

Augmented Reality dalam Pengenalan Koleksi Museum Karst Indonesia dalam Aplikasi Mobile

Bian Kusharyanto Ariadanu^{1*}, Muhammad Zakariyah²

^{1,2}Universitas Teknologi Yogyakarta, l. Siliwangi (Ringroad Utara), Jombor, Sleman, D.I. Yogyakarta, Indonesia 55285

e-mail: ¹bian.5200411378@student.uty.ac.id, ²muhammad.zakariyah@staff.uty.ac.id

*Corresponding author

Submitted Date: November 27th, 2023

Reviewed Date: December 18th, 2023

Revised Date: December 29th, 2023

Accepted Date: January 4th, 2024

Abstract

Museums serve as guardians of historical, cultural artifacts, and research outcomes. Yet, sharing collections with the public is vital to fostering appreciation for a museum's legacy and expanding knowledge. Regrettably, the Museum Karst Indonesia's collection introduction relies solely on text and images, lacking allure. This study aims to revolutionize this by employing Augmented Reality (AR) for a more captivating display. Through the AR application, visitors can explore the collection interactively, featuring 3D objects and real-time audio explanations drawn from the museum's Application Programming Interface (API). Employing the Multimedia Development Life Cycle (MDLC), this research rigorously tests the application using blackbox, distance, and lighting methods, showing its effectiveness within these parameters. Users engaging with markers should maintain a distance of 5 to 70 cm for accurate detection under suitable lighting conditions. AR's implementation anticipates enhancing the Museum Karst Indonesia's appeal as an educational tourist spot, enriching visitor experiences, and deepening comprehension of Indonesia's natural wealth.

Keywords: Augmented Reality; Museum; 3D Objects; API; Unity; Android;

Abstrak

Museum memegang peranan penting dalam penyimpanan dan pelestarian benda-benda yang memiliki nilai sejarah dan budaya, juga sebagai hasil dari penelitian. Namun, menghadirkan koleksi kepada masyarakat adalah elemen yang vital untuk meningkatkan kesadaran dan penghargaan terhadap warisan yang dimiliki museum guna memperkaya pengetahuan. Museum Karst Indonesia, sayangnya, hanya menggunakan tulisan dan gambar dalam pengenalan koleksinya, kurang memikat. Penelitian ini bertujuan menghadirkan pengenalan koleksi yang menarik dan inovatif dengan memanfaatkan Augmented Reality (AR). Melalui aplikasi AR, pengunjung dapat menjelajahi koleksi dengan lebih menarik dan informatif. Informasi terkait koleksi disajikan melalui objek 3D interaktif dan suara penjelasan secara real-time, didukung oleh data dari Application Programming Interface (API) koleksi museum. Penelitian ini menggunakan Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) dan menguji aplikasi dengan metode blackbox, jarak, dan kecerahan cahaya. Hasil uji menunjukkan aplikasi berjalan baik dengan metode pengujian yang telah ditetapkan. Pengguna harus berjarak antara 5 hingga 70 cm dari marker, dan kondisi cahaya memadai untuk deteksi yang tepat terhadap marker. Penggunaan teknologi AR ini diharapkan meningkatkan daya tarik Museum Karst Indonesia sebagai destinasi wisata edukatif, memperkaya pengalaman pengunjung, serta memperluas pemahaman tentang kekayaan alam Indonesia.

Kata Kunci: Augmented Reality; Museum; Objek 3D; API; Unity; Android

1. Pendahuluan

Museum adalah lokasi penemuan dan penelitian, termasuk artefak kuno dan hasil penelitian terbaru, disimpan dan dipamerkan untuk tujuan peningkatan pengetahuan. Berdasarkan

KBBI (2024) museum merupakan gedung yang digunakan sebagai tempat untuk pameran tetap benda-benda yang patut mendapat perhatian umum seperti peninggalan sejarah, seni, dan ilmu tempat menyimpan barang kuno. Museum juga dapat



digunakan sebagai tempat wisata edukasi bagi masyarakat (Istiqomah & Sabardila, 2023).

Museum Kars merupakan museum karst pertama di Indonesia yang terletak di Pracimantoro, Wonogiri, Jawa Tengah. Museum ini didirikan untuk mendukung Global Geopark Gunungsewu dan Kawasan Eco Karst. Koleksi museum mencakup berbagai batuan karst, artefak budaya, diorama, serta kerangka manusia prasejarah. Karst adalah hasil pelarutan batu kapur yang memerlukan ratusan ribu hingga jutaan tahun untuk membentuk gua, dolina, dan sungai bawah tanah. Meskipun demikian, pemahaman tentang fenomena ini masih terbatas.

