

Penggunaan Teknologi *Augmented Reality* pada Aplikasi Bangun Ruang Sederhana Berbasis *Unity* dan *Vuforia Engine*

Fahmy Syahputra¹, Teuku Naufal², Echon Haqnizo³, Wahyu Ramadhi⁴,
Naomi Pranatasyah⁵, Fauzan Fachruzi⁶, Rivany Virenia⁷

¹⁻⁷Universitas Negeri Medan, Indonesia

Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221

Korespondensi penulis : teungkunaufal@gmail.com

Abstract. *Advances in augmented reality (AR) technology have opened up new possibilities in learning, such as help with mathematics. The aim of this research is to develop a simple interactive learning application for building rooms based on AR technology using Unity and Vuforia Engine. This application is designed to help students understand spatial geometry concepts visually and interactively so as to increase interest and understanding of the subject matter. This application development uses Unity as a development platform and Vuforia Engine as an SDK to facilitate AR integration. This application creates a more interesting learning experience and supports the visualization of geometric objects such as cones, cubes, tubes, balls and pyramids. AR technology allows students to interact with these objects in a 3D environment, which can be very helpful in clarifying concepts and formulas that are difficult to understand using traditional learning media. It is hoped that this research can provide innovative solutions to improve the quality of geometry learning in schools.*

Keywords: *Interactive Learning, Augmented Reality, Build Space, Unity, Vuforia Engine.*

Abstrak. Kemajuan teknologi augmented reality (AR) telah membuka kemungkinan-kemungkinan baru dalam pembelajaran, seperti bantuan dalam matematika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran Interaktif bangun ruang sederhana berbasis teknologi AR menggunakan Unity dan Vuforia Engine. Aplikasi ini dirancang untuk membantu siswa memahami konsep geometri spasial secara visual dan interaktif sehingga meningkatkan minat dan pemahaman terhadap materi pelajaran. Pengembangan aplikasi ini menggunakan Unity sebagai platform pengembangan dan Vuforia Engine sebagai SDK untuk memfasilitasi integrasi AR. Aplikasi ini menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan mendukung visualisasi objek bangun ruang seperti kerucut, kubus, Tabung, Bola, dan limas. Teknologi AR memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan objek-objek tersebut dalam lingkungan 3D, yang bisa sangat membantu dalam memperjelas konsep-konsep dan Rumus yang sulit dipahami menggunakan media pembelajaran tradisional. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi inovatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran geometri di sekolah.

Kata kunci: Pembelajaran Interaktif, Augmented Reality, Bangun Ruang, Unity, Vuforia Engine.

1. LATAR BELAKANG

Dalam dunia pendidikan, terutama pada bidang matematika, pemahaman siswa terhadap konsep bangun ruang seringkali menjadi tantangan tersendiri. Pembelajaran bangun ruang yang hanya mengandalkan buku teks atau gambar dua dimensi kurang mampu memberikan gambaran yang jelas dan mendalam tentang bentuk dan sifat-sifat bangun ruang. Siswa sering kali kesulitan memvisualisasikan objek-objek geometris dalam bentuk tiga dimensi (3D), yang berdampak pada rendahnya pemahaman konsep dan motivasi belajar.

Seiring dengan perkembangan teknologi, Augmented Reality (AR) telah muncul sebagai solusi inovatif dalam mendukung proses pembelajaran yang lebih interaktif dan menarik. AR

memungkinkan integrasi antara dunia nyata dengan objek virtual, sehingga memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan model bangun ruang secara langsung. Dalam konteks pembelajaran matematika, penggunaan AR diharapkan dapat meningkatkan visualisasi, pemahaman, dan pengalaman belajar siswa terhadap materi bangun ruang.

