increasing students' motivation and concept understanding. This markerless WebAR medium provides a more immersive and contextual learning experience compared to conventional two-dimensional media. Future research could expand the number of respondents, test in different learning contexts, and add interactive features such as quizzes or narration to enhance learning engagement.

Keywords: MDLC, Habitat, Education, Web-based Augmented Reality (WebAR).

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis Web-based Augmented Reality (WebAR) markerless guna memvisualisasikan berbagai habitat hewan sebagai bagian dari pembelajaran IPA di sekolah dasar. Penelitian ini menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang terdiri dari enam tahap: concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Aplikasi WebAR yang dikembangkan memungkinkan siswa mengeksplorasi diorama 3D habitat hewan secara langsung melalui peramban tanpa instalasi tambahan. Uji coba beta dilakukan terhadap 10 siswa kelas V SDN 024 Samarinda menggunakan kuesioner skala Likert yang mencakup aspek aksesibilitas, tampilan visual, interaktivitas, dan kepuasan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata skor sebesar 82,8%, yang menandakan bahwa media yang dikembangkan dapat diterima dengan baik dan efektif meningkatkan motivasi serta pemahaman konsep siswa. Media WebAR markerless ini memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif dan kontekstual dibandingkan dengan media dua dimensi konvensional. Penelitian selanjutnya dapat memperluas jumlah responden, menguji pada konteks pembelajaran yang berbeda, serta menambahkan fitur interaktif seperti kuis atau narasi untuk meningkatkan keterlibatan belajar.

Kata Kunci: MDLC, Habitat, Edukasi, Web-based Augmented Reality (WebAR).

PENDAHULUAN

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di sekolah dasar berperan penting dalam mengenalkan konsep dasar lingkungan hidup, termasuk interaksi antara makhluk hidup dengan habitatnya. Melalui pembelajaran ini, siswa diharapkan mampu memahami keterkaitan antara organisme dan ekosistem tempat mereka hidup. Salah satu materi utama pada kelas V adalah pengenalan berbagai jenis habitat hewan, seperti hutan hujan tropis, padang rumput, gurun, perairan, dan kutub. Pemahaman tentang habitat menjadi pondasi dalam menumbuhkan kepedulian terhadap lingkungan serta melatih kemampuan berpikir ilmiah sejak dini (Nurul Athiyah, Maula, Khobir, & Rini, 2024).

Namun, kenyataannya, media pembelajaran yang digunakan di sekolah dasar masih didominasi oleh buku teks dan gambar dua dimensi. Media konvensional semacam ini sering kali tidak mampu menggambarkan kondisi habitat secara nyata, sehingga siswa kesulitan membayangkan interaksi antarorganisme dalam ekosistem. Akibatnya, proses belajar menjadi kurang kontekstual dan cenderung membuat siswa pasif dalam memahami konsep abstrak (Widiasih, Zakirman, & Ekawati, 2023).

Seiring perkembangan teknologi pendidikan, Augmented Reality (AR) muncul sebagai inovasi yang mampu menggabungkan dunia nyata dan objek virtual secara interaktif. Teknologi ini terbukti efektif dalam

meningkatkan keterlibatan siswa, memperkuat pemahaman konsep yang bersifat abstrak, serta mendorong pembelajaran berbasis pengalaman (Hussein et al., 2023; Yusa et al., 2024). Bentuk implementasi yang lebih fleksibel dari teknologi ini adalah *Web-based Augmented Reality* (WebAR), yang memungkinkan pengguna mengakses pengalaman AR langsung melalui peramban tanpa perlu menginstal aplikasi tambahan. WebAR dinilai lebih efisien dan mudah diakses dibandingkan AR berbasis aplikasi karena tidak memerlukan instalasi khusus serta kompatibel dengan berbagai perangkat (Narulita et al., 2023; Pratiwi, 2024).