Dalam perkembangan digital sekarang ini, remaja cenderung enggan mengunjungi museum karena pengaruh pesatnya teknologi hiburan dan kurangnya integrasi teknologi di dalam museum. Oleh karena itu, penting bagi museum untuk mengadopsi *Augmented Reality* (AR) sebagai alat untuk menarik minat mereka. Siswa yang mengunjungi museum, namun bukan karena ketertarikan pribadi terhadap museum tetapi hanya memenuhi pembelajaran dari sekolah.

Teknologi *Augmented Reality* (AR) memungkinkan objek dalam format dua atau tiga dimensi untuk tampil secara bersamaan dalam pengalaman dunia nyata, yang bisa menjadi daya tarik bagi generasi muda (Farianto et al., 2021). *Augmented Reality* teknologi dengan perpaduan dunia fisik dengan elemen-elemen virtual, sehingga tercipta kenyataan dan simulasi digital yang diciptakan oleh animasi 3D objek (Alzahran, 2020). Penerapan *Augmented Reality* menjadikan penggambaran objek dalam bentuk tiga dimensi secara visual (Krüger et al., 2023). Pengembangan AR dan penggunaan API dalam pengembangan aplikasi yang berguna untuk menarik data informasi terhadap koleksi museum dapat digunakan sebagai alat pembelajaran yang interaktif dan efektif untuk menyampaikan informasi tentang museum dan koleksinya (Iskhak & Rizkika, 2021).

Konteks kemudahan dan kecepatan transfer data serta penyajian data yang semakin kompleks dalam teknologi multimedia, penggunaan *Application Programming Interface* (API) menjadi tren dominan. Mobilitas transfer data yang mudah dan terpusat memungkinkan aplikasi untuk berinteraksi dan bertukar data dengan aplikasi lain, menciptakan ekosistem yang dinamis dan terhubung secara efisien (Priyatna & Hananto, 2020).

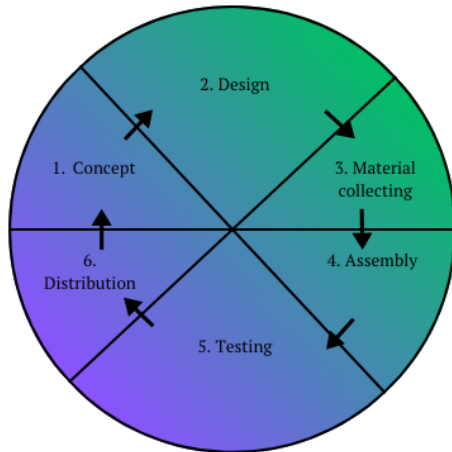
Penelitian aplikasi *Augmented Reality* (AR) ini dapat menjadi jembatan antara pengguna dan pengetahuan tentang Museum Karst Indonesia, termasuk batuan karst yang menjadi koleksinya. Dengan dibuatnya aplikasi *Augmented Reality* (AR) yang menggunakan metode *markerbase*, yang dimana memberikan penanda yang memiliki sebuah pola yang unik dalam warna hitam dan putih atau dapat berupa logo (Liu & Tanaka, 2021), yang nantinya marker dapat sebagai media yang dapat digunakan sebagai pemberi informasi (Magrini et al., 2022).

Penelitian relevan pertama dilakukan oleh Farianto et al., (2021) dengan tujuan pengenalan koleksi museum secara menarik dengan bantuan teknologi mutakhir terkini, dengan menggunakan metode *market based* dan *markerless tracking*. Penelitian selanjutnya penggunaan teknologi AR sebagai pembelajaran museum yang bertujuan memberi informasi atau pembelajaran tentang berbagai peninggalan benda prasejarah yang berasal dari kota Kediri (Kurniawan et al., 2022). Penelitian ke tiga mengenai aplikasi *Augmented Reality* yang bertujuan memberikan teknologi yang menarik dan interaktif untuk menarik pengunjung ke museum. Peneliti menggunakan metode multimedia interaktif menghasilkan aplikasi yang menampilkan bentuk museum dan koleksi museum (Marinda et al., 2019). Penelitian keempat bertujuan untuk menggabungkan pengenalan batik dengan teknologi *Augmented Reality* dalam model 3D (Lazuardy Oka G et al., 2022), dan penelitian ke lima mengenai aplikasi *augmented reality* yang bertujuan pembuatan game yang berbasis *Augmented Reality* sehingga masyarakat mendapatkan informasi tentang isi yang dipamerkan di dalam museum dan menjadikan ketertarikan dalam mencari informasi (Rahman et al., 2018).

