JURNAL JEUMPA
JURNAL PENDIDIKAN SAINS & BIOLOGI

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

Pengembangan AR Book Bioinformatika: Visualisasi *In Silico* Potensi Tanaman Herbal Lokal

Development of AR Book Bioinformatics: In Silico Visualization of the Potential of Local Herbal Plants

Muhammad Khalil*

Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Samudra, Jl. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Langsa, Aceh, 24416, Indonesia
Program Studi Pendidikan IPA, FKIP, Universitas Samudra, Jl. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Langsa, Aceh, 24416, Indonesia

corresponding author: muhammadkhalil@unsam.ac.id

ABSTRAK

Bioinformatika merupakan bidang penting dalam pendidikan biologi modern, namun penyampaian materinya sering menghadapi tantangan karena sifat konsep yang abstrak dan kompleks. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) dalam bentuk *AR Book* pada materi Kajian Potensi Tanaman Herbal secara *In Silico* yang digunakan dalam mata kuliah Bioinformatika di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Samudra. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE yang dibatasi pada tahap analisis, desain, dan pengembangan. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan perlunya media interaktif berbasis digital. Media dikembangkan dalam bentuk buku dengan marker visual yang terintegrasi dengan aplikasi AR berbasis Android. Hasil validasi menunjukkan tingkat kelayakan oleh ahli materi sebesar 87% dan ahli media sebesar 82%, keduanya dalam kategori sangat layak. Kesimpulannya, media ini efektif mendukung visualisasi konsep abstrak dalam pembelajaran bioinformatika dan berpotensi meningkatkan pemahaman mahasiswa melalui pengalaman belajar yang interaktif dan kontekstual.
Kata Kunci: AR book; bioinformatika; media inovatif; pembelajaran biologi; pengembangan media.

ABSTRACT

Bioinformatics is an important field in modern biology education, but the delivery of the material often faces challenges due to the abstract and complex nature of the concept. To overcome this, this study aims to develop augmented reality (AR)-based learning media in the form of an AR Book on the In Silico Study of Herbal Plant Potential material used in the Bioinformatics course at the Department of Biology Education, Samudra University. This study uses the ADDIE development model which is limited to the analysis, design, and development stages. The results of the needs analysis indicate the need for digital-based interactive media. The media was developed in the form of a book with visual markers integrated with an Android-based AR application. The validation results showed a level of feasibility by material experts of 87% and media experts of 82%, both in the very feasible category. In conclusion, this media effectively supports the visualization of abstract concepts in bioinformatics learning and has the potential to improve student understanding through interactive and contextual learning experiences.
Keywords: AR book; bioinformatics; biology learning; innovative media; media development.

Manuskrip disubmisi pada 14-05-2025;
disetujui pada 26-05-2025.

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu biologi saat ini tidak dapat dilepaskan dari kemajuan teknologi informasi dan komputasi (Holzinger et al., 2023). Salah satu wujud integrasi tersebut adalah munculnya bidang bioinformatika, yaitu ilmu yang menggabungkan biologi, ilmu komputer, dan matematika untuk mengelola dan menganalisis data biologis berskala besar (Demirbaga et al., 2024; Patil & Gupta, 2022). Bioinformatika menjadi semakin penting dalam berbagai aspek riset biologi modern, mulai dari pemetaan genom, analisis ekspresi gen, prediksi struktur protein, hingga penemuan obat secara *in silico* (Khalil, 2023; Khalil et al., 2023; Khalil & Dwitya, 2023). Penguasaan dasar-dasar bioinformatika menjadi kompetensi yang esensial, termasuk bagi mahasiswa program studi Pendidikan Biologi, sebagai calon pendidik dan peneliti di bidang biologi terapan.

Pengenalan bioinformatika dalam konteks pembelajaran di perguruan tinggi memiliki tantangan tersendiri. Karakteristik materi bioinformatika yang cenderung abstrak dan berbasis data komputasi menjadikannya sulit dipahami oleh sebagian besar mahasiswa (Khalil, 2019), terutama yang berasal dari latar belakang pendidikan biologi murni atau kependidikan. Konsep-konsep seperti struktur tiga dimensi protein, interaksi ligan-target, dan proses *molecular docking* merupakan contoh topik yang memerlukan kemampuan visualisasi spasial dan abstraksi tingkat tinggi. Tanpa bantuan media yang memadai, penyampaian materi-materi tersebut sering kali menjadi kurang efektif dan berujung pada rendahnya pemahaman serta minat belajar mahasiswa (Nurdin et al., 2025).