Penelitian-penelitian terkini juga menunjukkan bahwa penerapan AR pada pembelajaran sains di tingkat dasar berdampak positif terhadap motivasi dan daya ingat siswa. Misalnya, studi oleh Agustin, Hamdu, & Muharram (2025) menunjukkan bahwa media AR berbasis literasi sains dapat meningkatkan pemahaman konsep ekosistem dan menumbuhkan minat belajar siswa terhadap IPA. Selain itu, Hussein et al. (2023) menemukan bahwa penerapan WebAR mampu meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa sekolah dasar. Hasil serupa juga diperoleh dalam penelitian oleh Yusa et al. (2024), di mana penggunaan media AR berbasis pembelajaran interaktif terbukti meningkatkan pemahaman konseptual dan hasil belajar siswa.

Berdasarkan permasalahan dan peluang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis WebAR *markerless* yang memvisualisasikan berbagai habitat hewan secara imersif. Media ini dirancang agar siswa dapat mengeksplorasi lingkungan dan karakteristik fauna khas tiap habitat tanpa menggunakan penanda fisik (*marker*). Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan kualitas pembelajaran IPA di sekolah dasar melalui pengalaman belajar yang lebih kontekstual, menarik, dan berbasis teknologi mutakhir.

TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan teknologi *Augmented Reality* dalam pendidikan, khususnya di sekolah dasar, telah menunjukkan tren yang positif dalam meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep siswa (Lestari & Rohmani, 2023/2024). Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa fokus utama penelitian AR di SD mencakup pengembangan media, uji efektivitas, dan dampaknya terhadap peningkatan berpikir kritis. Secara spesifik, penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi besar AR dalam memvisualisasikan materi biologis yang kompleks.

Misalnya, Maili dan Akbar (2024) mendesain aplikasi AR dengan pendekatan *markerless* untuk materi pertumbuhan manusia, yang menunjukkan bahwa visualisasi *markerless* dapat membuat materi menjadi lebih menarik dan interaktif dibandingkan media statis. Demikian pula, studi oleh Putro, Herman, Biddinika, & Suwanti (2025) berhasil mengimplementasikan model 3D organ jantung manusia menggunakan AR *markerless*, menegaskan kemampuan teknologi ini dalam membantu pemahaman konsep anatomi yang abstrak.

Pengembangan teknologi AR sendiri kini bergerak menuju pendekatan *markerless tracking* (pelacakan tanpa penanda fisik), yang memungkinkan objek virtual muncul langsung di lingkungan nyata siswa tanpa memerlukan media cetak tambahan. Keunggulan ini divalidasi oleh studi perbandingan yang dilakukan oleh Sulistiyono et al. (2024), yang menemukan bahwa *markerless tracking* cenderung lebih stabil, akurat, dan memiliki performa lebih unggul di bawah berbagai kondisi lingkungan (seperti jarak dan cahaya) dibandingkan dengan *marker-based tracking*. Walaupun studi seperti Arifitama, Hanan, & Rofiqi (2021) menunjukkan bahwa *markerless tracking* (menggunakan SLAM) efektif untuk visualisasi struktur kampus, hal ini memperkuat bahwa teknologi ini dapat menggantikan *marker-based* dalam situasi praktis.

Meskipun demikian, terdapat celah penelitian (*research gap*) yang perlu diisi. Sebagian besar penelitian *markerless* berfokus pada materi spesifik seperti anatomi atau pertumbuhan manusia (Putro et al., 2025; Maili & Akbar, 2024), sementara penerapan WebAR *markerless* secara spesifik untuk visualisasi habitat hewan sebagai materi IPA di sekolah dasar masih minim (Lestari & Rohmani, 2023/2024). Selain itu, belum banyak literatur yang menguji stabilitas performa *markerless tracking* yang diakses melalui WebAR di konteks pembelajaran lokal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan dan menguji kelayakan media pembelajaran interaktif berbasis WebAR *markerless* untuk memvisualisasikan habitat hewan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang terdiri dari enam tahap: *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*. Pemilihan MDLC didasarkan pada kesesuaiannya untuk pengembangan media berbasis multimedia, khususnya aplikasi WebAR yang membutuhkan perencanaan terstruktur

dari tahap perancangan hingga distribusi (Roedavan, 2022).

