

# Analisis Fungsional dan Pengalaman Pengguna *Augmented Reality* pada Pembelajaran Pengenalan Struktur Tumbuhan

I Nyoman Tri Anindia Putra<sup>1\*</sup>, Ketut Sepdyana Kartini<sup>2</sup>, Made Irvan Sastra Abenk<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sistem Informasi, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

<sup>2,3</sup> Teknik Informatika, Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia, Singaraja, Indonesia

\*[tri.anindia@undiksha.ac.id](mailto:tri.anindia@undiksha.ac.id)

## ABSTRAK

Teknologi *Augmented Reality* (AR) telah menjadi alat pedagogis potensial dalam meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam pembelajaran. Penelitian ini memperkenalkan sebuah aplikasi AR berbasis Android yang dirancang khusus untuk memvisualisasikan struktur dan fungsi tumbuhan dalam mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Terlepas dari relevansi materi ini, terbatasnya bahan ajar konvensional yang mampu menyajikan konsep-konsep tersebut secara konkret menimbulkan kesenjangan dalam pembelajaran yang mendalam. Aplikasi ini menawarkan pendekatan baru yang mengatasi kesenjangan tersebut dengan mengintegrasikan AR untuk memfasilitasi pemahaman yang lebih intuitif. Metode evaluasi menggunakan *Blackbox Testing* menunjukkan aplikasi berfungsi sesuai spesifikasi teknis, sedangkan analisis pengalaman pengguna melalui *User Experience Questionnaire* (UEQ) menilai kualitas pengalaman dari dimensi atraksi, kejelasan, efisiensi, serta stimulasi pengguna. Hasil penelitian ini menampilkan temuan signifikan bahwa aplikasi AR yang dikembangkan mampu meningkatkan pemahaman dan minat belajar siswa secara substansial. *Novelty* dari studi ini terletak pada integrasi AR dalam materi yang bersifat abstrak, serta kemampuannya untuk mendukung pendidik dalam menyampaikan konsep IPA yang kompleks. Dengan demikian, aplikasi ini menunjukkan potensi untuk menjadi alat bantu pembelajaran yang efektif dan layak diimplementasikan lebih luas dalam lingkungan pendidikan.

**Kata Kunci:** *Augmented reality*, Pembelajaran IPA, Struktur tumbuhan, *User experience evaluation*

## 1. PENDAHULUAN

*Augmented Reality* (AR) semakin diakui sebagai teknologi yang mampu mentransformasi pendidikan, memungkinkan integrasi konten digital dengan lingkungan nyata secara interaktif (Kartini dkk., 2024). Kemajuan dalam perangkat lunak dan perangkat keras AR telah mendorong adopsi luasnya dalam sektor pendidikan, terutama untuk memfasilitasi pemahaman konsep-konsep yang kompleks dan abstrak (Wen dkk., 2023). Dalam ilmu pengetahuan alam, pemahaman mengenai struktur dan fungsi tumbuhan merupakan aspek penting yang masih dibatasi oleh keterbatasan sumber belajar konvensional, yang sering kali tidak mampu memberikan visualisasi konkret bagi siswa (Pratiwi & Riyanto, 2022).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi AR berbasis Android yang dirancang untuk memperkaya pengalaman belajar dalam biologi melalui visualisasi struktur dan fungsi tumbuhan yang imersif. Pendekatan berbasis AR telah terbukti mampu meningkatkan keterlibatan dan eksplorasi konsep biologis secara intuitif, sehingga memperkuat pemahaman dan daya ingat siswa melalui interaksi yang lebih mendalam (AlNajdi, 2022). Implementasi AR sebagai media pembelajaran dalam aplikasi ini diharapkan dapat mengatasi keterbatasan metode pembelajaran tradisional, yang sering kali kurang optimal dalam memberikan representasi visual kepada siswa (Kartini dkk., 2023).

Selain itu, penelitian ini mencakup evaluasi menyeluruh dari perspektif teknis dan pengalaman pengguna untuk memastikan efektivitas dan kualitas aplikasi dalam konteks pendidikan. Validasi teknis melalui *Blackbox Testing* digunakan untuk menilai kesesuaian aplikasi dengan spesifikasi yang ditetapkan, sementara *User Experience Questionnaire* (UEQ) mengevaluasi berbagai dimensi pengalaman pengguna, seperti daya tarik, kejelasan, efisiensi, dan stimulasi (Juniantari dkk., 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi AR yang dikembangkan berhasil meningkatkan pemahaman dan minat belajar siswa secara signifikan. Studi ini memberikan kontribusi unik dalam literatur pendidikan sains dengan menawarkan pendekatan berbasis AR untuk visualisasi konten abstrak, menunjukkan potensi AR sebagai solusi efektif dalam penyampaian materi yang kompleks.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Teknologi *Augmented Reality* (AR) telah menjadi salah satu inovasi signifikan dalam pendidikan, khususnya sebagai alat bantu yang mampu menjembatani batasan dalam penyampaian materi abstrak. AR memungkinkan integrasi objek digital secara real-time ke dalam lingkungan nyata, memberikan pengalaman imersif dan interaktif yang meningkatkan keterlibatan serta pemahaman terhadap konten

yang diajarkan (Kartini dkk., 2024). Penelitian terdahulu oleh (Kartini dkk., 2023) mengemukakan bahwa AR efektif dalam memfasilitasi pembelajaran berbasis visualisasi, terutama ketika digunakan untuk mengilustrasikan konsep-konsep yang sulit dipahami melalui metode tradisional.

Penerapan AR dalam pendidikan sains, khususnya dalam materi Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), menunjukkan potensi besar dalam memperkuat pemahaman siswa terhadap struktur dan fungsi organisme biologis yang kompleks. (Vergara dkk., 2022) menyatakan bahwa AR tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa dengan materi tetapi juga memungkinkan eksplorasi konsep-konsep biologis yang sulit divisualisasikan dalam kelas konvensional. Selain itu, (Puggioni dkk., 2021) menyimpulkan bahwa AR memiliki efek positif terhadap motivasi belajar siswa, karena interaksi langsung dengan konten digital dapat menciptakan ketertarikan yang lebih tinggi serta memicu rasa ingin tahu yang kritis.

Meskipun potensi AR dalam pendidikan terus mendapat pengakuan, tantangan dalam aspek teknis dan pengalaman pengguna (User Experience, UX) masih menjadi isu yang memerlukan perhatian khusus. Dalam proses evaluasi perangkat lunak berbasis AR, metode Blackbox Testing digunakan secara luas untuk memverifikasi kinerja aplikasi dalam memenuhi spesifikasi teknis tanpa mengungkap struktur internal perangkat lunak (Putra dkk., 2021). Pendekatan ini memungkinkan pengujian fungsional yang berfokus pada hasil keluaran sesuai spesifikasi yang ditetapkan, yang sangat relevan dalam memastikan stabilitas dan keandalan aplikasi dalam lingkungan pendidikan.

Aspek pengalaman pengguna juga memegang peran penting dalam kesuksesan implementasi AR dalam pendidikan. Untuk mengevaluasi dimensi UX, (Schrepp, 2023) mengembangkan User Experience Questionnaire (UEQ), yang digunakan secara luas dalam berbagai penelitian untuk mengukur parameter kualitas aplikasi, seperti daya tarik, kejelasan, efisiensi, dan stimulasi. Studi ini membuktikan bahwa faktor UX yang optimal dapat meningkatkan kualitas interaksi pengguna dengan konten digital, yang pada akhirnya mendukung keberhasilan aplikasi dalam mencapai tujuan pedagogis.

Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa AR memiliki kontribusi yang signifikan dalam memfasilitasi visualisasi yang lebih konkret dan mendalam dalam pendidikan IPA. Dengan memperhatikan evaluasi teknis dan UX, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode pembelajaran berbasis teknologi yang inovatif dan efektif, mendukung penyampaian konten sains yang kompleks melalui pendekatan yang lebih intuitif dan interaktif.

### **3. METODE**

Penelitian ini mengadopsi desain pengembangan dan evaluasi, bertujuan untuk merancang dan menguji efektivitas aplikasi Augmented Reality (AR) berbasis Android yang mendukung pembelajaran struktur dan fungsi tumbuhan dalam mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada siswa sekolah menengah pertama. Bagian ini menguraikan desain penelitian, karakteristik partisipan, prosedur pengumpulan data, instrumen yang digunakan, serta teknik analisis data.

#### **3.1 Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan desain Research and Development (R&D) yang diadaptasi dari model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation). Model ini dipilih karena kemampuannya untuk mendukung iterasi pengembangan produk, mulai dari analisis kebutuhan pengguna hingga evaluasi kualitas dan fungsionalitas produk. Pada tahap analisis, kebutuhan pembelajaran siswa diidentifikasi untuk memastikan aplikasi mencakup fitur yang relevan. Selanjutnya, pada tahap perancangan dan pengembangan, aplikasi dikembangkan menggunakan Unity dan ARCore sebagai platform utama untuk menyajikan model 3D tumbuhan yang dapat diakses dalam lingkungan nyata.

#### **3.2 Partisipan**

Partisipan dalam penelitian ini terdiri dari siswa sekolah menengah pertama yang memiliki latar belakang pembelajaran IPA, dengan total 50 siswa yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Partisipan dipilih berdasarkan keterlibatan aktif dalam pembelajaran IPA serta memiliki perangkat Android yang kompatibel dengan aplikasi AR yang dikembangkan. Partisipan diharapkan memberikan umpan balik terkait pengalaman pengguna setelah berinteraksi dengan aplikasi, guna mengevaluasi efektivitas aplikasi dalam meningkatkan pemahaman konsep biologis yang kompleks.

#### **3.3 Metode Pengumpulan data**

Data penelitian dikumpulkan melalui dua pendekatan utama: uji teknis dan evaluasi pengalaman pengguna. Pengujian fungsional aplikasi dilakukan melalui *Blackbox Testing* untuk memeriksa kinerja aplikasi sesuai spesifikasi teknis yang ditentukan tanpa memerlukan akses ke struktur internal perangkat lunak. Evaluasi pengalaman pengguna dilakukan dengan bantuan *User Experience Questionnaire (UEQ)*,

yang bertujuan untuk mengukur kualitas interaksi pengguna dari beberapa dimensi kunci, termasuk atraksi, kejelasan, efisiensi, dan stimulasi.

### 3.4 Instrument Pengumpulan Data

Dua instrumen utama digunakan dalam penelitian ini:

- *Blackbox Testing*: Metode ini digunakan untuk mengukur aspek fungsionalitas dan stabilitas aplikasi secara operasional. Blackbox Testing difokuskan pada pengujian output aplikasi terhadap input yang diberikan, seperti kompatibilitas pada perangkat Android yang beragam dan respon aplikasi terhadap tindakan pengguna.
- *User Experience Questionnaire (UEQ)*: Instrumen UEQ menyediakan pengukuran kuantitatif untuk pengalaman pengguna dari dimensi utama yang telah divalidasi. UEQ dipilih karena fleksibilitasnya dalam mengukur berbagai aspek UX dan kemampuannya untuk memberikan gambaran yang komprehensif terkait kepuasan pengguna.

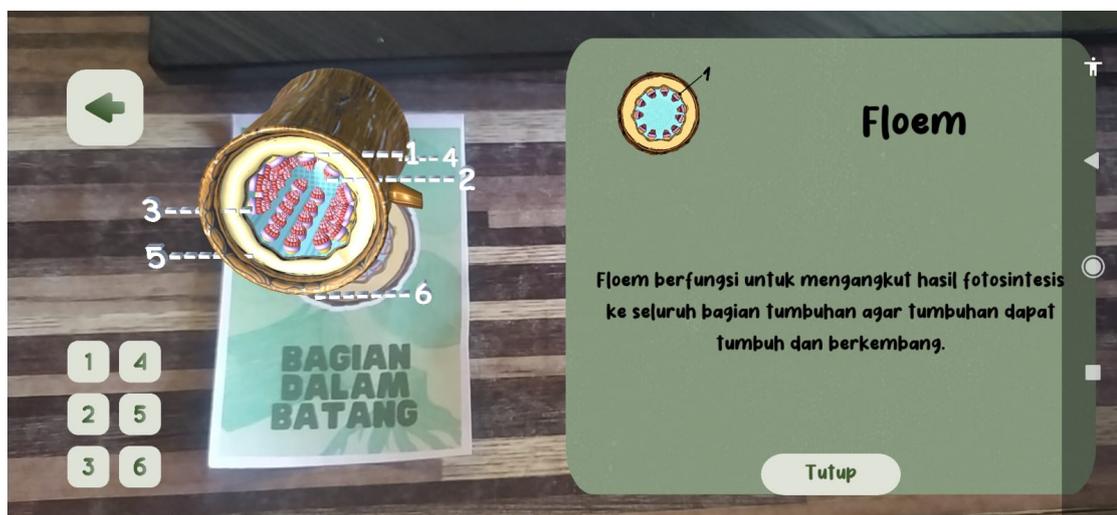
### 3.5 Analisa Data

Data teknis yang diperoleh melalui Blackbox Testing dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi ketepatan fungsi dan stabilitas aplikasi. Setiap ketidaksesuaian atau masalah teknis dicatat dan dianalisis untuk perbaikan aplikasi pada iterasi berikutnya. Sementara itu, data pengalaman pengguna dari hasil kuesioner UEQ dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk menghasilkan skor pada setiap dimensi pengalaman pengguna, yang mencakup daya tarik, kejelasan, efisiensi, dan stimulasi. Skor yang diperoleh digunakan untuk mengukur kualitas aplikasi dari perspektif pengguna, dan hasil analisis ini diinterpretasikan untuk memahami bagaimana aplikasi ini berkontribusi pada pemahaman dan motivasi belajar siswa.

## 4. TEMUAN & DISKUSI

### 4.1 Temuan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji aplikasi Augmented Reality (AR) berbasis Android yang dirancang untuk memvisualisasikan struktur dan fungsi tumbuhan sebagai bagian dari pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di tingkat sekolah menengah pertama. Temuan penelitian ini mencakup hasil dari evaluasi teknis melalui Blackbox Testing serta analisis pengalaman pengguna menggunakan User Experience Questionnaire (UEQ). Hasil yang diperoleh menunjukkan kinerja aplikasi yang memadai dalam memenuhi spesifikasi teknis dan efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman siswa. Cuplikan aplikasi AR dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 1. Materi AR Struktur Bagian dalam Batang Pohon

#### 4.1.1 Hasil Pengujian Teknis (Blackbox Testing)

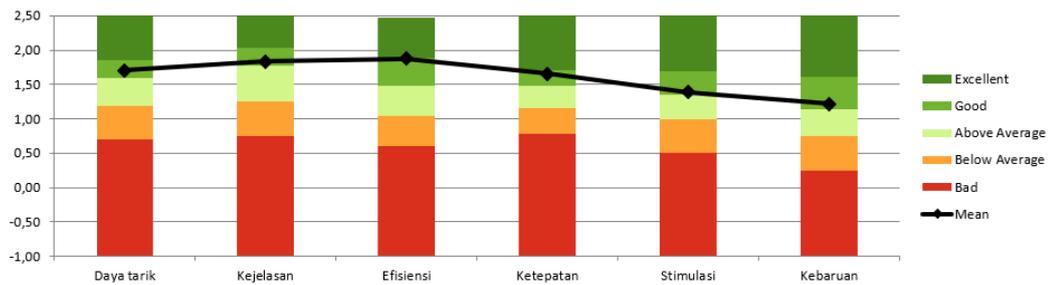
Uji fungsionalitas aplikasi menunjukkan bahwa setiap fitur yang dikembangkan telah memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan. Blackbox Testing mengonfirmasi kompatibilitas aplikasi pada berbagai perangkat Android serta stabilitasnya dalam memberikan respons yang akurat terhadap interaksi pengguna. Tidak ditemukan kesalahan kritis selama pengujian, menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat berfungsi secara andal dalam berbagai situasi penggunaan yang mungkin terjadi dalam lingkungan pendidikan. Hasil pengujian *blackbox* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian *Blackbox*

No.	Feature yang diuji	Deskripsi pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1.	Tampilan 3D Struktur Tumbuhan	Menampilkan model 3D dari struktur tumbuhan ketika pengguna mengarahkan kamera ke marker tertentu	Model 3D tumbuhan muncul dengan jelas dan dapat dirotasi	Model 3D tampil dan dapat dirotasi dengan lancar	✓
2.	Interaksi dengan Model 3D	Menguji kemampuan pengguna untuk memperbesar, memperkecil, dan memutar model 3D	Pengguna dapat memperbesar, memperkecil, dan memutar model dengan baik	Semua interaksi bekerja sesuai harapan	✓
3.	Navigasi Menu Utama	Menguji tombol-tombol navigasi pada menu utama, seperti tombol “Mulai”, “Panduan”, dan “Keluar”	Setiap tombol berfungsi dan mengarahkan ke layar yang benar	Semua tombol berfungsi sesuai harapan	✓
4.	Kompatibilitas Perangkat Android	Menguji aplikasi pada berbagai perangkat dengan versi Android 8.0 ke atas	Aplikasi dapat diinstal dan dijalankan pada berbagai perangkat	Kompatibel dengan semua perangkat yang diuji	✓
5.	Penggunaan Kamera untuk Deteksi Marker	Menguji apakah kamera perangkat dapat mendeteksi marker dengan cepat dan akurat	Kamera mendeteksi marker dalam waktu < 2 detik	Marker terdeteksi dalam waktu rata-rata 1,5 detik	✓
6.	Stabilitas Aplikasi	Menjalankan aplikasi selama 30 menit untuk melihat apakah ada crash atau lag	Aplikasi tetap berjalan tanpa crash atau lag	Tidak ada crash atau lag selama 30 menit	✓
7.	Antarmuka Pengguna (UI)	Menguji kejelasan tampilan antarmuka dan respons antarmuka terhadap berbagai tindakan pengguna	Semua elemen UI terlihat jelas dan responsif terhadap input	Antarmuka responsif dan mudah digunakan	✓
8.	Penggunaan Suara Narasi	Menguji fungsi suara narasi yang memberikan deskripsi pada bagian tumbuhan	Suara narasi terdengar jelas saat model 3D diakses	Suara narasi terdengar dengan baik	✓
9.	Panduan Penggunaan	Menguji aksesibilitas dan kejelasan panduan penggunaan dalam aplikasi	Panduan mudah diakses dan berisi instruksi yang jelas	Panduan dapat diakses dan mudah dimengerti	✓

#### 4.1.2 Evaluasi Pengalaman Pengguna (*User Experience Questionnaire*)

Analisis data dari UEQ mengungkapkan bahwa aplikasi ini memperoleh skor tinggi pada dimensi-dimensi pengalaman pengguna, termasuk daya tarik (mean = 1.70), kejelasan (mean = 1.83), efisiensi (mean = 1.88), Ketepatan (mean = 1.65), kebaruan (mean = 1.21) dan stimulasi (mean = 1.38). Partisipan memberikan umpan balik positif terkait antarmuka yang intuitif dan interaksi yang memotivasi, dengan mayoritas menyatakan bahwa visualisasi 3D tumbuhan yang disediakan oleh aplikasi membantu mereka dalam memahami struktur dan fungsi biologis dengan lebih baik. Skor stimulasi yang tinggi menunjukkan bahwa aplikasi ini tidak hanya membantu dalam pemahaman materi tetapi juga meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam mempelajari topik tersebut. Hasil user experience questionnaire dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 2. Hasil *User Experience Questionnaire*

#### 4.1.3 Peningkatan Pemahaman dan Minat Belajar

Berdasarkan hasil evaluasi, aplikasi ini memberikan dampak positif dalam memfasilitasi pemahaman siswa terhadap materi pembelajaran IPA yang abstrak. Visualisasi berbasis AR terbukti mampu mengatasi kesenjangan yang dihadapi dalam metode pembelajaran tradisional, memungkinkan siswa untuk mengamati struktur tumbuhan secara real-time dalam konteks dunia nyata. Umpan balik dari partisipan menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi ini secara signifikan meningkatkan minat belajar mereka, dengan sebagian besar partisipan melaporkan bahwa pendekatan AR membuat materi pembelajaran lebih mudah dipahami dan menarik.

#### 4.1.4 Peningkatan Pemahaman

Studi ini memberikan kontribusi yang signifikan pada literatur terkait penggunaan teknologi AR dalam pendidikan sains. Integrasi AR dalam aplikasi ini tidak hanya mendukung pemahaman konsep biologis yang kompleks tetapi juga menambah pengalaman belajar yang lebih mendalam dan interaktif bagi siswa. Hasil penelitian ini mendukung potensi penerapan AR dalam kurikulum pendidikan, menawarkan pendekatan baru yang dapat diimplementasikan secara luas untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran IPA di tingkat sekolah menengah pertama.

### 4.2 Diskusi

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi Augmented Reality (AR) yang dikembangkan memiliki performa yang baik dalam mendukung pembelajaran struktur dan fungsi tumbuhan pada siswa sekolah menengah pertama. Secara keseluruhan, aplikasi ini tidak hanya memenuhi spesifikasi teknis melalui pengujian fungsional, tetapi juga memperoleh skor tinggi dalam evaluasi pengalaman pengguna, yang diukur melalui *User Experience Questionnaire* (UEQ). Diskusi ini berfokus pada implikasi temuan terkait setiap dimensi UX, yakni daya tarik, kejelasan, efisiensi, ketepatan, stimulasi, dan kebaruan. Dimensi *daya tarik* (mean = 1.70) dan *kejelasan* (mean = 1.83) mendapatkan penilaian yang baik dari partisipan, dengan 10% hasil lebih baik dan 75% hasil lebih buruk dari benchmark. Skor ini menunjukkan bahwa antarmuka dan desain visual aplikasi mampu menarik perhatian dan memfasilitasi interaksi yang intuitif bagi pengguna. Visualisasi 3D dari struktur tumbuhan, serta kemudahan navigasi dalam aplikasi, memungkinkan siswa untuk secara aktif terlibat dalam proses pembelajaran. Temuan ini konsisten dengan penelitian terdahulu (Puggioni dkk., 2021), yang menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran melalui representasi visual yang menarik dan interaktif. Pada dimensi *efisiensi* (mean = 1.88) dan *ketepatan* (mean = 1.65), aplikasi memperoleh peringkat "Good" dengan skor efisiensi berada dalam 10% hasil terbaik dari benchmark. Hasil ini mengindikasikan bahwa aplikasi dapat memfasilitasi proses pembelajaran secara cepat dan tepat sasaran. Penggunaan fitur AR yang memungkinkan siswa untuk memperbesar, memutar, dan memeriksa model 3D tumbuhan secara detail mendukung pemahaman yang lebih mendalam tanpa memerlukan waktu yang lama. Efisiensi ini sangat penting dalam lingkungan pembelajaran digital, di mana perhatian siswa perlu dikelola secara efektif untuk mencapai hasil belajar yang optimal (Kartini dkk., 2024). Dimensi *stimulasi* (mean = 1.38) dan *kebaruan* (mean = 1.21) menunjukkan bahwa aplikasi ini mampu menawarkan pengalaman belajar yang baru dan menarik bagi siswa, meskipun berada pada rentang skor yang sedikit lebih rendah dibandingkan dimensi lainnya. Sebagai alat bantu pembelajaran yang relatif baru di kalangan siswa, AR memberikan stimulasi visual dan pengalaman yang berbeda dibandingkan metode konvensional. Hasil ini mendukung penelitian (Vergara dkk., 2022), yang mengemukakan bahwa teknologi AR dapat meningkatkan motivasi belajar melalui pendekatan yang inovatif. Skor kebaruan yang baik mencerminkan potensi AR untuk menghadirkan konsep pembelajaran yang sebelumnya sulit divisualisasikan dalam lingkungan nyata, sehingga memberikan pengalaman belajar yang unik. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa aplikasi AR yang dikembangkan dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam pendidikan sains, khususnya untuk topik-topik yang memerlukan visualisasi abstrak. Integrasi AR dalam kurikulum IPA memungkinkan

siswa untuk membangun pemahaman yang lebih dalam melalui eksplorasi visual yang intuitif. Efektivitas aplikasi ini dalam meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar siswa juga menunjukkan bahwa teknologi AR memiliki potensi untuk diadopsi secara lebih luas dalam lingkungan pendidikan, terutama dalam mendukung pendekatan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*). Keberhasilan aplikasi ini dalam meningkatkan daya tarik dan efisiensi belajar memberikan landasan bagi penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi penerapan AR dalam berbagai disiplin ilmu lainnya. Temuan ini juga menyiratkan perlunya pengembangan lebih lanjut dalam aspek stimulasi dan kebaruan untuk meningkatkan keterlibatan siswa. Pembaruan konten yang lebih dinamis serta penambahan elemen gamifikasi dapat menjadi pertimbangan untuk iterasi aplikasi selanjutnya, guna memaksimalkan potensi AR dalam menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan berkelanjutan.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi Augmented Reality (AR) yang dikembangkan efektif dalam mendukung pemahaman siswa terhadap struktur dan fungsi tumbuhan dalam pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Aplikasi ini memenuhi spesifikasi teknis dan memberikan pengalaman pengguna yang baik, dengan skor tinggi pada dimensi *daya tarik*, *kejelasan*, *efisiensi*, dan *ketepatan*. Implementasi AR berhasil meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa, serta memberikan visualisasi yang intuitif terhadap konsep-konsep abstrak, menjawab tujuan penelitian dalam mendukung pembelajaran yang lebih interaktif dan mendalam.

Namun, terdapat beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Skor pada dimensi *stimulasi* dan *kebaruan* masih relatif lebih rendah, menunjukkan bahwa aplikasi ini perlu penyempurnaan untuk menjaga minat siswa dalam jangka panjang. Sebagai saran, penelitian selanjutnya dapat mengatasi kelemahan ini dengan menambahkan elemen gamifikasi atau konten dinamis yang lebih bervariasi, sehingga aplikasi AR dapat terus menarik perhatian siswa dan memberikan pengalaman belajar yang berkesinambungan. Peningkatan ini diharapkan dapat memperkuat efektivitas AR sebagai alat bantu pembelajaran yang lebih inovatif dan interaktif di berbagai konteks pendidikan.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada para siswa dan guru yang telah berpartisipasi dalam pengujian aplikasi serta memberikan umpan balik yang sangat berharga. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Pendidikan Ganesha atas dukungan fasilitas dan sarana penelitian, serta bimbingan yang telah diberikan oleh rekan-rekan dosen dan staf pendukung dalam proses pengembangan aplikasi ini.

Penulis juga menghargai dukungan dari pihak keluarga dan teman-teman yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat selama proses penelitian berlangsung. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan teknologi pendidikan, khususnya dalam pembelajaran berbasis Augmented Reality di Indonesia.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- AlNajdi, S. M. (2022). The effectiveness of using augmented reality (AR) to enhance student performance: using quick response (QR) codes in student textbooks in the Saudi education system. *Educational Technology Research and Development*, 70(3), 1105–1124. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10100-4>
- Juniantari, N. K. R., Pengguna, P., & Questionnaire, U. E. (2021). Analisis Sistem Informasi Dpmpstp Menggunakan Metode User Dpmpstp Information System Analysis Using the User Experience. 4(1), 31–37. <https://doi.org/10.33387/jiko>
- Kartini, K. S., Lukman, N. H., Informatika, T., Pakerisan, J. T., & Model, T. A. (2024). IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY MATA PELAJARAN MOLEKUL KIMIA. 4(1), 33–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.59458/jwl.v4i1.70>
- Ketut Sepdyana Kartini, I Nyoman Tri Anindia Putra, Nur Haliza Lukman, G. W. W. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality pada Materi Molekul Kimia Berbasis Android Tingkat SMA. *E-TECH Jurnal Ilmiah Teknologi Pendidikan*, 11(2), 1–5. <https://doi.org/10.1007/XXXXXX-XX-0000-00>
- Pratiwi, A. P., & Riyanto, J. (2022). Aplikasi Pembelajaran Pengenalan Struktur Tumbuhan untuk Anak Usia Dini menggunakan Augmented Reality. *Journal of Engineering, Technology, and Applied Science*, 4(2), 78–85. <https://doi.org/10.36079/lamintang.jetas-0402.382>
- Puggioni, M., Frontoni, E., Paolanti, M., & Pierdicca, R. (2021). ScoolAR: An Educational Platform to Improve Students' Learning through Virtual Reality. *IEEE Access*, 9, 21059–21070. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3051275>

- Putra, I. N. T. A., Kartini, K. S., Putra, P. S. U., Adnyana, I. N. W., & Pande, N. K. N. N. (2021). Design and Development of Interactive Media Application Based on Android Case Study of Hydrocarbon Chemical Lesson Materials. *2021 6th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)*, 113–117. <https://doi.org/10.1109/CONMEDIA53104.2021.9616994>
- Schrepp, M. (2023). User Experience Questionnaire Handbook v10(03.05.2023). URL: <https://www.researchgate.net/publication/303880829>{\_}User{\_}Experience{\_}Questionnaire{\_}Handbook{\_}Version{\_}2.(Accessed: 02.02.2017), 1–16. [www.ueq-online.org](http://www.ueq-online.org)
- Vergara, D., Ghobadi, M., Shirowzhan, S., Ghiai, M. M., Ebrahimzadeh, F., & Tahmasebinia, F. (2022). Augmented Reality Applications in Education and Examining Key Factors Affecting the Users' Behaviors. *Education Sciences*, 13. <https://doi.org/10.3390/educsci13010010>
- Wen, Y., Wu, L., He, S., Ng, N. H. E., Teo, B. C., Looi, C. K., & Cai, Y. (2023). Integrating augmented reality into inquiry-based learning approach in primary science classrooms. *Educational Technology Research and Development*, 71(4), 1631–1651. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10235-y>