

Pengembangan Aplikasi AR Cinurawa untuk Agen Pengembang Properti Perumahan

Moh Herlambang Akasyah¹, Dinar Nugroho Pratomo^{1,*}

¹Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada;
begeniro@mail.ugm.ac.id

*Korespondensi: dinar.nugroho.p@ugm.ac.id;

Abstract – *The housing industry has experienced significant growth in recent years. However, the progress in the real estate industry's performance has not been balanced with the implementation of technology, resulting in home purchases still causing confusion and burden for many consumers. The activities involved in real estate transactions often require substantial resources, making them inefficient. The current advancement in hardware technology allows for easy computation and display of 3D objects. The ease of creating 3D models on computers can be utilized to provide a more detailed representation of houses to be sold, without the need to wait for the construction of sample houses by real estate agents. The created 3D house models can be presented to prospective buyers through various means, one of which is using Android-based augmented reality (AR) technology. The AR application utilizes the Marker-Based method and is developed using Unity and Vuforia. The results of this research indicate that the use of augmented reality applications can assist in the marketing of housing properties. The application offers a more interactive experience and facilitates a clearer understanding of the properties being offered for potential buyers. AR enables prospective buyers to view realistic 3D house models through their mobile devices. This AR application has the potential to enhance the effectiveness of housing property marketing.*

Keywords – *Augmented Reality, Unity, Vuforia, Marker-Based, Residential Property*

Intisari – Industri perumahan telah mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Peningkatan dalam performa industri properti tidak berimbang dengan penerapan teknologi yang mengakibatkan pembelian rumah masih dapat menimbulkan kebingungan dan beban bagi banyak konsumen. Aktivitas transaksi properti perumahan yang memerlukan banyak sumber daya seringkali tidak efisien. Perkembangan teknologi perangkat keras saat ini memungkinkan komputasi untuk menampilkan objek 3D dapat dilakukan dengan mudah. Kemudahan dalam pembuatan model 3D pada komputer dapat dimanfaatkan untuk memberikan gambaran yang lebih detail tentang rumah yang akan ditransaksikan, tanpa harus menunggu pembangunan rumah sampel dari agen industri perumahan. Model 3D rumah yang telah dibuat dapat disampaikan kepada calon pembeli melalui berbagai cara, salah satunya menggunakan teknologi *augmented reality* (AR) berbasis Android. Aplikasi AR ini menggunakan metode *Marker-Based* dan dikembangkan menggunakan *Unity* dan *Vuforia*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi *augmented reality* dapat membantu dalam pemasaran properti perumahan. Aplikasi ini memberikan pengalaman yang lebih interaktif dan memudahkan calon pembeli untuk memahami dengan lebih jelas tentang properti yang ditawarkan. AR memungkinkan calon pembeli melihat model 3D rumah secara nyata melalui perangkat *mobile* mereka. Aplikasi AR ini memiliki potensi untuk meningkatkan efektivitas dalam pemasaran properti perumahan.

Kata kunci – *Augmented Reality, Unity, Vuforia, Marker-Based, Properti Perumahan*

I. PENDAHULUAN

Industri perumahan telah mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Sampai dengan kuartal 3 tahun 2022, kinerja tahunan (*year on year*) sektor industri properti (*real estate*) bertumbuh sebesar 2,17% melanjutkan pertumbuhan tahun sebelumnya yang juga positif. Kinerja sektor industri properti (*real estate*) secara per kuartal (*q on q*) pada kuartal 3 tahun 2022, juga mengalami pertumbuhan sebesar 0,02% dari kuartal sebelumnya [1].

Peningkatan performa industri properti tidak sejalan dengan penerapan teknologi yang memudahkan transaksi, menyebabkan kebingungan dan beban bagi konsumen saat membeli rumah. Agen perumahan masih menggunakan gambar "rumah sampel" pada brosur untuk menarik calon pembeli, tetapi metode tradisional ini memiliki keterbatasan dalam memberikan gambaran yang menyeluruh dan menarik. Calon pembeli harus mengunjungi rumah sampel untuk mendapatkan gambaran yang detail, yang juga merepotkan bagi agen dan memakan waktu dan biaya.