Penelitian oleh Aryani et al. (2024) menggunakan MDLC dalam desain aplikasi AR sistem tata surya, dan menggunakan pengujian usability menggunakan metode SUS (System Usability Scale) pada 33 responden, dengan skor 78 menunjukkan kepuasan pengguna yang memadai

Populasi penelitian adalah siswa sekolah dasar di kelas V. Sampel uji coba dipilih dari sejumlah 10 siswa pada sekolah dasar 024 Samarinda.

Tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah:

1. **Concept** – Menentukan tujuan utama pengembangan, yaitu merancang media WebAR habitat hewan sebagai media pembelajaran interaktif. Analisis kebutuhan dilakukan dengan mengidentifikasi kesulitan siswa dalam memahami habitat menggunakan media konvensional.
2. **Design** – Membuat desain storyboard, alur interaksi, serta perancangan marker (poster/kartu) yang digunakan sebagai pemicu konten AR.
3. **Material Collecting** – Mengumpulkan aset berupa model 3D habitat, hewan, gambar, serta teks singkat edukatif yang relevan dengan materi IPA kelas V.
4. **Assembly** – Mengimplementasikan desain dan aset ke dalam platform WebAR sehingga dapat diakses melalui browser tanpa instalasi aplikasi tambahan.
5. **Testing** – Melakukan uji coba terbatas pada sampel siswa. Instrumen yang digunakan berupa kuesioner kepuasan, observasi keterlibatan siswa, serta tes pemahaman sederhana (pre-test dan post-test).
6. **Distribution** – Media yang telah diuji kemudian dipublikasikan dalam bentuk marker cetak (poster/kartu edukasi) yang dapat dipindai melalui tautan WebAR untuk digunakan dalam kegiatan belajar.

Data diperoleh melalui kuesioner. kuesioner untuk menilai aspek ketertarikan dan kemudahan penggunaan media serta berlaku sebagai pengujian tahap *beta*.

Data kualitatif dari observasi dan kuesioner dianalisis dengan pendekatan deskriptif, sedangkan data kuantitatif dari hasil pengujian *beta* menggunakan perhitungan persentase peningkatan pemahaman siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil pengembangan media edukasi habitat hewan berbasis WebAR yang dilakukan dengan mengacu pada tahapan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Setiap tahap akan dijelaskan mulai dari konsep awal hingga distribusi

media, kemudian dilanjutkan dengan analisis hasil uji coba *alpha* dan *beta*. Penyajian hasil dalam alur MDLC ini bertujuan agar proses pengembangan dapat digambarkan secara sistematis sekaligus memudahkan pembaca dalam memahami kontribusi penelitian.

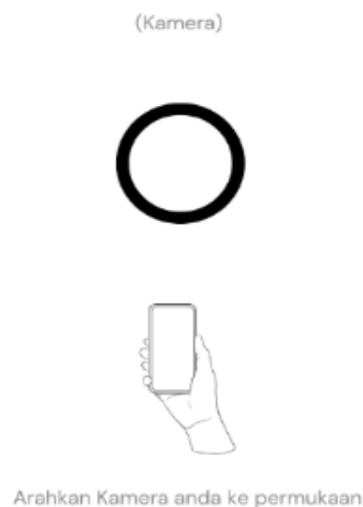
Concept

tahap ini dilakukan perumusan ide dan analisis kebutuhan siswa terhadap media pembelajaran IPA yang lebih interaktif dan mudah diakses. WebAR dipilih karena dapat dijalankan langsung melalui browser tanpa instalasi aplikasi tambahan, sehingga praktis digunakan di sekolah dasar dengan keterbatasan perangkat. Sasaran utama dari media ini adalah siswa kelas V SD yang sedang mempelajari materi habitat hewan. Oleh karena itu, ditentukan lima habitat utama sebagai fokus konten, yaitu hutan hujan tropis, padang rumput, gurun, perairan, dan kutub. Setiap habitat dirancang menampilkan diorama 3D sederhana namun dengan tampilan untuk dengan visualisasi hewan khas dan keterangan singkat untuk membantu siswa membedakan karakteristik lingkungan. Pengembangan dilakukan menggunakan platform Assemblr WebAR.