Teknologi AR yang dikembangkan melalui platform Unity dan Vuforia Engine memberikan kemudahan bagi pengembang untuk merancang aplikasi yang dapat memvisualisasikan bangun ruang dalam bentuk 3D. Unity merupakan salah satu platform pengembangan game dan aplikasi interaktif yang mendukung berbagai fitur untuk membuat pengalaman pengguna lebih dinamis, sedangkan Vuforia Engine merupakan salah satu software development kit (SDK) terkemuka yang mendukung pengembangan aplikasi berbasis AR.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran bangun ruang sederhana berbasis AR menggunakan Unity dan Vuforia Engine, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep bangun ruang. Dengan aplikasi ini, siswa dapat memanipulasi dan mengamati bangun ruang dari berbagai sudut pandang, yang diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan menyenangkan.

2. KAJIAN TEORITIS

Pembelajaran Matematika dan Visualisasi Bangun Ruang

Pembelajaran matematika, khususnya pada materi bangun ruang, memerlukan kemampuan visualisasi yang baik. Menurut penelitian sebelumnya, visualisasi adalah komponen penting dalam memahami konsep-konsep geometri, terutama dalam menggambarkan hubungan spasial antara objek-objek 3D (Battista, 1999). Metode pembelajaran tradisional, seperti penggunaan gambar 2D atau model fisik, sering kali tidak cukup untuk membantu siswa dalam memahami bentuk-bentuk geometri yang kompleks. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang dapat menyajikan visualisasi yang lebih realistis dan interaktif.

Teknologi Augmented Reality (AR) dalam Pembelajaran

Augmented Reality adalah teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan elemen-elemen virtual secara real-time. Dalam pendidikan, AR memungkinkan siswa untuk belajar melalui interaksi langsung dengan objek-objek virtual yang ditampilkan di atas lingkungan

fisik. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan siswa, serta pemahaman terhadap materi yang diajarkan (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Dalam konteks pembelajaran bangun ruang, AR memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengamati dan memanipulasi objek-objek geometri dalam bentuk 3D dengan lebih mudah.

Unity dan Vuforia Engine dalam Pengembangan Aplikasi Berbasis AR

Unity adalah salah satu platform pengembangan yang paling populer dalam pembuatan aplikasi interaktif, termasuk yang berbasis AR. Unity mendukung berbagai jenis perangkat, dari ponsel hingga perangkat virtual reality, dan menyediakan fitur-fitur canggih untuk pemodelan dan interaksi objek 3D. Sementara itu, Vuforia Engine adalah SDK yang dirancang khusus untuk mendukung pengembangan aplikasi AR. Vuforia memungkinkan pengenalan objek dan gambar dari dunia nyata yang kemudian dapat di-overlay dengan elemen-elemen virtual. Kombinasi Unity dan Vuforia telah banyak digunakan dalam pembuatan aplikasi pendidikan karena kemampuannya untuk menciptakan pengalaman interaktif yang realistis (Harb et al., 2017).

Teori Konstruktivisme dalam Pembelajaran

Penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran bangun ruang dapat dikaitkan dengan teori konstruktivisme, yang dikemukakan oleh Jean Piaget dan Lev Vygotsky. Menurut teori ini, pembelajaran adalah proses aktif di mana siswa membangun pemahaman baru berdasarkan pengalaman dan interaksi mereka dengan lingkungan. Teknologi AR memungkinkan siswa untuk terlibat dalam eksplorasi langsung terhadap objek-objek geometri, sehingga dapat membangun pemahaman konseptual yang lebih mendalam (Jonassen, 1991).