Berdasarkan penelitian yang relevan di atas, dapat disimpulkan bahwa adanya beberapa kesamaan dan perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Tujuan dari penelitian ini pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR) dilakukan untuk memberikan pengenalan dan informasi koleksi Museum Karst Indonesia yang menarik dan inovatif dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* (AR) serta juga penggunaan *Application Programming Interface* (API) untuk memperbaharui terhadap isi dari deskripsi koleksi museum secara real time. Setelah itu dalam meneliti dilakukan pengujian *black box*, pengujian jarak, dan pengujian intensitas

cahaya guna memastikan pengenalan koleksi museum dapat disajikan secara menarik. Hasilnya adalah penyampain informasi koleksi museum yang lebih menarik dan interaktif dengan teknologi.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Metode MDLC

Gambar 1 merupakan dalam tahapan penelitian dan perancangan menggunakan metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Penggunaan Metode MDLC dapat menghasilkan aplikasi multimedia berkualitas tinggi (Wahyuni & Ananda, 2022). Metode MDLC melibatkan beberapa tahapan, seperti Konseptualisasi (*Concept*), Perancangan (*Design*), Pengumpulan Materi (*Material Collecting*), Pembuatan (*Assembly*), Uji Coba (*Testing*), dan Penyebaran (*Distribution*). (Roedavan et al., 2022).

2.1 Concept

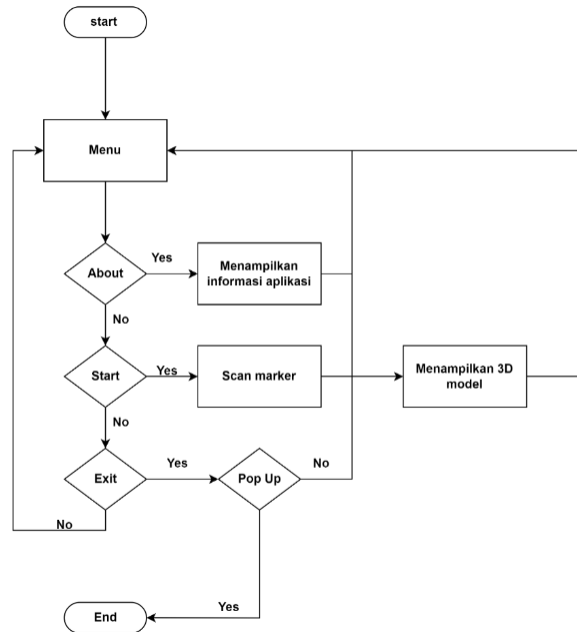
Tahapan ini merupakan tahapan diciptakannya aplikasi *Augmented Reality*, ini melibatkan analisis kebutuhan aplikasi, sasaran penggunaan aplikasi.

Tabel 1 *Concept* Analisis Kebutuhan Aplikasi

No	Judul	Augmented Reality dalam Pengenalan Koleksi Museum Karst Indonesia dalam Aplikasi Mobile
1	Pengguna	Pengunjung Museum
2	Sistem Operasi	Android
3	Gambar	Format gambar koleksi museum (.png)
4	Interaksi Aplikasi	Tombol Play, About, Exit

2.2 Design

Tahapan ini menentukan perancangan sistem yang akan berjalan dengan penggunaan *flowchart*. Tampilan *flowchart* aplikasi pada gambar 2.



Gambar 2. *Flowchart* sistem Aplikasi AR

2.3 Material Collecting

Fase ini dilakukan pengumpulan data merupakan sekumpulan informasi yang diperoleh sesuai dengan suatu teori tertentu dan juga nilai atau informasi yang terkumpul dari pengamatan terhadap objek yang spesifik (Taherdoost, 2021). Data berupa koleksi yang berbentuk data dan informasi yang terdapat pada museum. Sumber data yang didapatkan dari internet, artikel, serta jurnal publikasi sebelumnya.