Design

Tahapan ini akan dilakukan proses perancangan visual dan interaksi yang dari *Augmented reality* habitat yang akan dikembangkan, setiap habitat memiliki tampilan 3D visual yang berbeda, namun tampilan pengguna tetap konsisten setiap habitat. Desain awal tampilan pembuka aplikasi web yang menunjukkan lingkaran untuk menentukan posisi peletakan diorama habitat, dirancang menggunakan canva tampilan awal terlihat pada gambar 1.

Setelah pengguna berhasil meletakkan diorama visualisasi, layar akan menampilkan tampilan yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Tampilan awal



(Visualisasi Habitat)



habitat terpilih

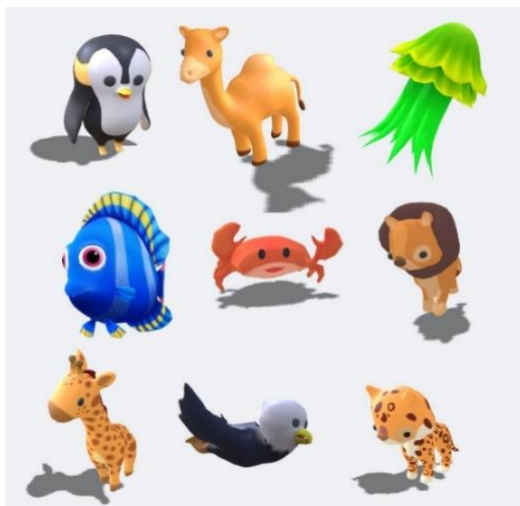


Gambar 2. Tampilan awal

Material Collecting

Pada tahap ini akan dilakukan proses pengumpulan aset visual yang dibutuhkan untuk penelitian dalam membangun *augmented reality* berbasis web, yaitu aset 3D dan 2D. terlihat pada Gambar 3, 4 dan 5.

Pada gambar 3 terdapat beberapa aset 3 dimensi yang terdiri dari Pinguin, Unta, Ubur ubur, ikan dori, kepiting, singa, jerapah, burung elang serta macan tutul, masing masing akan menghias visualisasi ekosistem biologi mereka.

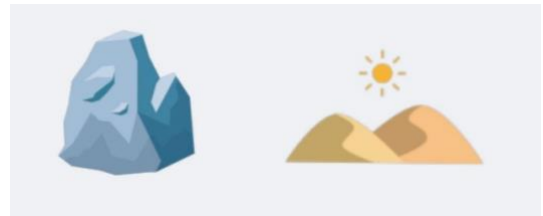


Gambar 3. Tampilan Aset 3 Dimensi dalam Bentuk Hewan



Gambar 4. Tampilan Aset 3 Dimensi dalam Bentuk Objek

Pada gambar 4, terdapat beberapa aset dalam bentuk bioma, rumah adat Iglo serta pohon sebagai penghias visualisasi, serta terdapat material dalam bentuk 2D yaitu ikon habitat pada gambar 5.

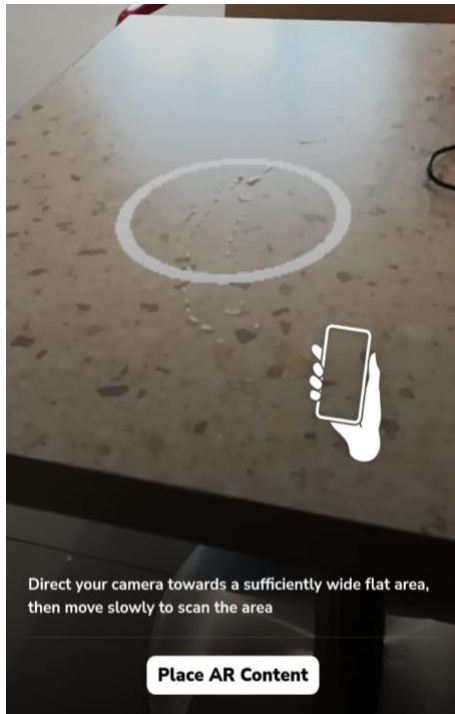


Gambar 5. Tampilan Aset 2 Dimensi dalam bentuk Icon

Assembly

Pada tahap ini akan dilakukan proses perakitan sebuah aplikasi berbasis WebAR setelah semua Aset dibuat dan akan dibuat menjadi sesuai dengan rancangan pada tahapan desain dengan menggunakan *platform* Assemblr. Diawali dengan tampilan pembuka setelah pengguna membuka tautan yang akan memberikan instruksi hingga tampilan setiap habitat.