Keefektifan Media Interaktif dalam Pembelajaran

Media pembelajaran interaktif, seperti aplikasi AR, memiliki keunggulan dalam meningkatkan partisipasi siswa. Berbeda dengan metode pasif seperti ceramah atau penjelasan menggunakan gambar, media interaktif memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar secara aktif dan mandiri (Mayer, 2005). Interaksi langsung dengan konten melalui manipulasi objek 3D dalam aplikasi AR juga dapat meningkatkan kemampuan spasial siswa, yang merupakan keterampilan penting dalam memahami konsep bangun ruang (Sorby, 2009).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran bangun ruang sederhana berbasis Augmented Reality (AR) yang menggunakan Unity dan Vuforia Engine. Aplikasi ini bertujuan untuk membantu siswa memvisualisasikan bentuk-bentuk geometris dalam tiga dimensi secara interaktif. Dengan teknologi AR, pengguna dapat melihat model bangun ruang virtual yang digabungkan dengan lingkungan nyata, serta berinteraksi dengan objek tersebut dari berbagai sudut pandang. Unity digunakan sebagai platform pengembangan aplikasi untuk menciptakan pengalaman interaktif, sementara Vuforia Engine memfasilitasi pengenalan gambar dan objek secara real-time. Aplikasi ini menyajikan cara baru dan lebih menarik dalam memahami konsep bangun ruang, meningkatkan motivasi siswa, serta memudahkan pembelajaran materi geometri yang seringkali abstrak jika hanya dijelaskan melalui media konvensional. (Tri Astari 2021)

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pengembangan aplikasi AR ini melalui beberapa tahapan penting. Pertama, dilakukan analisis kebutuhan pengguna dengan mengumpulkan data untuk memahami tantangan yang dihadapi dalam mempelajari bangun ruang serta fitur-fitur yang diharapkan dari aplikasi AR. Hal ini meliputi kebutuhan visualisasi bentuk tiga dimensi, interaksi dengan model geometris, dan integrasi teknologi AR dalam proses pembelajaran. (Apriyanti, Supriyadi, and Jayusman 2021) Selanjutnya, desain arsitektur sistem dilakukan dengan merancang diagram alir yang menunjukkan interaksi antara pengguna, kamera perangkat mobile, dan model bangun ruang virtual yang ditampilkan melalui Vuforia Engine. Pada tahap ini, dirancang antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan, serta memastikan bahwa aplikasi mampu menggabungkan dunia nyata dengan objek virtual secara akurat.

Tahap berikutnya adalah pengembangan modul AR dengan mengimplementasikan Unity sebagai platform pengembangan aplikasi dan Vuforia Engine untuk mendeteksi marker atau objek fisik yang akan diproyeksikan dengan model bangun ruang virtual. Proses ini melibatkan pembuatan model bangun ruang sederhana seperti kubus, tabung, dan Limas, yang dapat divisualisasikan dari berbagai sudut pandang. Pengujian awal dilakukan untuk memastikan model bangun ruang tampil dengan jelas dan tepat di lingkungan nyata. Kemudian, materi pembelajaran mengenai bangun ruang disiapkan, mencakup definisi serta perhitungan

volume dan luas permukaan untuk masing-masing bangun ruang. Materi ini diintegrasikan ke dalam aplikasi sehingga pengguna dapat mengakses penjelasan sambil memanipulasi model 3D melalui AR.

Desain dan implementasi fitur interaktif juga dilakukan, yang memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan model bangun ruang, seperti memutar objek, memperbesar atau memperkecil ukuran, serta mengubah perspektif tampilan. Setelah itu, aplikasi diintegrasikan dengan perangkat mobile menggunakan Unity dan Vuforia Engine, serta diuji pada berbagai perangkat untuk memastikan kompatibilitas dan performa optimal. Pengujian fungsionalitas aplikasi dilakukan dengan pengujian unit pada setiap fitur, termasuk deteksi marker, tampilan model, dan interaksi pengguna dengan objek 3D.

Sampel atau Spesimen

Sampel penelitian ini pengguna yang mempelajari bangun ruang menggunakan aplikasi AR berbasis Unity dan Vuforia Engine. Data interaksi mereka dengan aplikasi dikumpulkan untuk mengevaluasi tingkat pemahaman siswa tentang konsep bangun ruang serta keefektifan penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran.