Tabel 2 Tabel Pengumpulan Data

No	Data	Keterangan
1	Informasi koleksi museum	Berupa data yang berkaitan koleksi museum (internet, artikel, dan jurnal)
2	Objek 3D	Bonjek 3D koleksi museum dibuat dengan menggunakan aplikasi blander 3D dan diimplementasikan kedalam aplikasi.
3	Marker	Penanda seperti gambar atau logo yang berguna untuk <i>scan marker</i> .

2.4 Assembly

Tahapan ini akan digabungkan dari semua komponen dan elemen sehingga menjadi aplikasi yang utuh. Tahap *assembly* didasarkan dari tahapan desain yang telah dirancang sebelumnya.

2.5 Testing

Setelah digabungkan dan menjadi aplikasi yang utuh maka selanjutnya akan diuji oleh 1 orang pengujian untuk memastikan dan meminimalisir kesalahan dari aplikasi yang akan digunakan oleh pengguna. Memastikan kualitas sistem yang dikembangkan baik dengan menggunakan metode pengujian *blackbox*, pengujian jarak tangkap kamera terhadap *marker* (Riyanto & Jollyta, 2023), dan pengujian intensitas cahaya pada saat intensitas cahaya yang minim maka *marker* tidak dapat tertangkap kamera (Wicaksono et al., 2023).

2.6 Distribution

Aplikasi Augmented Reality dalam pengenalan koleksi Museum Karst Indonesia dalam bentuk aplikasi *mobile* telah diuji dan telah dinyatakan berhasil. Kemudian akan didistribusikan melalui *google drive*.

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah ini merupakan hasil dari proses perancangan aplikasi yang telah dilakukan, sehingga menghasilkan rancangan yang ditampilkan di bawah ini.

3.1 Tahap Analisis

Tahap analisis adalah tahapan analisa kebutuhan hardware yang dibutuhkan dalam perancangan aplikasi.

3.1.1 Analisis Kebutuhan Hardware

Berikut ini merupakan analisis dari spesifikasi perangkat keras yang dibutuhkan dalam proses perancangan aplikasi augmented reality:

1. Laptop
 - Jenis Laptop: Lenovo Ideapad slim 3
 - Sistem operasi: Windows 10
 - Prosesor: Intel I5 10TH Gen
 - VGA: Nvidia MX 330
 - RAM: 20 GB
 - SSD: 512 GB
2. Smartphone
 - Jenis Smartphone: Xiaomi Note 10 Pro
 - Sistem Operasi: Android 11
 - Prosesor: Qualcomm SnapdragonTM 732G

- Kamera: 108 MP
- Memory: 8 GB + 128 GB

3.2 Implementasi Web

Implementasi web berguna dalam pembuatan koneksi antar web admin dengan database CRUD. Berfungsi sebagai tempat pembuatan data, membaca data, mengubah data, dan menghapus data. Tampilannya dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Implementasi Tampilan Web Aplikasi AR

Data Koleksi Museum Karst Indonesia

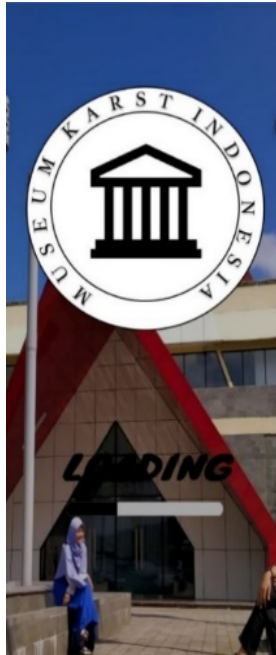
No	Nama	Nama Latin	Deskripsi	Aksi
1	Stalaktit	stalactite	Stalaktit merupakan suatu jenis speleothem atau mineral sekunder yang letaknya menggantung di langit-langit gua. Stalaktit memiliki struktur cupuk bening yang menjawa dalam golongan batu kalsium. Stalaktit bisa terbentuk dari kalsium karbonat yang mengendap atau mineral mineral lain yang mengendap pada larutan air.	Update Delete
2	Batu Kristal	Kuarsa	Batu kristal atau Kuarsa adalah istilah yang umumnya digunakan untuk mengacu pada berbagai jenis mineral atau batu dengan struktur kristal yang terbentuk secara alami. Batu kristal ditandai oleh kejernihan atau transparansi yang memungkinkan cahaya untuk melewati atau sebagian melewati batu tersebut. Batu kristal sering memiliki berbagai warna, bentuk, dan sifat unik tergantung pada jenis mineral yang membentuknya.	Update Delete
3	Terumbu karang	Coral reef	Terumbu karang adalah selang-seling hawan karang yang berkoloni dengan jenis tumbuhan alga yang disebut zooxanthellae. Terumbu karang termasuk dalam jenis Flum Cnidaria kelas Anthozoa yang memiliki bentuk.	Update Delete
4	Gua	-	Gua adalah sebuah formasi alami yang terbentuk di dalam bumi, biasanya memiliki rongga atau saluran-saluran yang luas dan terbentuk dari proses alamiah seperti pengikisan air atau aktivitas geologi lainnya. Gua dapat berfungsi sebagai habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna unik, serta menjadi tempat wisata atau penelitian bagi manusia.	Update Delete
5	Gurung Kapur	Kalsium Karbonat	Gurung Kapur atau Kalsium karbonat merupakan senyawa kimia yang banyak ditemukan pada batuan sedimen dan di alam seperti pada terumbu karang, gua, dan bebatuan. Senyawa ini juga digunakan dalam berbagai industri, seperti industri bahan kimia, farmasi, kosmetik, makanan, dan lain-lain.	Update Delete