Kegiatan transaksi properti perumahan yang membutuhkan banyak sumber daya juga tidak efisien. Dalam

upaya meningkatkan efisiensi, pengembangan teknologi perangkat keras memungkinkan komputasi yang mudah untuk menampilkan objek 3D. Model 3D rumah dapat digunakan sebagai medium untuk memberikan gambaran mendetail tanpa harus menunggu pembangunan rumah sampel.

Penggunaan teknologi *augmented reality* (AR) berbasis Android menjadi salah satu cara untuk menyampaikan model 3D rumah kepada calon pembeli dengan pengalaman yang interaktif dan mendetail. Teknologi ini dapat menampilkan model 3D dari rumah yang ada di buku katalog dari berbagai sudut dan membantu dalam pemasaran properti perumahan [2]. Penerapan teknologi AR mampu meningkatkan kinerja dengan memungkinkan banyak calon pembeli untuk dapat memvisualisasikan bagaimana gambaran detail properti yang akan dibeli terlihat dan meminimalkan kegiatan mereka untuk mengunjungi rumah sampel ketika akan membuat keputusan untuk membeli [3]. Teknologi *Augmented Reality* (AR) merupakan aplikasi yang menggabungkan dunia nyata dengan dunia digital berbentuk 2D maupun 3D yang secara bersamaan diproyeksikan di lingkungan dunia nyata [4]. AR dapat mengubah brosur perumahan menjadi lebih hidup dan memungkinkan pengguna melihat representasi virtual dari

properti yang akan dibeli. Teknologi AR juga telah digunakan dalam berbagai sektor seperti pendidikan, industri, dan hiburan. Penelitian ini fokus pada penerapan AR dalam industri properti perumahan.

II. DASAR TEORI

A. C#

C# adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh Microsoft. Bahasa ini dirancang untuk membangun aplikasi yang berjalan di platform Microsoft.NET [5]. C# memiliki sintak yang mirip dengan bahasa C++ dan Java, tetapi dengan fitur-fitur tambahan. C# digunakan secara luas dalam pengembangan aplikasi *desktop*, *web*, dan *mobile*, serta dalam pengembangan permainan. Bahasa pemrograman C# menawarkan dukungan yang kuat untuk pemrograman berorientasi objek, pemrograman generik, dan pemrograman berbasis komponen.

B. Object Oriented Programming

Object Oriented Programming (OOP) adalah pendekatan dalam pengembangan perangkat lunak yang mengatur perangkat lunak sebagai kumpulan objek yang memiliki data dan fungsi-fungsi terkait. OOP merupakan teknik pemrograman yang berfokus pada pengorganisasian dan pengelompokan konsep ke dalam objek yang memiliki atribut dan perilaku tertentu. OOP dapat membantu memecah kompleksitas sistem menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan terorganisir, sehingga mempermudah pemeliharaan, pengembangan, dan reusabilitas kode [6].

C. Model 3D

Model 3D merupakan objek tiga dimensi yang memiliki bentuk, volume, dan ruang yang ditentukan oleh koordinat X, Y, dan Z. Model 3D terdiri dari elemen-elemen pembentuk seperti *Vertex*, *Edge*, dan *Face*. *Vertex* merupakan titik yang dinyatakan dalam koordinat X, Y, Z. Ketika dua *Vertex* digabungkan, mereka membentuk *Edge*. *Vertex* dan *Edge* yang membentuk bidang permukaan akan membentuk *Face*. Kombinasi dari *Vertex*, *Edge*, dan *Face* ini membentuk sebuah objek utuh yang disebut dengan *Mesh* [7].

D. Augmented Reality

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan objek maya dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata, kemudian memproyeksikan objek maya tersebut secara berkelanjutan dalam waktu nyata [4].

E. Unity Game Engine

Unity adalah sebuah *Game Engine* yang dikembangkan oleh Unity Technologies. *Unity* pertama kali diumumkan dan diluncurkan pada bulan Juni 2005 di *Apple Worldwide Developers Conference* sebagai *game engine* eksklusif untuk platform Mac OS X [8]. Hingga Tahun 2023, *Unity* telah dikembangkan untuk mendukung lebih dari 25 platform [8].