1. Alat atau Mesin

- **Unity**

Unity digunakan sebagai platform utama dalam pengembangan aplikasi Augmented Reality (AR) untuk bangun ruang sederhana. Unity dipilih karena mendukung pengembangan game dan aplikasi 3D dengan antarmuka yang mudah digunakan serta memiliki ekosistem yang luas untuk pengembangan AR. Selain itu, Unity memungkinkan integrasi dengan berbagai platform perangkat seperti Android dan iOS, sehingga aplikasi AR dapat digunakan di berbagai perangkat mobile. Unity juga mendukung scripting menggunakan C# yang fleksibel dalam mengembangkan logika interaktif dan manipulasi objek 3D. (Bagus and Mahendra 2016)

- **Vuforia Engine**

Vuforia adalah platform AR yang terintegrasi dengan Unity untuk memungkinkan aplikasi mendeteksi gambar, objek, dan lingkungan nyata. Dengan Vuforia, aplikasi ini dapat mengenali marker atau gambar fisik, yang kemudian digunakan sebagai referensi untuk menampilkan model 3D bangun ruang di layar perangkat mobile. Vuforia menyediakan kemampuan tracking yang kuat dan akurat, sehingga objek virtual dapat tetap sejajar dengan

dunia nyata meskipun pengguna menggerakkan perangkat mereka. Teknologi ini memfasilitasi pengalaman AR yang realistis dan interaktif bagi siswa.(Indriani, Sugiarto, and Purwanto 2016)

- **Blender atau 3D Modeling Software**

Blender atau software sejenis digunakan untuk membuat model 3D dari bangun ruang yang akan divisualisasikan dalam aplikasi AR. Dengan menggunakan software 3D modeling, bangun ruang seperti kubus, tabung, limas, dan lainnya dibuat dengan akurasi tinggi untuk digunakan dalam aplikasi. Model yang dihasilkan kemudian diekspor dan diimpor ke Unity untuk diintegrasikan ke dalam aplikasi. Penggunaan Blender memungkinkan pengembangan model dengan berbagai detail dan variasi yang disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran.(Zebua, Nadeak, and Sinaga 2020)

- **Smartphone atau Tablet dengan Kamera**

Perangkat mobile seperti smartphone atau tablet dengan kamera digunakan sebagai media untuk menjalankan aplikasi AR. Kamera pada perangkat berfungsi untuk mendeteksi marker atau objek fisik yang digunakan sebagai referensi dalam menampilkan objek 3D. Siswa menggunakan kamera pada perangkat mereka untuk berinteraksi dengan model bangun ruang yang diproyeksikan ke lingkungan nyata. Penggunaan perangkat mobile memberikan fleksibilitas dan portabilitas dalam pembelajaran, memungkinkan siswa untuk menggunakan aplikasi di berbagai tempat.(Wijaya 2022)

- **Marker atau Gambar Referensi**

Marker atau gambar referensi digunakan untuk memicu tampilan model AR pada layar perangkat. Gambar referensi ini dapat berupa pola tertentu atau objek fisik yang telah didaftarkan dalam Vuforia untuk dikenali oleh aplikasi. Ketika kamera perangkat mengenali marker, model 3D bangun ruang akan muncul di layar, memungkinkan pengguna untuk melihat dan memanipulasi model tersebut. Marker ini biasanya dicetak dan diberikan kepada siswa sebagai bagian dari materi pembelajaran.(Maryani 2015)

- **Database**

Database digunakan untuk menyimpan informasi mengenai materi pembelajaran dan hasil interaksi siswa dengan aplikasi. Materi yang berkaitan dengan bangun ruang, seperti definisi, sifat-sifat, serta latihan, disimpan di dalam database dan diakses oleh aplikasi saat diperlukan. Selain itu, data mengenai kemajuan siswa, seperti hasil interaksi dan jawaban soal,

juga disimpan di dalam database untuk memberikan umpan balik personalisasi bagi setiap siswa. Alat dan mesin ini bekerja secara sinergis untuk menciptakan pengalaman belajar yang interaktif dan inovatif bagi siswa, memungkinkan mereka untuk mempelajari konsep bangun ruang dengan cara yang lebih menarik dan mendalam menggunakan teknologi Augmented Reality.