Gambar 4. CRUD Pada Web Aplikasi AR

3.3 Tampilan Aplikasi

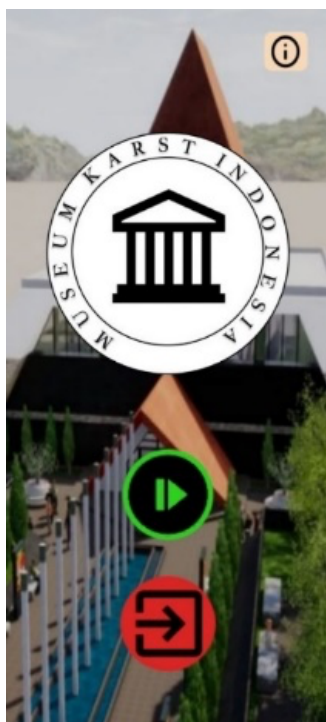
Setelah melalui serangkaian tahapan, hasil akhirnya adalah implementasi yang diterapkan pada platform *mobile* Android, yang terwujud dalam tampilan antarmuka pengguna (user interface) dari aplikasi ini, sehingga dapat dilihat sebagai berikut:

Splash Screen adalah tampilan pertama yang muncul saat aplikasi pertama kali dibuka untuk memberikan kesan pertama terhadap aplikasi. Berikut tampilan dari *splash screen* pada gambar 5.



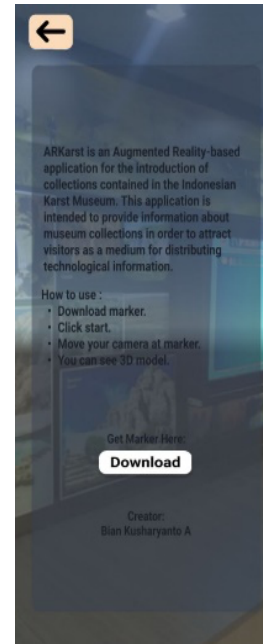
Gambar 5. *Splash Screen* Aplikasi AR

Tampilan halaman utama dari aplikasi yang terdapat 3 menu utama yaitu *ar camera*, *about*, dan *exit*. Tampilan menu utama ada pada gambar 6.



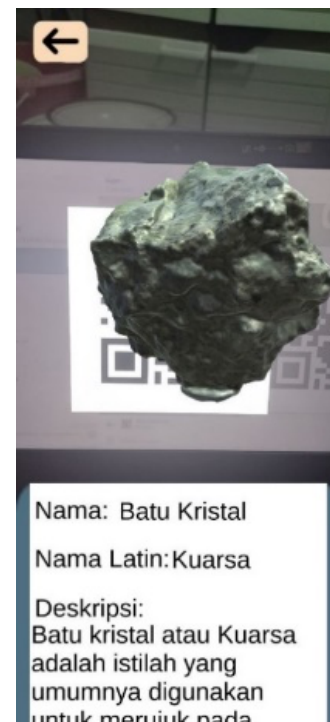
Gambar 6. Halaman Utama Aplikasi AR

Menu *about* merupakan menu yang berisi berupa penjelasan terhadap aplikasi, informasi aplikasi, dan informasi dari sipembuat. Tampilan halaman *about* pada gambar 7.