F. Vuforia

Vuforia adalah sebuah *Software Development Kit* (SDK) untuk membuat aplikasi *Augmented Reality* pada berbagai perangkat, seperti *smartphone*, tablet, dan perangkat *wearable*. *Vuforia* dikembangkan oleh perusahaan *software* Amerika Serikat bernama PTC dan dapat diintegrasikan dengan *Unity Game Engine* [9].

G. Multimedia Development Life Cycle

Multimedia Development Life Cycle (MDLC) merupakan suatu siklus pengembangan produk multimedia yang dimulai dengan tahap analisis produk, pengembangan produk, dan peluncuran [10]. Meskipun memiliki akar pengembangan yang sama dengan *Software Development Life Cycle* (SDLC), MDLC memiliki karakteristik yang unik terkait dengan pengembangan dan penggunaan elemen multimedia. Aplikasi permainan memiliki kompleksitas dalam pengembangan aplikasi yang menyebabkan model pengembangan yang terpisah dan lebih spesifik menggunakan *Game Development Life Cycle* (GDLC) meski merupakan bagian dari produk multimedia non-linear. Secara umum, MDLC digunakan untuk membangun produk multimedia linear dan non-linear.

H. Unified Modeling Language

Unified Modeling Language (UML) merupakan standar bahasa yang digunakan di industri untuk mendefinisikan *requirement*, melakukan analisis dan desain, serta menggambarkan arsitektur dalam pemrograman berorientasi objek [11]. UML menyediakan notasi yang jelas dan konsisten untuk mengkomunikasikan ide, konsep, dan struktur dalam pengembangan perangkat lunak. Melalui penggunaan diagram-diagram yang terdefinisi dalam UML seperti *Use Case*, *Class*, *Sequence*, dan lainnya.

I. Use Case Diagram

Use case diagram adalah salah satu bentuk pemodelan yang digunakan untuk menggambarkan penggunaan dari sistem yang akan dibangun. Diagram ini berfokus pada interaksi antara pengguna sistem (aktor) dengan sistem itu sendiri melalui sebuah cerita atau skenario penggunaan. *Use case diagram* membantu dalam mengidentifikasi fungsi-fungsi utama yang akan diimplementasikan dalam sistem.

J. Black Box Testing

Black box testing merupakan metode pengujian yang dilakukan untuk memeriksa apakah semua fungsi perangkat lunak berjalan dengan benar sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan, tanpa memperhatikan struktur atau implementasi internal dari perangkat lunak tersebut [12].

III. METODOLOGI

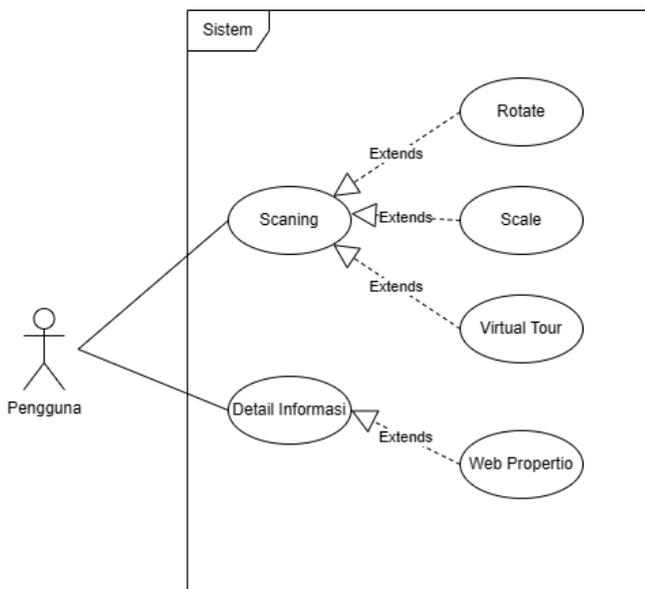
Metode yang akan digunakan pada pengembangan aplikasi adalah *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) versi Luther-Sutopo [10]. MDLC memiliki 6 tahap yang perlu dilakukan dalam pengembangan di antaranya sebagai berikut.