Cara Pengujian dan Akuisisi Data

1. Pengujian Fungsional Aplikasi AR

Memastikan bahwa semua fitur utama aplikasi AR berfungsi dengan baik, termasuk tampilan bangun ruang 3D, interaksi dengan objek AR, dan kemampuan mendeteksi marker. Langkah-langkah:

- **Pengujian Deteksi Marker:** Aplikasi diuji dengan menggunakan berbagai marker (gambar referensi) untuk memastikan Vuforia dapat mengenali dan melacak marker dengan akurasi tinggi. Uji dilakukan dengan variasi sudut kamera, pencahayaan, dan jarak marker dari perangkat.
- **Pengujian Tampilan Model 3D:** Setiap bangun ruang 3D yang dibuat diuji untuk memastikan tampilannya sesuai dengan marker yang dikenali. Uji ini juga mencakup posisi, skala, dan orientasi model 3D agar model virtual tetap stabil di tempat yang tepat.
- **Pengujian Interaksi Pengguna:** Aplikasi diuji untuk memastikan pengguna dapat berinteraksi dengan model 3D (memutar, memperbesar, dan memperkecil) menggunakan gestur pada layar perangkat mobile.

2. Pengujian Kinerja Augmented Reality

Memastikan aplikasi AR berjalan lancar di berbagai perangkat, dengan tampilan model 3D yang stabil dan responsif. Langkah-langkah:

- **Pengujian Stabilitas Model 3D:** Aplikasi diuji untuk memastikan model bangun ruang tetap terlihat stabil di atas marker meskipun perangkat bergerak. Uji dilakukan dalam berbagai kondisi lingkungan untuk memastikan model tidak "melompat" atau kehilangan jejak marker.
- **Pengujian Waktu Pemrosesan:** Waktu yang diperlukan aplikasi untuk mendeteksi marker dan menampilkan model 3D dihitung. Target waktu

pemrosesan harus di bawah 1-2 detik untuk memberikan pengalaman interaktif yang responsif.

- Pengujian Performa di Berbagai Perangkat: Aplikasi diuji pada berbagai jenis smartphone dan tablet untuk memastikan performa tetap konsisten di semua perangkat, termasuk perangkat dengan spesifikasi rendah.

3. Pengujian Pengalaman Pengguna (User Experience Testing)

Mengukur kepuasan dan kenyamanan pengguna saat menggunakan aplikasi AR, termasuk antarmuka pengguna, kemudahan navigasi, dan kenyamanan visual. Langkah-langkah:

- Uji Visualisasi dan Kenyamanan Mata: Aplikasi diuji untuk memastikan tampilan visual tidak terlalu berat bagi mata pengguna, terutama dalam sesi penggunaan yang lama. Uji ini termasuk memastikan pencahayaan, warna, dan animasi model tidak mengganggu kenyamanan pengguna.
- Kuesioner Pengalaman Pengguna: Setelah menggunakan aplikasi, pengguna diminta mengisi kuesioner mengenai kemudahan penggunaan, kualitas visual, serta kesan keseluruhan mengenai aplikasi AR. Hasil dari kuesioner ini digunakan untuk memperbaiki aspek yang mungkin kurang intuitif atau nyaman.

4. Analisis Data Kinerja Aplikasi

Menganalisis data interaksi pengguna dengan aplikasi untuk mengidentifikasi pola penggunaan dan mengukur efektivitas pembelajaran. Metode:

- Analisis Pola Penggunaan: Data dari aplikasi mengenai waktu penggunaan, frekuensi interaksi dengan model 3D, serta sesi latihan dianalisis untuk melihat seberapa sering dan lama siswa menggunakan aplikasi untuk mempelajari bangun ruang.
- Analisis Hasil Latihan: Data jawaban kuis dianalisis untuk mengidentifikasi kesulitan siswa dalam memahami konsep tertentu. Misalnya, jika banyak siswa

melakukan kesalahan pada bagian tertentu, materi atau model AR dapat diperbaiki atau disesuaikan.

- Evaluasi Kinerja Aplikasi: Statistik performa aplikasi, seperti waktu deteksi marker, respons aplikasi, dan stabilitas model 3D, dianalisis untuk memastikan aplikasi berjalan sesuai harapan. Hasil analisis ini digunakan untuk optimasi lebih lanjut, seperti meningkatkan kecepatan atau kualitas grafik.

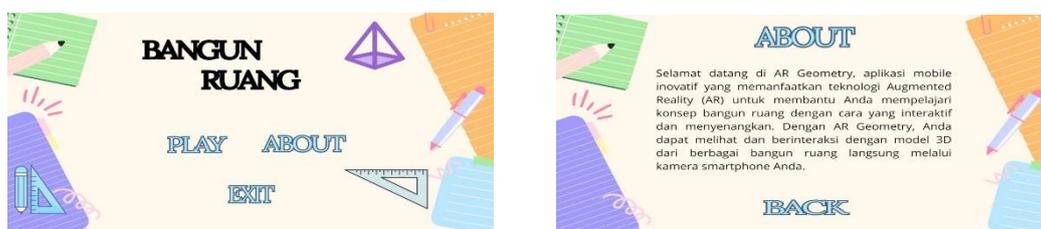
Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa aplikasi AR bangun ruang memberikan pengalaman belajar yang efektif, responsif, dan interaktif, sehingga dapat membantu memahami konsep bangun ruang secara lebih visual dan mendalam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran yaitu dengan penggunaan teknologi berbasis Augmented Reality (AR) yang membantu pengguna memahami konsep bangun ruang secara interaktif. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan Unity dan Vuforia Engine, dengan tujuan memfasilitasi pembelajaran geometri melalui visualisasi tiga dimensi yang lebih mendalam dan menarik. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja aplikasi dalam hal deteksi marker, interaksi pengguna dengan objek 3D, serta efektivitas aplikasi dalam meningkatkan pemahaman terhadap konsep bangun ruang.

Hasil Pengujian Fungsi AR

Pengujian aplikasi menunjukkan bahwa fitur AR berfungsi dengan baik, memungkinkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan model bangun ruang tiga dimensi secara real-time. Aplikasi AR ini berhasil menangkap marker dan memproyeksikan objek bangun ruang dengan tepat, yang memudahkan pengguna dalam memahami bentuk geometris dari berbagai sudut pandang. Berikut tampilan Awal pada Aplikasi:



Gambar 1

Hasil Pengujian

Kemudahan Penggunaan dan Kepuasan Pengguna, Hasil pengujian menunjukkan bahwa sebagian besar siswa merasa aplikasi ini mudah digunakan, dan mereka merasa puas dengan visualisasi dan interaksi yang diberikan. Pengguna merasa puas dengan pengalaman belajar menggunakan AR, karena mereka dapat lebih memahami bentuk-bentuk geometris yang sebelumnya sulit dibayangkan melalui pembelajaran konvensional. Berikut Tampilan isi dari aplikasi:



Gambar 2

Waktu Respons Aplikasi AR

Dimana pengujian waktu respons aplikasi AR ini dilakukan untuk memastikan aplikasi dapat menampilkan model bangun ruang dengan cepat setelah marker terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata waktu respons aplikasi adalah 1,5 detik dari saat marker terdeteksi hingga model 3D muncul. Stabilitas Waktu Respons: Meskipun kondisi pencahayaan dan ukuran marker bervariasi, aplikasi tetap dapat menjaga waktu respons di bawah 2 detik, yang memastikan bahwa siswa tidak mengalami gangguan selama pembelajaran.