Dimulai dari tampilan gambar 6 yang akan ditemui pengguna pada pertama kali penggunaan aplikasi web, terlihat sebuah lingkaran yang akan mendeteksi permukaan datar yang akan menjadi basis untuk menempatkan visualisasi diorama habitat hewan dengan tombol *place AR content*.



Gambar 6. Tampilan Pembuka Aplikasi

Pada gambar 7, ditampilkan diorama habitat kutub, beserta deskripsinya, dilengkapi dengan penguin serta latar pegunungan salju di kutub serta lautan dingin yang berisi hewan anjing laut.



Gambar 7. Tampilan Habitat Kutub

Pada gambar 8, ditampilkan diorama habitat gurun, beserta deskripsinya, dilengkapi dengan hewan unta serta latar padang pasir dilingkungan dengan banyak tumbuhan kaktus serta bebatuan tinggi.



Gambar 8. Tampilan Habitat Gurun

Pada gambar 9, ditampilkan diorama habitat perairan, beserta deskripsinya, dilengkapi dengan hewan ikan, ubur-ubur dan kepiting serta latar karang dalam air dalam.



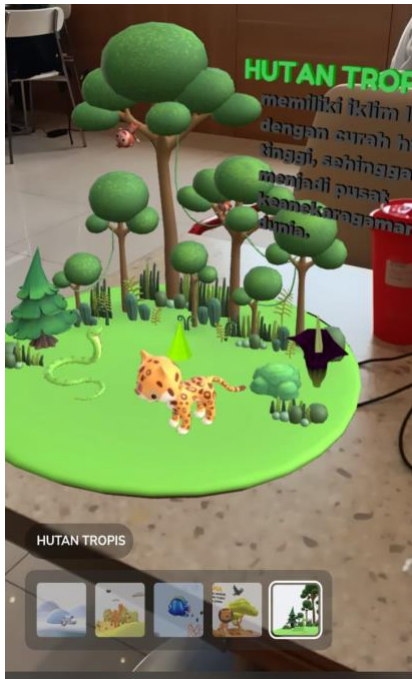
Gambar 9. Tampilan Habitat Perairan

Pada gambar 10, ditampilkan diorama habitat Sabana beserta deskripsinya, dilengkapi dengan hewan jerapah, singa, serta elang serta latar pohon, tebing dan rerumputan.



Gambar 10. Tampilan Habitat Sabana

Pada gambar 11, ditampilkan diorama habitat Hutan Tropis beserta deskripsinya, dilengkapi dengan hewan seperti macan tutul dan beberapa flora seperti pohon yang berada di hutan tropis beserta semak-semak.



Gambar 11. Tampilan Habitat Hutan Tropis

Testing

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian diantaranya yaitu *Alpha* serta *Beta testing*, untuk pengujian *Alpha* akan dilakukan secara internal oleh peneliti untuk mengevaluasi fungsionalitas dan kompatibilitas aplikasi.

Table 1. Pengujian *Alpha*

No	Objek Uji	Jumlah Pengujian	Keterangan
1	QR Code/tautan	10 Kali	Membuka WebAR dengan baik
2	Fungsional Kamera belakang	10 Kali	Dapat membuka kamera
3	Sistem AR	10 Kali	Dapat menampilkan objek 3D
4	Animasi	10 Kali	Setiap Animasi berfungsi lancar
5	Tombol Habitat	10 Kali	Dapat mengganti 3D habitat

Tahap uji coba beta dilakukan terhadap 10 siswa dari SDN 024 Samarinda sebagai pengguna akhir. Pengujian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana aplikasi AR berbasis web dapat berfungsi dengan baik dan mudah digunakan oleh target pengguna. Proses evaluasi dilakukan melalui kuesioner yang berisi 10 pertanyaan dengan skala Likert 1–5 (1 = sangat kurang, 5 = sangat baik), mencakup aspek kelancaran penggunaan, kecepatan akses melalui web, kualitas visual objek 3D, kesesuaian tema edukatif, serta ketertarikan pengguna untuk mengakses kembali aplikasi tersebut.