Gambar 7. Halaman *About* Aplikasi AR

Tampilan halaman ar berfungsi sebagai *scan marker* yang nantinya akan keluar penjelasan diskripsi 3D dari suara dan tulisan beserta objek 3D dari koleksi museum yang diambil dari API yang sudah dibuat. Tampilannya dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Halaman AR Camera dan Penjelasan

3.4 Hasil Uji Aplikasi

Setelah penyelesaian pembuatan aplikasi, langkah selanjutnya adalah menjalankan pengujian *blackbox testing*, pengujian jarak *scan marker*, dan pengaruh *scan marker* terhadap intensitas cahaya. *Blackbox testing* merupakan pengujian sistem di mana hanya aspek dasar sistem yang diuji. Dalam pengujian ini, fokus utamanya adalah pada *input* dan *output* sistem, tanpa memperhatikan rincian internal dari cara sistem tersebut bekerja. *Blackbox* juga fokus pada melakukan verifikasi fungsi-fungsi yang sudah dijabarkan dalam spesifikasi perangkat lunak (Burhan et al., 2023). Metode ini menilai apakah sistem berfungsi seperti yang diharapkan dari perspektif pengguna tanpa memeriksa proses internal yang mungkin terjadi di dalam sistem tersebut (Khan & Khan, 2012). Pada tahap ini, para pengujian hanya memiliki pemahaman terbatas mengenai tampilan dan fungsi yang ada dalam aplikasi. Hasil dari *blackbox testing* dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil dari tabel 1 dengan menggunakan metode *blackbox* mendapatkan hasil kinerja pada menu *splash screen* yang memastikan animasi *loading* berjalan sesuai dengan standar yang diharapkan saat aplikasi pertama kali dibuka. Selanjutnya pada halaman *about* pengujian berfokus pada kemampuan aplikasi untuk menampilkan halaman penjelasan secara benar ketika tombol "*about*" ditekan. Proses ini juga untuk memeriksa apakah aplikasi dapat mengarahkan pengguna ke menu *AR camera* dengan lancar saat menu *start* diaktifkan. Dalam konteks menu *AR camera*, pengujian dilakukan terhadap kemampuan aplikasi untuk menampilkan objek 3D, deskripsi 3D, dan penjelasan 3D sesuai dengan desain yang diharapkan saat kamera melakukan pemindaian *marker*. Terakhir, pada menu *exit*, pengujian mencakup kemampuan aplikasi untuk menampilkan pesan *pop-up exit*. Pengguna memiliki pilihan untuk kembali ke aplikasi atau menu *start* dengan menekan tombol "*no*" atau keluar dari aplikasi secara keseluruhan dengan menekan tombol "*yes*". Semua pengujian ini bertujuan untuk memastikan kinerja yang memadai dan pengalaman pengguna yang lancar dalam menggunakan aplikasi.

Tabel 3. Hasil *Blackbox* Testing Aplikasi AR

Fungsi	Skenario Uji	Reaksi Sistem	Hasil Uji
<i>Splash Screen</i>	Membuka aplikasi	<i>Loading</i> aplikasi pada <i>splash screen</i> berjalan sampai pindah ke menu utama.	Berhasil
Menu Utama	Mengklik tombol <i>Start</i>	Aplikasi menuji <i>Ar Camera</i> .	berhasil
	Mengklik tombol <i>about</i>	Aplikasi menuju halaman <i>about</i>	Berhasil
	Mengklik tombol <i>exit</i>	Aplikasi memunculkan <i>pop up</i> menu <i>exit</i>	Berhasil
Menu <i>About</i>	Mengklik tombol <i>about</i>	Aplikasi menampilkan informasi aplikasi	Berhasil
	Mengklik tombol kembali	Aplikasi kembali ke menu utama	Berhasil
Menu <i>Start</i>	Mengklik tombol <i>start</i>	Aplikasi beralih ke <i>AR camera</i>	Berhasil
Menu <i>Ar Camera</i>	Mengscan <i>marker</i>	<i>AR camera</i> menampilkan objek 3D	Berhasil
	Mengscan <i>marker</i>	<i>Ar camera</i> menampilkan deskripsi objek 3D yang ditampilkan dari API yang tersimpan didalam database	Berhasil
	Mengscan <i>marker</i>	<i>Ar camera</i> mengeluarkan suara penjelasan deskripsi dari objek 3D	Berhasil
Menu <i>Exit</i>	Mengklik tombol <i>Exit</i>	Memunculkan <i>pop up</i>	Berhasil
Menu <i>pop up exit</i>	Mengklik tombol <i>No</i>	Kembali ke halaman menu utama	Berhasil
	Mengklik tombol <i>Yes</i>	Keluar aplikasi	Berhasil