Pengujian Ketahanan Sistem

Pengujian dilakukan dengan menjalankan aplikasi pada berbagai perangkat Android dengan spesifikasi berbeda. Aplikasi ini diuji pada perangkat dengan spesifikasi rendah hingga tinggi, dan hasilnya menunjukkan bahwa aplikasi berjalan dengan lancar pada perangkat dengan RAM minimal 2GB. Pada perangkat dengan spesifikasi lebih tinggi, aplikasi mampu memberikan pengalaman visual yang lebih halus dan interaksi yang lebih responsif. Namun, pada perangkat dengan spesifikasi lebih rendah, terdapat sedikit penurunan kehalusan tampilan, meskipun masih dapat digunakan dengan baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini yaitu mengembangkan aplikasi bangun ruang sederhana berbasis Unity dan Vuforia Engine yang memanfaatkan teknologi Augmented Reality. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan objek 3D secara real-time pada lingkungan nyata melalui perangkat mobile. Pengujian menunjukkan bahwa aplikasi ini efektif dalam melacak marker dan menampilkan objek 3D dengan akurasi yang baik, serta memberikan pengalaman interaktif yang intuitif bagi pengguna.

Aplikasi ini memiliki potensi besar untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti arsitektur, desain interior, dan pendidikan. Dengan kemampuan memvisualisasikan desain secara real-time, aplikasi ini dapat membantu pengguna memahami konsep desain dengan lebih baik dan membuat keputusan yang lebih informatif. Selain itu, aplikasi ini juga dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran yang efektif, terutama untuk mata pelajaran yang berkaitan dengan geometri dan visualisasi spasial.

Untuk pengembangan selanjutnya, beberapa fitur tambahan dapat dipertimbangkan, seperti:

- Peningkatan kualitas visual: Implementasi tekstur yang lebih detail dan efek pencahayaan yang lebih realistis dapat meningkatkan kualitas visual objek 3D.
- Interaktivitas yang lebih kompleks: Penambahan fitur interaksi, seperti kemampuan untuk mengubah ukuran, memindahkan, atau memodifikasi objek 3D, dapat meningkatkan fleksibilitas aplikasi.

Peningkatan kinerja aplikasi juga perlu dilakukan, terutama dalam hal optimasi penggunaan sumber daya perangkat. Hal ini penting untuk memastikan aplikasi dapat berjalan dengan lancar pada berbagai jenis perangkat mobile. Selain itu, perlu dilakukan pengujian yang lebih komprehensif untuk mengidentifikasi dan memperbaiki bug yang mungkin terjadi.

DAFTAR REFERENSI

- Apriyanti, L., Supriyadi, S., & Jayusman, Y. (2021). E-learning sebagai media pembelajaran. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 10(1), 54–63.
- Bagus, I., & Mahendra, M. (2016). Implementasi augmented reality (AR) menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Universitas Udayana*, 9(1), 1–5.
- Indriani, R., Sugiarto, B., & Purwanto, A. (2016). Pembuatan augmented reality tentang pengenalan hewan untuk anak usia dini berbasis Android menggunakan metode image tracking Vuforia. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*, 73–78.
- Maryani, D. (2015). Pembuatan media pembelajaran interaktif bangun ruang matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 18–24.
- Astari, T. (2021). Evaluasi diseminasi virtual reality (VR) sebagai pembelajaran inovatif. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 75(17), 399–405. <https://doi.org/10.21137/jpp.2020.13.2.7>
- Wijaya, I. M. P. P. (2022). Aplikasi augmented reality pengenalan hewan berbasis Android menggunakan library Vuforia. *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika)*, 5(2), 173–181. <https://doi.org/10.47080/simika.v5i2.2220>
- Zebua, T., Nadeak, B., & Sinaga, S. B. (2020). Pengenalan dasar aplikasi Blender 3D dalam pembuatan animasi 3D. *Jurnal ABDIMAS Budi Darma*, 1(1), 18–21.
- Battista, M. T. (1999). The importance of spatial structuring in geometric reasoning. *Teaching Children Mathematics*.
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*.
- Harb, M., Abed, S., & Chalhoub, R. (2017). Development of augmented reality application for interactive learning. *International Journal of Engineering Education*.
- Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? *Educational Technology Research and Development*.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. Dalam R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (hlm. 31–48). Cambridge University Press.
- Sorby, S. A. (2009). Developing spatial thinking. *Engineering Design Graphics Journal*.