Jumlah responden dipilih secara terbatas menyesuaikan dengan ruang lingkup penelitian serta ketersediaan waktu dan sumber daya. Meskipun jumlahnya relatif kecil, hasil uji coba ini sudah cukup untuk menggambarkan tanggapan awal pengguna terhadap performa dan daya tarik aplikasi. Uji lanjutan dengan cakupan yang lebih luas dapat dilakukan pada tahap pengembangan berikutnya untuk memperkuat hasil evaluasi awal.

Table 2. Pengujian *Beta*

No	Pertanyaan Indikator	Rata-Rata	Persentase
1	Aplikasi ini berjalan lancar tanpa gangguan saat digunakan	4.1	82%
2	Tampilan visual habitat hewan yang ditampilkan menarik dan mudah dipahami	4.5	90%

3	Relevan dengan materi pelajaran	3.6	72%
4	Mengakses WebAR melalui browser terasa mudah dan praktis.	4.3	86%
5	Interaksi dengan model 3D (rotasi/zoom) membantu memahami perbedaan antar habitat.	4.4	88%
6	Meningkatkan minat saya untuk mempelajari materi habitat hewan	4	80%
7	Penggunaan WebAR membuat proses belajar terasa lebih menyenangkan dibanding buku teks.	3.9	78%
8	Saya merasa lebih mudah mengingat jenis-jenis habitat setelah menggunakan media ini	4.4	88%
9	Saya tertarik untuk menggunakan media serupa pada materi IPA lainnya.	3.8	76%
10	Secara keseluruhan, saya puas dengan media WebAR ini sebagai alat pembelajaran biologi.	4.4	88%

Total rata rata gabungan skor adalah 41.4 atau 82.8%. yang termasuk dalam kategori **Baik**.

Distribution

Setelah dilakukan kedua pengujian *alpha* dan *beta* akan dilakukan distribusi aplikasi dalam bentuk QR Code serta tautan kepada sekolah yang bersangkutan, aplikasi WebAR ini dapat diakses melalui tautan: <https://asblr.com/zqUEEN>

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis *Web-based Augmented Reality* (WebAR) *markerless* yang menampilkan visualisasi diorama 3D habitat hewan sebagai sarana pendukung pembelajaran IPA di sekolah dasar. Pengujian beta yang dilakukan terhadap 10 siswa SDN 024 Samarinda menunjukkan hasil rata-rata keseluruhan sebesar **82,8%** (kategori baik), menegaskan bahwa media yang dikembangkan dapat diterima dengan baik, mudah diakses melalui peramban, dan efektif meningkatkan motivasi serta

pemahaman konsep siswa mengenai karakteristik habitat secara konkret dan kontekstual. Hasil ini sejalan dengan studi terdahulu mengenai keunggulan AR *markerless* dalam menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan stabil. Meskipun demikian, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas jumlah responden dan mengintegrasikan fitur interaktif tambahan (seperti kuis atau narasi) untuk memperkaya pengalaman belajar.

DAFTAR PUSTAKA

Abid, T., Rohman, A., Purwoko, A., & Sari, M. P. (2024). Penerapan Teknologi Markerless Augmented Reality dalam Inovasi Media Pembelajaran Pengenalan Hewan Berbasis Mobile Android. *Jurnal Vokasi Informatika*, 4(1). <https://doi.org/10.24036/javit.v4i1.165>

Agustin, D. I., Hamdu, G., & Muharram, M. R. W. (2025). *Pengembangan Media Augmented Reality (AR) Berbasis Literasi Sains pada Materi Ekosistem di Sekolah Dasar*. Universitas Pendidikan Indonesia. <https://repository.upi.edu/140947>

Anha, L. (2024). The Implementation of Web-Based Augmented Reality (WebAR) in Educational Media for Science Learning. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan Modern*, 6(1), 44–51.

Arifitama, B., Hanan, G., & Rofiqi, M. H. (2021). Mobile Augmented Reality for Campus Visualization Using Markerless Tracking in an Indonesian Private University. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 15(11), 21–33. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i11.20697>

Chairuddin, A., & Rochmawati, N. (2020). Implementasi Markerless Tracking Augmented Reality pada Pengenalan Buah Menggunakan Metode User Defined Target. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 1(4), 209–216. <https://doi.org/10.26740/jinacs.v1n04.p209-216>

Fatih, M. F., & Tantriawan, W. (2021). Pengembangan Buku Pembelajaran Mitigasi Bencana Berbasis Augmented Reality Marker. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 23(2), 88–96.

Hughes, T., Graham, S., & Miller, J. (2024). Exploring Spatial Thinking through Augmented Reality: Enhancing Primary Students’ Engagement in Science Learning. *Computers & Education Open*, 5, 100146.

Hussein, H. A., Ali, M. H., Al-Hashimi, M., Majeed, N. T., Hameed, Q. A., & Ismael, R. D. (2023). *The Effect of Web Augmented Reality on Primary Pupils’ Achievement in English*. *Applied System Innovation*, 6(1), 18. <https://doi.org/10.3390/asi6010018>

Lestari, D., & Rohmani, R. (2024). Trends of Augmented Reality in Science Education Studies in Elementary Schools: A Bibliometric

- Analysis from 2013-2023. *Jurnal FKIP Unila*, 12(1), 99–113.
- Maili, E. M., & Akbar, M. (2024). Rancang Bangun Aplikasi Augmented Reality Pembelajaran Biologi Pertumbuhan Manusia dengan Metode Markerless. *Konstelasi: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, 3(2).
<https://doi.org/10.24002/konstelasi.v3i2.7065>
- Narulita, N., Sari, Y. Y., & Fatayan, A. (2023). Natural and Social Science Learning Module Based on Augmented Reality Technology Containing Ecoliteracy in the Independent Curriculum in Elementary Schools. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 8(3), 85805. <https://doi.org/10.23887/jipp.v8i3.85805>
- Nurul Athiyah, N., Maula, N. N., Khobir, A., & Rini, J. (2024). Augmented Reality (AR) Learning: Improving Students' Memory in Science Learning at the Elementary School Level. *Madako Elementary School Journal*, 3(2), 152–164.
- Pratiwi, H., Sa'Ad, M. I., & Giantoro, O. (2024, October). Utilization of Augmented Reality Technology in Campus Promotion Using the Marker Based Tracking Method. In *2024 Ninth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Putro, H., Herman, S., Biddinika, M. K., & Suwanti, S. (2025). Implementasi Model 3D Jantung Manusia pada Aplikasi Markerless Augmented Reality. *Jurnal Teknologi Pembelajaran dan Inovasi*, 7(1), 33–42.
- Sulistiyono, M., Hasyim, J. W., Bernadhed, B., Liantoni, F., & Sidauruk, A. (2024). Comparative Study of Marker-Based and Markerless Tracking in Augmented Reality Under Variable Environmental Conditions. *Journal of Soft Computing Exploration*, 5(4), 413–422.
- Syawaludin, A. (2023). Enhancing Elementary School Students' Abstract Reasoning in Science Learning through Augmented Reality-Based Interactive Multimedia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 77–89.
- Widiasih, W., Zakirman, Z., & Ekawati, R. (2023). Development of Augmented Reality Media to Improve Student Understanding of Optical Eyes System Materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(2), 915–919.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.2858>
- Yusa, I. W., Wulandari, A. Y. R., Tamam, B., Rosidi, I., Yasir, M., & Setiawan, A. Y. B. (2024). Development of Augmented Reality (AR) Learning Media to Increase Student Motivation and Learning Outcomes in Science. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(2).
<https://doi.org/10.21831/jipi.v9i2.52208>