Table 4. Hasil Uji Jarak Jangkau Kamera Terhadap *Marker* Aplikasi AR

No	Skenario	Jarak	Keterangan
		<u>jangkauan (cm)</u> Xiaoumi Note 10 Pro	
1	Jarak	5 cm – 10 cm	Berhasil
	jangkauan terhadap <i>marker</i>	10 cm – 70 cm	Berhasil

Pada tabel di atas dapat di lihat bahwa dalam pengujian jarak *scan marker* dari jarak 5 cm sampai 10 cm maka *marker* terdeteksi kamera dan menampilkan objek 3D, pada jarak *scan marker* 10 cm – 70 cm *marker* masih terdeteksi kamera dan menampilkan objek 3D.

Table 5. Hasil Uji Intensitas Cahaya *Scan Marker* Aplikasi AR

No	Skenario	Device
		Xiaomi Note 10 Pro
1	Intensitas cahaya kurang	✓
2	Intensitas cahaya sedang	✓
3	Intensitas cahaya normal	✓
4	Intensitas cahaya lebih	✓

Dalam pengujian intensitas cahaya dengan hasil yaitu, untuk intensitas cahaya kurang – lebih *marker* bisa terdeteksi kamera dan memunculkan 3D objek.

4. Kesimpulan

Pengembangan aplikasi *Augmented Reality* sebagai pengenalan koleksi museum telah berhasil dikembangkan dalam teknologi android. Dengan dilakukannya serangkaian pengujian mulai dari pengujian *blackbox* yang berhasil menjalankan aplikasi sesuai yang diharapkan tanpa ada kesalahan, pengujian ketinggian *scan marker* yang dimana membutuhkan minimal 5 cm-70 cm untuk kamera dapat mengenali *marker*, pengetesan intensitas cahaya ruang yang kurang sampai intensitas cahaya yang lebih masih dapat ditangkap oleh kamera pada *scan marker*.

Hasil pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR) ini berhasil mencapai tujuan awal yaitu menjadikan aplikasi ini sebagai sarana untuk memberikan pengenalan dan informasi koleksi

Museum Karst Indonesia yang menarik dan inovatif dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* (AR).

Referensi

- Alzahrani, N. M. (2020). Augmented reality: A systematic review of its benefits and challenges in e-learning contexts. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 16). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app10165660>
- Burhan, M. I., Nawir, F., & Jariah, P. A. (2023). Rancang Bangun E-Commerce B-To-B pada PT. Mitra Kabel Indonesia Cabang Makassar. *Jurnal Manajemen Perbankan Keuangan Nitro*, 7(1), 26–37. <https://doi.org/10.56858/jmpkn.v7i1.209>
- Faiz Fathur Rahman, Surya Sumpeno, & Ahmad Zaini. (2018). *Gamification Wisata di Museum Mpu Tantular Berbasis Augmented Reality*.
- Farianto, W., Prasetyo, N. A., & Raharja, A. (2021). AUGMENTED REALITY OBJEK BERSEJARAH MUSEUM SOESILO SOEDARMAN MENGGUNAKAN METODE MARKER BASED DAN MARKERLESS. In *Novian Adi Prasetyo* (Vol. 6, Issue 2). <https://kbbi.web.id/museum>. (n.d.). KBBI.
- Iskhak, M., & Rizkika, S. (2021). *Implementasi metode pengujian equivalence partitioning pada pengembangan RESTful API Sistem Informasi Klinik Pratama UPN "Veteran" Yogyakarta*. 13–2021.
- Istiqomah, L. G., & Sabardila, A. (2023). PEMANFAATAN MUSEUM PATIAYAM SEBAGAI WISATA EDUKASI DI KUDUS. 10(2), 327–338. <https://doi.org/10.25157/jwp.v%vi%i.9649>
- Khan, M. E., & Khan, F. (2012). A Comparative Study of White Box, Black Box and Grey Box Testing Techniques. In *IJACSA International Journal of Advanced Computer Science and Applications* (Vol. 3, Issue 6). www.ijacsa.thesai.org
- Krüger, J. M., Palzer, K., & