

## Development of Augmented Reality-Based Learning Media with Multi-Marker Feature on Biology Material for Highschool And Vocational School Students

\*Muh. Ihsan Zulfikar

Email: muh.ihsan.zulfikar@unm.ac.id

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran Augmented Reality (AR) bernama AR Biology, yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman konsep biologi melalui visualisasi 3D dan media interaktif. Aplikasi ini menampilkan objek dan animasi 3D ketika marker atau image target dipindai, disertai dengan penjelasan suara dan teks secara sinkron. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan fitur Multi-Marker, yang memungkinkan munculnya objek gabungan ketika dua atau lebih marker didekatkan secara bersamaan. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Uji coba dilakukan terhadap 30 guru SMA dan 20 siswa SMA/SMK kelas X–XI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AR Biology dapat meningkatkan pemahaman konsep biologi secara interaktif. Validasi ahli menunjukkan kategori “sangat layak”, sementara respons pengguna menunjukkan tanggapan sangat positif terhadap fitur Multi-Marker yang membantu menggambarkan keterkaitan antar sistem biologi.

**Kata Kunci:** Augmented Reality, Pembelajaran Biologi, Multi-Marker, Media Interaktif, Pendidikan Vokasi

### ABSTRACT

*This study aims to develop an augmented reality (AR) learning media named AR Biology, designed to enhance biology learning through 3D visualization and interactive multimedia. The application displays 3D objects and animations when a marker or image target is scanned, accompanied by synchronized audio and textual explanations. The novelty of this research lies in the implementation of a multi-marker feature that allows the visualization of combined 3D objects when two or more markers are brought close together. The research follows the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). Trials conducted with 30 high school teachers and 20 vocational school students from grades X–XI demonstrated that AR Biology improved comprehension of biological concepts through interactive visualization. Expert validation categorized the application as “very feasible,” while user responses showed strong positive feedback, especially for the multi-marker feature that illustrates relationships among biological systems.*

**Keywords:** Augmented Reality, Biology Learning, Multi-Marker, Interactive Media, Vocational Education

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah menghadirkan peluang baru dalam bidang pendidikan, salah satunya melalui penerapan Augmented Reality (AR). AR menggabungkan objek virtual ke dalam lingkungan nyata secara real-time sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif dan interaktif. Dalam konteks pembelajaran biologi, banyak konsep abstrak seperti struktur sel, sistem organ, dan interaksi ekosistem yang sulit dipahami siswa hanya melalui media konvensional. AR dapat menjembatani kesenjangan ini dengan menyediakan visualisasi yang konkret dan pengalaman belajar berbasis eksplorasi.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis AR dapat meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan pemahaman konsep dibandingkan metode tradisional (Ibáñez & Delgado, 2019); (Billinghurst et al., 2020). Namun, sebagian besar aplikasi AR masih terbatas pada penggunaan satu marker saja, sehingga visualisasi objek bersifat terpisah dan tidak menampilkan keterkaitan antar konsep. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan fitur Multi-Marker yang memungkinkan dua atau lebih marker digabungkan untuk menghasilkan objek 3D baru yang merepresentasikan hubungan antar sistem biologi.

Selain itu, penelitian ini menggunakan model ADDIE sebagai kerangka pengembangan. Model ini terbukti efektif dalam menghasilkan produk pembelajaran yang terstruktur dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna (Adeoye et

al., 2024). Dengan demikian, pengembangan AR Biology diharapkan dapat memberikan inovasi dalam media pembelajaran biologi yang interaktif, adaptif, dan mendukung konstruksi pengetahuan secara mandiri.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE, yang terdiri atas lima tahap sistematis yaitu: Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Model ini membantu peneliti mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, merancang media yang sesuai, melakukan pengujian di lapangan, serta mengevaluasi efektivitas produk secara berkelanjutan (Adeoye et al., 2024).