A. Konsep (Concept)

Proses transaksi jual beli properti perumahan masih menggunakan metode “rumah sampel” sebagai penggambaran rumah yang akan ditransaksikan. Pihak agen perumahan diharuskan untuk membangun rumah terlebih dahulu untuk dapat memberikan gambaran detail rumah kepada calon pembeli, sedangkan calon pembeli diharuskan untuk datang ke lokasi “rumah sampel” supaya dapat mengetahui detail rumah yang akan dibeli. Tujuan dikembangkannya aplikasi AR perumahan merupakan sebagai medium untuk menjembatani pihak agen perumahan dan calon pembeli dalam memperlihatkan dan melihat detail properti yang akan ditransaksikan tanpa harus menghabiskan banyak sumber daya.

B. Perancangan (Design)

Use case diagram merupakan diagram yang dibuat untuk menggambarkan skenario sistem dari sisi penggunaanya. Use case diagram pada aplikasi AR memiliki 1 aktor yang melambangkan pengguna aplikasi yang akan dikembangkan. Use case diagram aplikasi AR dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Use case diagram Aplikasi AR

C. Pengumpulan bahan (Material collecting)

Pengumpulan bahan merupakan tahap dalam pengembangan aplikasi AR untuk mengumpulkan bahan yang dibutuhkan dalam proses pengembangan aplikasi AR. Bahan yang dibutuhkan dalam pengembangan aplikasi AR adalah sebagai berikut:

1. Model 3D Rumah

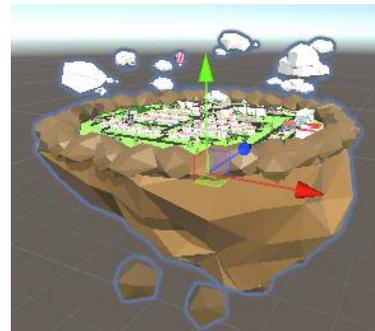
Model 3D rumah adalah objek yang akan muncul ketika kamera berhasil mengidentifikasi markah yang telah ditentukan. Model ini akan dipakai untuk dua markah, yaitu markah eksterior dan markah interior dengan menghilangkan atap dari model rumah. Model 3D rumah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model rumah

2. Model 3D Siteplan

Model 3D siteplan adalah objek yang muncul ketika kamera berhasil mengidentifikasi markah untuk siteplan. Model 3D siteplan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Model siteplan

3. Gambar Markah

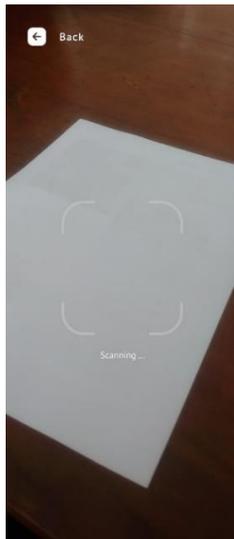
Gambar markah adalah gambar yang digunakan untuk mengidentifikasi di mana dan objek apa yang akan dimunculkan ketika kamera berhasil mengidentifikasi gambar. Aplikasi AR yang akan dikembangkan akan menggunakan tiga gambar markah yang terintegrasi dengan brosur seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Brosur Cinurawa

D. Perakitan (*Assembly*)

Aplikasi AR dikembangkan menggunakan *Unity Game Engine 2021.3.16f1* dan *Vuforia Engine 10.12.3*. Antarmuka (UI) pada aplikasi AR menggunakan objek *canvas* bertipe “*Screen space – overlay*” supaya elemen yang ada pada *ui* selalu ditampilkan pada layar dan tidak tertutup objek lain. Aplikasi memiliki menu utama yang berisi dua tombol, di antaranya tombol untuk membuka *AR Camera* dan tombol untuk membuka halaman informasi perumahan. Halaman *AR Camera* yang belum menemukan gambar markah yang telah ditentukan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Halaman *AR Camera*

1. Eksterior Rumah

AR Camera akan menampilkan model rumah eksterior ketika kamera berhasil memindai gambar markah yang telah ditentukan. Tampilan *AR Camera* ketika berhasil memindai gambar markah rumah eksterior dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Scan* rumah eksterior

2. Interior Rumah

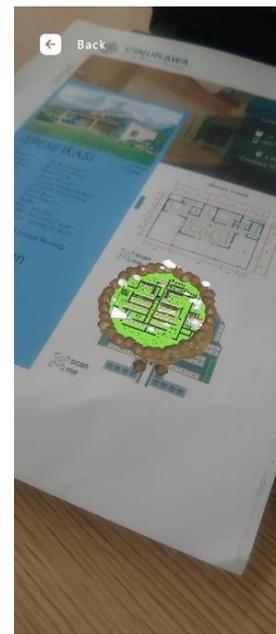
AR Camera akan menampilkan model rumah interior ketika kamera berhasil memindai gambar markah yang telah ditentukan. Tampilan *AR Camera* ketika berhasil memindai gambar markah rumah interior dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Scan* rumah interior

3. Lingkungan *Siteplan*

AR Camera akan menampilkan model *siteplan* ketika kamera berhasil memindai gambar markah yang telah ditentukan. Tampilan *AR Camera* ketika berhasil memindai gambar markah *siteplan* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Scan Siteplan*

E. Pengujian (*Testing*)

Tahap pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa aplikasi yang telah dikembangkan berjalan sesuai dengan yang telah disepakati. Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan metode *black box* ke seluruh fungsi yang dikembangkan untuk mengetahui apakah fungsi sudah berjalan dengan baik atau masih terdapat permasalahan.

F. Distribusi (*Distribution*)

Tahap distribusi merupakan tahap terakhir dalam MDLC yang berfungsi sebagai tahap dalam merilis aplikasi ke publik. Tahap ini dilaksanakan apabila aplikasi sudah benar-benar siap dan telah melewati tahap testing.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Black Box Aplikasi AR

Pengujian aplikasi juga dilakukan dengan mengajukan kuesioner ke pihak terkait untuk mengevaluasi fungsionalitas aplikasi. Pengisi kuesioner merupakan tim pengembang dan pemasaran properti perumahan. Hasil dari pengujian yang dilakukan oleh perwakilan dari empat pengembang properti perumahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian *black box*

No	Elemen	Deskripsi	Kondisi	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual
6	Memutar objek 3D rumah eksterior	Pengguna melakukan <i>gestur twist</i> pada layar	Objek rumah eksterior tampil di layar	Objek 3D rumah eksterior berputar menurut sumbu Y	OK
7	Mengubah ukuran objek 3D rumah eksterior	Pengguna melakukan <i>gestur pinch</i> pada layar	Objek rumah eksterior tampil di layar	Objek 3D rumah eksterior berubah ukuran	OK
8	Memindai gambar markah rumah interior	Pengguna mengarahkan kamera AR ke gambar markah rumah interior	Pengguna berada di halaman AR <i>Camera "Scan Window"</i>	Menampilkan objek 3D rumah interior	OK
9	Memutar objek 3D rumah interior	Pengguna melakukan <i>gestur twist</i> pada layar	Objek rumah interior tampil di layar	Objek 3D rumah interior berputar menurut sumbu Y	OK
10	Mengubah ukuran objek 3D rumah interior	Pengguna melakukan <i>gestur pinch</i> pada layar	Objek rumah interior tampil di layar	Objek 3D rumah interior berubah ukuran	OK
11	Memindai gambar markah rumah <i>siteplan</i>	Pengguna mengarahkan kamera AR ke gambar markah rumah <i>siteplan</i>	Pengguna berada di halaman AR <i>Camera "Scan Window"</i>	Menampilkan objek 3D rumah <i>siteplan</i>	OK
12	Memutar objek 3D rumah <i>siteplan</i>	Pengguna melakukan <i>gestur twist</i> pada layar	Objek <i>siteplan</i> tampil di layar	Objek 3D rumah <i>siteplan</i> berputar menurut sumbu Y	OK
13	Mengubah ukuran objek 3D rumah <i>siteplan</i>	Pengguna melakukan <i>gestur pinch</i> pada layar	Objek <i>siteplan</i> tampil di layar	Objek 3D rumah <i>siteplan</i> berubah ukuran	OK
14	Arah hadap anotasi <i>siteplan</i>	Pengguna menggerakkan kamera memutar <i>siteplan</i>	Objek <i>siteplan</i> tampil di layar	Anotasi selalu menghadap kamera	OK
15	Membuka anotasi <i>siteplan</i>	Pengguna menekan anotasi <i>siteplan</i>	Objek <i>siteplan</i> tampil di layar	Anotasi menampilkan informasi yang tersedia	OK
1	Tombol "Info Perumahan"	Pengguna menekan tombol		Membuka halaman "Info Perumahan"	OK
2	Tombol "Back"	Pengguna menekan tombol	Pengguna berada di halaman "Info Perumahan"	Membuka halaman "Menu Utama"	OK
3	Tombol "Scan Now"	Pengguna menekan tombol		Membuka halaman AR <i>Camera "Scan Window"</i>	OK
4	Tombol "Back"	Pengguna menekan tombol	Pengguna berada di halaman AR <i>Camera "Scan Window"</i>	Membuka halaman "Menu Utama"	OK
5	Memindai gambar markah rumah eksterior	Pengguna mengarahkan kamera AR ke gambar markah rumah eksterior	Pengguna berada di halaman AR <i>Camera "Scan Window"</i>	Menampilkan objek 3D rumah eksterior	OK