Di sisi lain, pendekatan pembelajaran yang digunakan saat ini masih didominasi oleh metode ceramah dan penyampaian materi menggunakan slide atau gambar dua dimensi. Media semacam ini belum mampu menjembatani kesenjangan antara abstraksi teoritis dengan kebutuhan visualisasi konkret dalam memahami struktur dan interaksi biomolekul (Ehsan et al., 2025; Brady & Patel, 2023). Padahal, mahasiswa saat ini, yang merupakan bagian dari Generasi Z, memiliki karakteristik yang cenderung responsif terhadap media digital, interaktif, dan berbasis visual (Lumbu et al., 2025; Urba et al., 2024). Ketidaksesuaian antara karakteristik materi dan gaya belajar mahasiswa inilah yang menjadi salah satu faktor utama perlunya inovasi media pembelajaran dalam pengajaran bioinformatika.

Salah satu pendekatan inovatif yang memiliki potensi besar dalam mengatasi tantangan tersebut adalah pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR). AR merupakan teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan objek virtual secara real-time melalui perangkat digital seperti smartphone atau tablet (Dargan et al., 2023). AR dalam dunia Pendidikan telah

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

banyak digunakan untuk meningkatkan pemahaman konsep-konsep abstrak dalam bidang sains, termasuk biologi dan kimia (Indriani & Abidin, 2022; Rahmatullah et al., 2021). Visualisasi objek tiga dimensi yang dapat berinteraksi langsung dengan pengguna menjadikan AR sebagai alat bantu yang sangat efektif untuk menyampaikan materi yang kompleks secara lebih konkret, menarik, dan mudah dipahami.

Media berbasis AR seperti AR Book merupakan salah satu media yang dapat dikembangkan guna mengatasi permasalahan kesulitan memahami materi pembelajaran yang bersifat abstrak. AR Book merupakan buku cetak yang dilengkapi dengan marka visual yang dapat memunculkan objek virtual saat dipindai menggunakan aplikasi tertentu (Isa et al., 2022). Melalui pendekatan ini, mahasiswa tidak hanya membaca penjelasan secara tekstual, tetapi juga dapat melihat model tiga dimensi dari struktur senyawa aktif tanaman herbal, protein target, dan simulasi interaksi molekul dalam bentuk animasi. Dengan demikian, AR Book tidak hanya memperkaya pengalaman belajar secara visual, tetapi juga meningkatkan interaktivitas dan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berupa AR Book yang memfasilitasi pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep dasar bioinformatika melalui visualisasi tiga dimensi kajian *in silico* potensi tanaman herbal lokal. Media ini dikembangkan agar memenuhi aspek kelayakan baik dari sisi isi materi maupun desain media, berdasarkan hasil penilaian dari ahli materi dan ahli media pembelajaran. Dengan pendekatan ini, diharapkan AR Book dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang efektif dan adaptif terhadap tantangan pembelajaran bioinformatika di pendidikan tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*research & development*) yang bertujuan untuk menghasilkan media pembelajaran berupa AR Book (*Augmented Reality Book*) sebagai sarana visualisasi kajian *in silico* potensi tanaman herbal lokal dalam pembelajaran bioinformatika. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) (Adeoye et al., 2024; Spatioti et al., 2022), namun dibatasi hingga tahap *development*. Pembatasan ini dilakukan untuk menghasilkan produk awal yang layak secara konten dan desain sebelum dilakukan uji coba implementasi secara luas (Gambar 1).

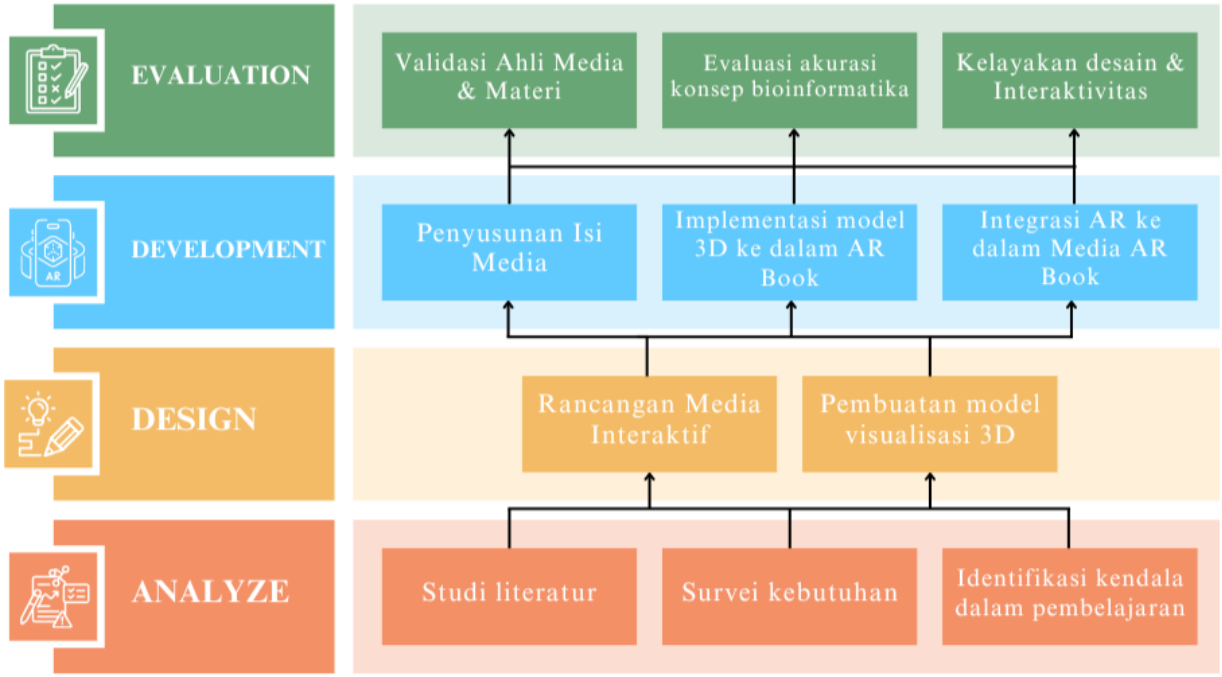
Tahap analisis (*analysis*) dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik mahasiswa, serta tantangan dalam pembelajaran bioinformatika pada Program

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Samudra. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, observasi perkuliahan, serta wawancara informal dengan dosen pengampu dan mahasiswa.

Pada tahap desain (*design*), peneliti merancang struktur isi media pembelajaran, *storyboard* tampilan AR, serta perangkat pendukung seperti marker AR dan buku cetak. Materi yang dikembangkan meliputi pengantar bioinformatika, struktur dasar protein dan ligan, serta kajian interaksi senyawa aktif dari tanaman herbal lokal terhadap protein target tertentu yang relevan secara farmakologis. Konten visual AR dirancang dalam bentuk model tiga dimensi (3D) dari struktur senyawa dan protein berdasarkan data dari basis data seperti PubChem dan Protein Data Bank (PDB).

Tahap pengembangan (*development*) ini mencakup pembuatan prototipe AR Book dan aplikasi AR pendukung. Pengembangan konten 3D dilakukan menggunakan perangkat lunak desain molekul seperti PyMOL dan Blender, sedangkan aplikasi AR dikembangkan menggunakan Unity 3D dengan dukungan plugin Vuforia SDK sebagai platform AR. Buku cetak dirancang dengan layout yang mengintegrasikan penjelasan materi dan marker AR secara proporsional, sehingga memudahkan pengguna dalam mengikuti alur pembelajaran.



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan penelitian pengembangan

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

Setelah prototipe selesai dikembangkan, dilakukan uji validasi produk oleh dua kelompok ahli, yaitu ahli materi dan ahli media. Ahli materi terdiri dari dosen biologi yang memiliki kompetensi dalam bidang bioinformatika dan farmakologi, sedangkan ahli media merupakan dosen atau praktisi yang memiliki pengalaman dalam pengembangan media pembelajaran digital. Instrumen validasi menggunakan lembar penilaian yang disusun berdasarkan aspek kelayakan isi (akurasi materi, kesesuaian dengan capaian pembelajaran), aspek tampilan (desain visual, keterbacaan, tata letak), serta aspek teknis (fungsi AR, kemudahan penggunaan, kompatibilitas perangkat).

Data hasil validasi dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk mengetahui tingkat kelayakan media yang dikembangkan. Data hasil validasi media yang telah dikembangkan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan rumus berikut (Khalil et al., 2020).

$$\text{PK} = \frac{Tsp}{Tsh} \times 100\%$$

Keterangan:

PK: Persentase kelayakan

Tsp: Total skor penilaian

Tsh: Total skor yang diharapkan

Skor persentase penilaian dari masing-masing aspek diinterpretasikan dan diklasifikasikan dalam kategori pada Tabel 1. Umpan balik dari para ahli juga digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi dan penyempurnaan media sebelum digunakan dalam uji coba terbatas pada tahap penelitian selanjutnya (Ravista et al., 2021).

Tabel 1. Interpretasi kelayakan media

Skala Nilai (%)	Kategori	Keputusan Uji
76-100	Sangat Layak	Dapat digunakan tanpa revisi
51-75	Layak	Dapat digunakan dengan revisi minor
26-50	Kurang Layak	Memerlukan revisi mayor
0-25	Tidak Layak	Memerlukan pengembangan ulang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan sebuah media pembelajaran berbasis teknologi Augmented Reality (AR) dalam bentuk AR Book untuk mendukung pembelajaran bioinformatika, khususnya pada materi *Kajian Potensi Tanaman Herbal secara In Silico*. Produk

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

dikembangkan melalui tiga tahap dalam model ADDIE, yaitu *analysis, design, development,* serta *evaluate* pada setiap tahapannya sesuai dengan *framework* pengembangan ADDIE (Adeoye et al., 2024; Spatioti et al., 2022).

Tahap analisis (analysis)

Tahap analisis dalam pengembangan media AR Book ini diawali dengan pengumpulan informasi terkait kebutuhan pembelajaran bioinformatika di Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Samudra. Proses ini dilakukan melalui observasi langsung pada kegiatan pembelajaran, wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah Bioinformatika, serta penyebaran angket kepada mahasiswa yang telah mengikuti mata kuliah tersebut. Hasil dari proses ini mengindikasikan adanya tantangan signifikan dalam pemahaman materi yang bersifat abstrak dan berbasis molekuler, seperti pengenalan struktur senyawa aktif, struktur protein target, hingga proses interaksi molekul secara *in silico*. Sebagian besar mahasiswa menyampaikan bahwa mereka kesulitan membayangkan bentuk dan dinamika molekul yang dijelaskan hanya melalui gambar dua dimensi atau presentasi konvensional.

Selain itu, hasil wawancara dengan dosen menunjukkan bahwa meskipun bioinformatika merupakan bidang yang sangat relevan dengan perkembangan sains dan teknologi saat ini, keterbatasan media visual interaktif membuat proses pembelajaran menjadi kurang optimal. Dosen juga menyebutkan perlunya media yang mampu menggabungkan informasi ilmiah dengan visualisasi nyata agar mahasiswa dapat memahami konsep bioinformatika secara kontekstual, terutama dalam menganalisis potensi tanaman herbal sebagai sumber senyawa aktif obat melalui pendekatan *in silico*. Mahasiswa juga menyatakan ketertarikan terhadap media berbasis teknologi digital, terutama yang bersifat interaktif dan dapat diakses melalui perangkat mobile. Temuan ini menjadi dasar kuat untuk merancang media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) sebagai solusi inovatif dalam pembelajaran bioinformatika.

Tahap desain (design)

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, tahap desain dilakukan dengan merancang struktur media pembelajaran AR Book dan komponennya secara menyeluruh. Media ini dirancang dalam bentuk buku cetak yang dilengkapi dengan penanda visual (*marker*) untuk memicu tampilan objek tiga dimensi melalui aplikasi AR berbasis Android. Dalam proses desain, ditentukan urutan penyajian materi yang mencakup pengantar bioinformatika, pengenalan senyawa aktif dari tanaman herbal lokal yang relevan secara farmakologis, visualisasi struktur protein target, serta simulasi interaksi ligan-protein. Materi dikemas secara sistematis dan

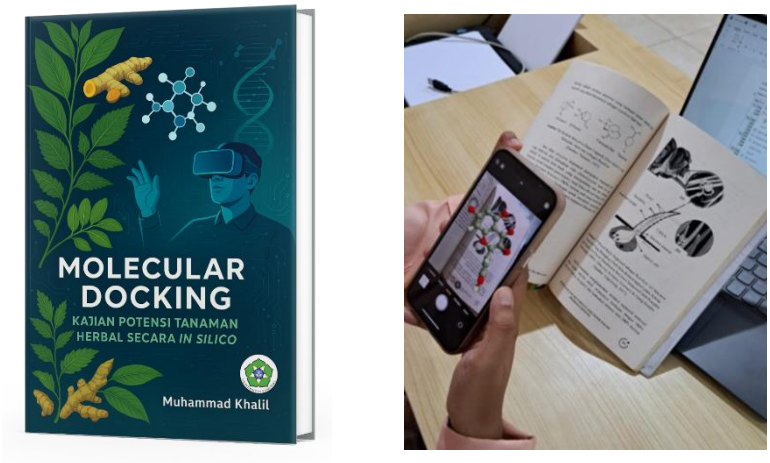
ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

disesuaikan dengan capaian pembelajaran yang telah ditetapkan dalam Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Bioinformatika.

Desain visual AR Book disusun dengan pendekatan estetika edukatif, mengutamakan keterbacaan, konsistensi tata letak, dan integrasi harmonis antara teks, gambar ilustratif, dan marker AR. Setiap halaman yang mengandung materi visual dilengkapi dengan kode atau penanda khusus yang berfungsi sebagai marker yang nantinya dapat dipindai menggunakan kamera perangkat mobile. Aplikasi AR yang dikembangkan akan menampilkan model tiga dimensi senyawa atau protein sesuai dengan marker yang dikenali, sehingga mahasiswa dapat melihat dan memutar objek tersebut secara interaktif.

Dalam proses desain ini, juga dibuat *storyboard* yang menggambarkan skenario interaksi pengguna dengan aplikasi, alur penggunaan, serta antarmuka aplikasi yang sederhana dan mudah dioperasikan oleh mahasiswa. Pemilihan warna, ikon, dan tipografi mempertimbangkan aspek kenyamanan visual dan aksesibilitas pengguna. Model 3D yang digunakan dirancang berdasarkan data ilmiah dari basis data bioinformatika seperti PubChem dan Protein Data Bank (PDB), agar tetap menjaga akurasi ilmiah namun tetap dapat divisualisasikan secara optimal di perangkat pengguna. Seluruh komponen ini dirancang agar dapat saling terintegrasi dalam satu sistem pembelajaran yang komprehensif dan mendukung pencapaian kompetensi mahasiswa secara maksimal.

Tahap pengembangan (development)



Gambar 2. Cover AR book dan tampilan visual AR

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan media AR Book dan aplikasi pendukungnya. Model 3D dirancang menggunakan perangkat lunak Blender dan PyMOL, sedangkan aplikasi AR dibangun menggunakan Unity 3D dengan integrasi Vuforia SDK. AR Book dicetak dengan layout yang sudah diintegrasikan dengan marker untuk memicu tampilan AR saat dipindai oleh

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

aplikasi (Gambar 2). Setelah prototipe selesai dikembangkan, dilakukan uji kelayakan oleh dua kelompok ahli, yaitu ahli materi dan ahli media.

Validasi Ahli Materi dilakukan oleh dua dosen bidang biologi molekuler dan farmasi. Aspek yang dinilai meliputi: kesesuaian isi dengan capaian pembelajaran, akurasi ilmiah, keterpaduan antar materi, dan penggunaan bahasa ilmiah (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil penilaian ahli materi

Aspek yang Dinilai	**Skor Maksimal**	**Skor Total**	**Persentase**	**Kategori**
Kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran	25	22	88%	Sangat Layak
Akurasi konsep dan data ilmiah	25	24	96%	Sangat Layak
Keterpaduan antar submateri	25	21	84%	Sangat Layak
Keterbacaan dan kejelasan bahasa	25	20	80%	Sangat Layak
Total	**100**	**87**	**87%**	**Sangat Layak**

Tabel 3. Komentar/*feedback* dari ahli materi

Komentar/*feedback*
Beberapa istilah teknis perlu disederhanakan agar sesuai dengan tingkat pemahaman mahasiswa S1.
Diperlukan penambahan referensi untuk memperkuat argumen ilmiah, khususnya pada bagian pengantar bioinformatika.
Konten lokal sangat mendukung relevansi materi dengan konteks mahasiswa.

Sedangkanvalidasi ahli media penilaiannya dilakukan oleh dua dosen bidang teknologi pendidikan dan desain media digital. Aspek yang dinilai mencakup: desain visual, navigasi, integrasi AR, kemudahan penggunaan, dan konsistensi antarmuka (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil penilaian ahli media

Aspek yang Dinilai	**Skor Maksimal**	**Skor Total**	**Persentase**	**Kategori**
Desain visual dan estetika	25	22	88%	Sangat Layak
Navigasi dan kemudahan penggunaan	25	20	80%	Sangat Layak
Integrasi antara media cetak dan AR	25	21	84%	Sangat Layak
Konsistensi tampilan antarmuka aplikasi	25	19	76%	Sangat Layak
Total	**100**	**82**	**82%**	**Sangat Layak**

Tabel 5. Komentar/*feedback* dari ahli media

Komentar/*feedback*
Disarankan meningkatkan resolusi model 3D untuk menyesuaikan dengan perangkat mahasiswa.
Beberapa marker AR perlu dikalibrasi ulang agar respons lebih cepat saat pemindaian.
Tampilan aplikasi sudah cukup intuitif dan *user-friendly*.

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran AR Book yang dikembangkan berbasis teknologi *augmented reality* (AR) mendapatkan penilaian sangat layak dari ahli materi dan ahli media. Temuan ini menunjukkan AR sebagai solusi inovatif untuk mengatasi kesenjangan antara kompleksitas konten bioinformatika dan keterbatasan media konvensional. Secara konseptual, bioinformatika merupakan bidang yang sangat bergantung pada pemahaman spasial dan visualisasi struktur molekul, baik senyawa kimia maupun protein target. Materi seperti *molecular docking*, analisis interaksi ligan-protein, dan penelusuran basis data molekuler sulit dipahami mahasiswa hanya melalui pendekatan teks atau gambar dua dimensi. Keterbatasan ini sejalan dengan temuan dalam analisis kebutuhan, di mana mahasiswa kesulitan memahami materi bioinformatika secara mendalam karena media pembelajaran yang digunakan belum mampu memfasilitasi eksplorasi konsep secara visual dan interaktif.

Teknologi AR menawarkan pendekatan yang relevan untuk mengatasi tantangan tersebut. Dengan kemampuan menampilkan objek tiga dimensi di dunia nyata melalui perangkat digital, AR memungkinkan mahasiswa melihat dan memanipulasi model struktur senyawa atau protein secara langsung. Hal ini sejalan dengan pendapat Scavarelli et al. (2021), yang menyatakan bahwa AR dapat meningkatkan keterlibatan belajar melalui interaksi visual dan spasial yang lebih nyata. Dalam konteks pembelajaran bioinformatika, pendekatan ini membantu mahasiswa memvisualisasikan interaksi molekul dan memahami hubungan struktur-fungsi secara lebih intuitif.

Dari hasil validasi oleh ahli materi, diperoleh skor kelayakan sebesar 87%, yang menunjukkan bahwa konten yang disusun telah sesuai dengan kaidah ilmiah dan mendukung capaian pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan materi yang berfokus pada kajian tanaman herbal lokal sebagai sumber senyawa aktif bukan hanya relevan secara ilmiah, tetapi juga kontekstual dengan kebutuhan mahasiswa. Dengan menyajikan konten lokal yang terintegrasi dengan pemodelan *in silico*, mahasiswa tidak hanya belajar tentang teknik bioinformatika, tetapi juga mengenali potensi kekayaan hayati lokal yang dapat dikembangkan dalam bidang farmasi dan bioteknologi (Mushoffa et al., 2022).

Penilaian oleh ahli media yang mencapai 82% juga menunjukkan bahwa media yang dikembangkan secara visual dan teknis telah sesuai dengan prinsip desain pembelajaran digital. Integrasi antara media cetak (AR Book) dan aplikasi berbasis Android memberikan pengalaman belajar multimodal yang menggabungkan teks, gambar, dan objek interaktif dalam satu kesatuan. Hal ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran berbasis dual coding theory

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

yang dikemukakan oleh Paivio (1990), bahwa kombinasi verbal dan visual dalam penyampaian informasi dapat meningkatkan pemahaman dan retensi belajar siswa (Permadi & Siptiani, 2024). Selain itu, dari segi pengalaman pengguna (*user experience*), aplikasi AR yang dikembangkan telah menunjukkan kemudahan penggunaan dan navigasi yang intuitif, sesuai dengan prinsip *universal design for learning* (UDL).

Keberhasilan media ini dalam aspek kelayakan juga menunjukkan bahwa pengembangan media berbasis AR dalam bidang bioinformatika bukan hanya memungkinkan, tetapi juga layak diterapkan di tingkat pendidikan sarjana. Di tengah perkembangan teknologi dan kebutuhan peningkatan literasi digital mahasiswa, media seperti AR Book ini menjadi salah satu inovasi yang relevan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemahaman konseptual, dan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran sains.

Hasil pengembangan ini juga sejalan dengan tren pembelajaran sains modern yang mengedepankan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), di mana integrasi antara konten ilmiah dan teknologi visual memperkaya pengalaman belajar dan mendorong terciptanya pemahaman konseptual yang lebih dalam. Dengan menghadirkan visualisasi molekuler secara langsung melalui perangkat yang familiar bagi mahasiswa (smartphone atau tablet), media ini juga berkontribusi pada upaya peningkatan keterlibatan belajar (*student engagement*) dan motivasi belajar.

Namun demikian, beberapa masukan dari para ahli menunjukkan bahwa pengembangan lebih lanjut masih diperlukan, seperti peningkatan kualitas visual model 3D dan optimalisasi respons marker AR. Ini menjadi catatan penting bahwa dalam pengembangan media berbasis teknologi, aspek teknis dan pengalaman pengguna perlu terus disempurnakan agar dapat memberikan dampak maksimal terhadap proses pembelajaran. Dengan demikian, meskipun telah dinilai sangat layak, pengembangan tahap berikutnya tetap diperlukan untuk menguji efektivitas media ini dalam peningkatan hasil belajar mahasiswa.

KESIMPULAN

Media pembelajaran *AR Book* yang dikembangkan untuk materi *Kajian Potensi Tanaman Herbal secara In Silico* pada mata kuliah Bioinformatika dinilai sangat layak digunakan berdasarkan hasil penilaian ahli materi (87%) dan ahli media (82%). Media ini mampu mendukung pemahaman konsep abstrak melalui visualisasi interaktif berbasis *augmented reality*, sehingga dapat menjadi solusi inovatif dalam pembelajaran bioinformatika di tingkat pendidikan tinggi.

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v12i1.11629

REFERENSI

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. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, *13*(1), 202-209. https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v13i1.68624

Brady, R. J., & Patel, M. R. (2023). Exploring the Properties of Functional Groups and Biomolecules. *The American Biology Teacher*, *85*(8), 454-458. https://doi.org/10.1525/abt.2023.85.8.454

Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., & Kumar, K. (2023). Augmented reality: A comprehensive review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, *30*(2), 1057-1080. https://doi.org/10.1007/s11831-022-09831-7

Demirbaga, Ü., Aujla, G. S., Jindal, A., & Kalyon, O. (2024). Big Data Analytics in Bioinformatics. In *Big Data Analytics: Theory, Techniques, Platforms, and Applications* (pp. 265-284). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-55639-5_12

Ehsan, M., Thakur, P., & Thakur, A. (2025). Bio-Molecular Analysis at the Nanoscale. In *Advancements in Nanobiology* (pp. 235-255). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003472155-12

Holzinger, A., Keiblinger, K., Holub, P., Zatloukal, K., & Müller, H. (2023). AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology. *New biotechnology*, *74*, 16-24. https://doi.org/10.1016/j.nbt.2023.02.001

Indriani, R., & Abidin, Z. (2022). Literature review: Pengembangan media pembelajaran augmented reality pada mata pelajaran biologi. *Jurnal Wahana Pendidikan*, *9*(2), 139-148. http://dx.doi.org/10.25157/wa.v9i2.8138

Isa, W. N., Musril, H. A., & Zahrati, W. (2022). Implementasi Teknologi Augmented Reality Dalam Media Pembelajaran Berbasis Magic Book. JSR: Jaringan Sistem Informasi Robotik, 6(1), 1-13. https://doi.org/10.58486/jsr.v6i1.109

Khalil, M. (2019). *Pengembangan modul bioinformatika berbasis Problem Based Learning (PBL) berdasarkan hasil penelitian analisis virtual screening senyawa alami pada semanggi gunung (Hydrocotyle sibthorpioides) sebagai kandidat antivirus hepatitis B* (Doctoral dissertation, Masters Thesis, Universitas Negeri Malang). http://repository.um.ac.id/id/eprint/112705

Khalil, M. (2023). Simulasi Molecular Docking Senyawa Coumestrol dengan Protein Kapsid Virus Hepatitis B: Studi In Silico Potensi Senyawa Alami. *Jurnal Jeumpa*, *10*(1), 138-148. https://doi.org/10.33059/jj.v10i1.7606

Khalil, M., & Dwitya, Y. (2023). Detection and In Silico Study of Neochlorogenic Acid from Rhizophora apiculata Stem Bark Extract as HBV Replication Inhibitors. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(9), 7563-7569. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.5144

Khalil, M., Akbar, M. N., Saputra, A. R., & Kusuma, S. H. (2023). Naringin's potential as a hepatitis B virus replication inhibitor: an in-silico study of secondary metabolite compound. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 104-113. https://doi.org/10.31603/pharmacy.v9i2.8564

Khalil, M., Amin, M., & Lukiati, B. (2020). Validitas dan Kepraktisan Modul Bioinformatika Berbasis Problem-Based Learning untuk Mahasiswa S2 Biologi. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian & Pengembangan*, *5*(5), 677-682. http://dx.doi.org/10.17977/jptpp.v5i5.13538

Lumbu, A., Pinatih, N. P. S., Judijanto, L., Suwandi, W., Retnoningsih, R., & Muhtadin, H. D. A. (2025). *Pendidikan Karakter: Teori dan Implementasi Pendidikan Karakter Bagi Gen-Z*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Mushoffa, M., Wijaksono, A., & Khalil, M. (2022). Kajian Etnobotani Tanaman Obat Masyarakat Desa Penyangga di Sekitar Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi. *Jurnal Jeumpa*, *9*(2), 748-757.

Nurdin, A. M., Gofur, A., & Sari, M. S. (2025). Technology-supported differentiated biology education: Trends, methods, content, and impacts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *21*(3), em2598. https://doi.org/10.29333/ejmste/16044

Patil, S., & Gupta, A. D. (2022). Bioinformatics and its application in computing biological data. In *Information Retrieval in Bioinformatics: A Practical Approach* (pp. 133-154). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6506-7_8

Permadi, B. A., & Siptiani, E. (2024). Pengaruh Media Gambar terhadap Minat Belajar Siswa di IPA Kelas Atas SD. *Andragogi: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, *4*(1), 56-64. https://doi.org/10.31538/adrg.v4i1.1295

Rahmatullah, R., Ramadhanti, D., Suwarno, R. N., & Kuswanto, H. (2021). Literature review: Technology development and utilization of augmented reality (AR) in science learning. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, *2*(4), 135-144. https://www.journal.publication-center.com/index.php/ijast/article/view/1158

Ravista, N., Sutarno, S., & Harlita, H. (2021). Validity and practicality of guided inquiry-based e-modules accompanied by virtual laboratory to empower critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *7*(SpecialIssue), 331-339. https://doi.org/10.29303/jppipa.v7iSpecialIssue.1083

Scavarelli, A., Arya, A., & Teather, R. J. (2021). Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: a literature review. *Virtual reality*, *25*(1), 257-277. https://doi.org/10.1007/s10055-020-00444-8

Spatioti, A. G., Kazanidis, I., & Pange, J. (2022). A comparative study of the ADDIE instructional design model in distance education. *Information*, *13*(9), 402. https://doi.org/10.3390/info13090402

Urba, M., Ramadhani, A., Afriani, A. P., & Suryanda, A. (2024). Generasi Z: Apa Gaya Belajar yang Ideal di Era Serba Digital?. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, *3*(1), 50-56. https://doi.org/10.54259/diajar.v3i1.2265