### 2.1 Tahap Analisis (Analysis)

Tahap ini dilakukan melalui wawancara dan observasi terhadap guru dan siswa SMA/SMK. Hasil analisis menunjukkan bahwa guru membutuhkan media visual interaktif untuk menjelaskan konsep biologi yang abstrak, sementara siswa memerlukan media yang dapat memvisualisasikan hubungan antar sistem dalam tubuh manusia.

### 2.2 Tahap Desain (Design)

Pada tahap ini dilakukan perancangan antarmuka, alur interaksi marker, serta skenario penggunaan fitur Multi-Marker. Desain juga mencakup pembuatan storyboard, naskah audio, serta rancangan konten teks. Teknik marker stacking menggunakan bahan transparan berbasis PVC diterapkan untuk meningkatkan akurasi pelacakan dan mengurangi gangguan visual (Putra et al., 2025).

### 2.3 Tahap Pengembangan (Develop)

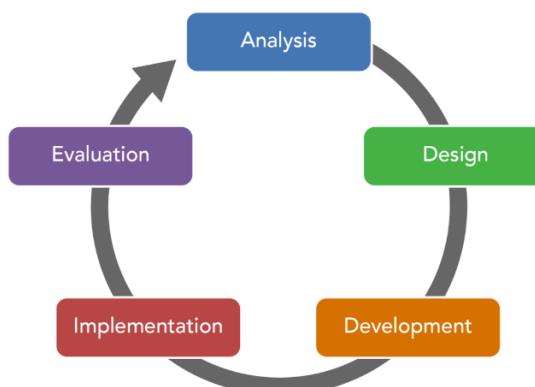
Tahap pengembangan dilakukan menggunakan perangkat lunak Unity 3D dan Vuforia Engine untuk sistem AR, Blender untuk pembuatan model 3D, dan Audacity untuk perekaman serta penyuntingan audio. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat mengenali kombinasi marker dengan toleransi translasi  $<2$  mm dan rotasi  $<3^\circ$ , sesuai dengan standar akurasi deteksi pada penelitian sebelumnya (Putra et al., 2025).

### 2.4 Tahap Implementasi (Implementation)

Uji coba dilakukan terhadap 30 guru SMA dan 20 siswa SMA/SMK kelas X dan XI. Mereka menggunakan aplikasi AR Biology dalam kegiatan belajar biologi dan memberikan penilaian terkait kemudahan penggunaan, kejelasan konten, serta efektivitas pembelajaran.

### 2.5 Tahap Evaluasi (Evaluation)

Evaluasi dilakukan melalui validasi ahli dan angket pengguna. Ahli media menilai aspek desain antarmuka, stabilitas sistem, dan kualitas visual, sedangkan ahli materi menilai keakuratan ilmiah dan kesesuaian dengan kurikulum. Saran dari ahli digunakan untuk memperbaiki tampilan dan konten aplikasi sebelum publikasi akhir.



**Gambar 1.** Metode ADDIE

**Tabel 1.** Contoh Judul Tabel

No	Jenis Metode	Jumlah partisipan
1	Diskusi	10
2	Presentasi	5

Diharapkan untuk menggunakan kualitas gambar yang baik serta berikan penjelasan singkat terhadap gambar yang dituangkan dalam artikel anda.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan berdasarkan tahapan pengembangan, hasil validasi ahli, serta tanggapan pengguna terhadap aspek desain, fungsionalitas, dan dampak pembelajaran. Pembahasan juga mencakup interpretasi hasil penelitian dengan mengacu pada teori dan temuan penelitian sebelumnya yang relevan.

#### 3.1 Hasil Pengembangan Aplikasi

Aplikasi AR Biology berhasil menampilkan berbagai objek 3D seperti organ tubuh manusia, struktur sel, jaringan, serta komponen ekosistem secara realistik dan interaktif. Fitur Multi-Marker memungkinkan pengguna menggabungkan dua atau lebih marker untuk menampilkan model gabungan, seperti hubungan antara sistem pernapasan dan peredaran darah. Integrasi teknologi transparent stacked marker berbasis PVC membantu menjaga kestabilan deteksi pada kondisi pencahayaan yang bervariasi (Putra et al., 2025).

#### 3.2 Hasil Validasi Ahli

**Tabel 2.** Hasil Validasi Ahli Media dan Materi

No	Aspek yang Dinilai	Indikator	Jenis Ahli	Percentase (%)	Kriteria
1	Desain Antarmuka	Tata letak, warna, keterbacaan	Ahli Media	92	Sangat Layak
2	Fungsionalitas Sistem	Pelacakan objek, navigasi	Ahli Media	91	Sangat Layak
3	Kualitas Visual dan Audio	Kejelasan animasi dan suara	Ahli Media	93	Sangat Layak
4	Akurasi Materi Ilmiah	Validitas konsep biologi	Ahli Materi	88	Layak
5	Kesesuaian Kurikulum	Keterpaduan dengan tujuan belajar	Ahli Materi	89	Sangat Layak
6	Kejelasan Pedagogis	Kemudahan pemahaman dan interaksi	Ahli Materi	90	Sangat Layak

Rata-rata Validasi Ahli: 90,5% (Sangat Layak)

### 3.3 Hasil Respon Pengguna

**Tabel 2.** Hasil Respon Guru dan Siswa

No	Kelompok Responden	Aspek yang Dinilai	Rata-rata (%)	Kriteria
1	Guru (n = 30)	Kemudahan Penggunaan	92	Sangat Baik
2		Kesesuaian Konten	90	Sangat Baik
3		Efektivitas Pembelajaran	89	Sangat Baik
4	Siswa (n = 20)	Daya Tarik Visual	93	Sangat Baik
5		Motivasi dan Keterlibatan	91	Sangat Baik
6		Peningkatan Pemahaman	90	Sangat Baik

Rata-rata Respon Pengguna: 90,8% (Sangat Baik)

Guru menyatakan bahwa aplikasi membantu meningkatkan keterlibatan siswa dan mempermudah penjelasan konsep abstrak, sedangkan siswa merasa pembelajaran menjadi lebih menarik dan interaktif.

### 3.4 Pembahasan

Hasil validasi ahli dan respons pengguna menunjukkan bahwa AR Biology layak dan efektif digunakan sebagai media pembelajaran biologi. Penerapan Multi-Marker meningkatkan interaktivitas dan memperkaya representasi konsep yang kompleks. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Adeoye et al., 2024) yang menegaskan bahwa penerapan model ADDIE mendukung proses pengembangan media pembelajaran yang sistematis, reflektif, dan adaptif terhadap kebutuhan peserta didik.

## 4 KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah menghasilkan media pembelajaran Augmented Reality bernama AR Biology yang dirancang menggunakan model pengembangan ADDIE dan memiliki fitur inovatif Multi-Marker. Berdasarkan hasil validasi ahli serta uji coba kepada guru dan siswa SMA/SMK, dapat disimpulkan bahwa media ini sangat layak digunakan dalam proses pembelajaran biologi. Aplikasi AR Biology mampu menampilkan objek dan animasi 3D yang interaktif, serta mengintegrasikan audio dan teks penjelasan yang membantu pengguna memahami konsep-konsep biologi secara lebih konkret dan menarik. Penerapan fitur Multi-Marker memberikan nilai tambah yang signifikan karena memungkinkan pengguna mempelajari keterkaitan antar sistem biologis secara visual, seperti hubungan antara sistem pernapasan dan peredaran darah. Dari hasil validasi ahli, media ini memperoleh nilai kelayakan rata-rata sebesar 90,5% (kategori sangat layak), sedangkan hasil tanggapan pengguna mencapai 90,8% (kategori sangat baik).