No	Elemen	Deskripsi	Kondisi	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual
16	Menutup anotasi <i>sipeplan</i>	Pengguna menekan anotasi <i>siteplan</i>	Objek 3D <i>siteplan</i> tampil di layar dan anotasi <i>siteplan</i> terbuka	Anotasi menyembunyikan informasi tersedia	OK
17	Audio rekaman cinurawa	Pengguna melakukan pemindaian gambar markah	Pengguna berada di halaman AR <i>Camera "Scan Window"</i>	Audio rekaman cinurawa diputar	OK
18	Menampilkan tombol <i>"Virtual Tour"</i>	Pengguna melakukan pemindaian gambar markah	Pengguna berada di halaman AR <i>Camera "Scan Window"</i>	Tombol <i>"Virtual Tour"</i> ditampilkan	OK
19	Tombol <i>"Virtual Tour"</i>	Pengguna menekan tombol	Objek 3D rumah eksterior atau interior tampil di layar	Membuka situs web <i>virtual tour</i>	OK

B. Hasil Pengujian Pengaruh Aplikasi AR

Pengujian pengaruh dilakukan dengan mengajukan kuesioner ke pihak terkait. Pengisi kuesioner merupakan perwakilan dari 4 tim pengembang dan pemasaran properti perumahan yang beroperasi di daerah Tegal, Jawa Tengah. Penguji akan mencoba aplikasi AR yang telah dikembangkan dan mengisi sembilan pertanyaan pada kuesioner dengan menilai berdasarkan skala 1, yang berarti tidak membantu, sampai dengan 10, yang berarti sangat membantu. Hasil dari pengujian yang dilakukan oleh perwakilan dari empat pengembang properti perumahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata oleh pengembang perumahan

No. Pertanyaan	Fitur Yang Diuji	Nilai Rata - Rata
1	Halaman "Info Perumahan"	8.25
2	Fitur "Scan Rumah Eksterior"	7.75
3	Fitur "Scan Rumah Interior"	8.75
4	Fitur "Scan Peta Masterplan"	7
5	Fitur "Scale" model 3D	7.5
6	Fitur "Rotate" model 3D	7.25
7	Fitur "Anotasi" Masterplan	7.5
8	Fitur "Virtual Tour Rumah"	8.75
9	Teknologi <i>Augmented Reality</i> dalam meningkatkan pemasaran	8.5
Total		7.92

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh tim pengembang properti perumahan, didapatkan hasil rata - rata dari seluruh pertanyaan yang ada yaitu 7.92.

V. SIMPULAN

Aplikasi AR untuk membantu pemasaran properti perumahan telah berhasil dikembangkan dan telah dilakukan uji coba oleh beberapa pihak agen properti perumahan. Hasil yang dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa, aplikasi AR berhasil dikembangkan untuk membantu calon pembeli dan agen properti perumahan dalam melakukan transaksi properti. Berdasarkan survei yang telah dilakukan nilai rata-rata keseluruhan yang diberikan agen properti perumahan adalah 7.92. Fitur dari aplikasi AR yang paling penting dalam membantu transaksi properti perumahan merupakan fitur yang berhubungan dengan interior rumah. Berdasarkan survei, didapati pada fitur *scan* interior dan fitur *virtual tour* mendapatkan nilai rata-rata masing-masing 8.75 dari pihak agen perumahan. Fitur dari aplikasi AR yang perlu ditinjau ulang adalah fitur *scan* masterplan. Berdasarkan survei, 100% pihak agen perumahan memberikan nilai 7.

REFERENSI

- [1] "Data Pertumbuhan Industri Properti di Indonesia, 2011 - 2022." <https://www.dataindustri.com/produk/tren-data-pertumbuhan-industri-real-estate-properti/> (accessed Feb. 14, 2023).
- [2] Fernando, Y. *et al.*, 'Penerapan Teknologi Augmented Reality Katalog Perumahan Sebagai Media Pemasaran Pada PT. San Esha Arthamas', *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, 5(1), pp. 62–71, 2021.
- [3] Ambre, T. P. *et al.*, 'Implementation of the 3d Digitalized Brochure using Marker-based Augmented Reality for Real Estates', *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Research in Computing Applications, ICIRCA 2020*, pp. 483–487. doi: 10.1109/ICIRCA48905.2020.9183196, 2020.
- [4] B. Afifah, T. Widiyaningtyas, and U. Pujiyanto, "Pengembangan bahan ajar perakitn komputer bermuatan augmented reality untuk menumbuhkan keaktifan belajar siswa," *Tekno*, vol. 29, no. 2, p. 97, 2019, doi: 10.17977/um034v29i2p97-115.
- [5] L. Yeremia, D. Pangau, S. Tangkawarouw, G. Kaunang, and A. S. M. Lumenta, "Game Based Education: Pengenalan Peristiwa Sejarah Permesta di Minahasa," *J. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 2, pp. 203–208, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/informatika/article/view/23995>.
- [6] M. Rais, "Penerapan Konsep Object Oriented Programming Untuk Aplikasi Pembuat Surat," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 96–101, 2019, doi: 10.33387/protek.v6i2.1242.
- [7] M. Fadya and I. P. Sari, "Modelling 3D dan Animating Karakter pada Game Edukasi 'World War D' Berbasis Android," *Multinetics*, vol. 4, no. 2, pp. 43–48, 2018, doi: 10.32722/multinetics.vol4.no.2.2018.pp.43-48.
- [8] F. Jerga, "What Is The Unity Game Engine- All You Need To Know," *Eincode*, 2021. <https://medium.com/eincode/what-is-the-unity-game-engine-all-you-need-to-know-d4ce77a1b7d2> (accessed Jun. 05, 2023).
- [9] P. Inc, "Getting Started with Vuforia Engine in Unity," *Inc. PTC*. 2018, Accessed: Jun. 05, 2023. [Online]. Available: <https://library.vuforia.com/getting-started/getting-started-vuforia-engine-unity#about-vuforia-engine>.
- [10] R. Roedavan, B. Pudjoatmodjo, and A. P. Sujana, "Multimedia Development Life Cycle (MDLC)," *Teknol. dan Inf.*, no. Multimedia, p. 7, 2022, doi: 10.13140/RG.2.2.16273.92006.
- [11] D. W. T. Putra and R. Andriani, "Unified Modelling Language (UML) dalam Perancangan Sistem Informasi Permohonan Pembayaran Restitusi SPPD," *J. TeknolIf*, vol. 7, no. 1, p. 32, 2019, doi: 10.21063/jtif.2019.v7.1.32-39.
- [12] A. Fahrezi, F. N. Salam, G. M. Ibrahim, and R. Rahman, "Pengujian Black Box Testing pada Aplikasi Inventori Barang Berbasis Web di PT. AINO Indonesia," *J. Ilmu Komput. dan Pendidik.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2022.