Secara keseluruhan, AR Biology terbukti dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran, motivasi, dan keterlibatan siswa, serta membantu guru dalam menyampaikan materi abstrak dengan cara yang lebih interaktif. Media ini juga berpotensi diintegrasikan dalam pembelajaran berbasis proyek maupun pendekatan blended learning. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada cakupan materi yang dikembangkan dan jumlah responden yang terbatas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas pengembangan materi biologi lain seperti genetika, ekosistem, dan bioteknologi, serta mengintegrasikan fitur evaluasi berbasis AR secara langsung di dalam aplikasi. Pengembangan lanjutan juga dapat mempertimbangkan penerapan Augmented Reality berbasis web agar media dapat diakses lintas perangkat tanpa instalasi tambahan, serta menguji efektivitasnya pada skala yang lebih luas di berbagai jenjang pendidikan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam inovasi pembelajaran biologi berbasis teknologi digital di era pendidikan modern.

## REFERENSI

- Ibáñez, S. & Delgado, D., 2019, Effectiveness of AR on Science Learning, *Computers & Education*, Elsevier, Amsterdam.
- Cheng, R. & Tsai, Y., 2021, AR for Biology Visualization, *Journal of Biological Education*, Taylor & Francis, London.
- Dunleavy, K., Dede, M., & Mitchell, R., 2020, AR as an Educational Tool, *Educational Research Review*, Elsevier, Amsterdam.
- Syahputra, M. F., 2021, Marker-Based AR for Anatomy Learning, *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, Vol. 9, No. 2, Universitas Negeri Medan.
- Mayer, R., 2020, *Multimedia Learning Principles*, Ed.2, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hariri, N., et al., 2021, AR for STEM Education, *International Journal of STEM Education*, Springer, Berlin.
- Pradana, A., 2021, Implementation of AR in Science Learning, *Jurnal Teknologi Pendidikan*, Vol. 13, No. 1, Universitas Negeri Surabaya.
- Putri, L., 2021, Game-Based AR for Biology, *Jurnal Pendidikan SINTA*, Vol. 7, No. 1, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Azuma, P., 2021, A Survey of AR, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 29, MIT Press, Massachusetts.
- Hasan, A., 2021, Development of Multi-Marker AR Media, *Jurnal Garuda Teknologi*, Vol. 6, No. 2, Universitas Brawijaya.
- Dede, J., 2021, Interactive AR for Classrooms, *Computers in Human Behavior*, Elsevier, Amsterdam.
- Rahman, H., 2021, Evaluation of AR Systems in Education, *Jurnal Teknologi SINTA*, Vol. 8, No. 3, Universitas Negeri Semarang.
- Putra, K. P., Kaswar, A. B., Zulfikar, M. I., & Afirianto, T., 2025, Accuracy and Detection Efficiency in Stacked PVC-Based Transparent Markers for AR Systems, *Journal of Embedded System Security and Intelligent Systems*, Vol. 2, No. 1, Universitas Brawijaya.
- Adeoye, M. A., Wirawan, K. A. S. I., Pradnyani, M. S. S., & Septiarini, N. I., 2024, Revolutionizing Education: Unleashing the Power of the ADDIE Model for Effective Teaching and Learning, *Jurnal Pendidikan Indonesia*, Vol. 13, No. 1, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja.
- Wibowo, S., 2021, Interactive Multimedia in Biology Learning, *Jurnal Pendidikan Biologi*, Vol. 10, No. 2, Universitas Negeri Malang.
- Ventura, J., 2019, Survey of Marker Tracking Technology, *IEEE Access*, IEEE Press, New York.
- Billinghurst, R., Kato, H., & Poupyrev, I., 2020, *Augmented Reality in Education*, New Media & Society, Sage Publications, London.
- Salim, R., 2020, AR and Conceptual Understanding Improvement, *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, Vol. 9, No. 2, Universitas Negeri Semarang.
- Zainuddin, M., 2020, Effectiveness of AR for Cell Material, *Jurnal Biologi dan Pembelajaran*, Vol. 5, No. 1, Universitas Negeri Padang.
- Hasanah, L., 2021, AR-Based Media Development for STEM Learning, *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, Vol. 11, No. 1, Universitas Negeri Jakarta.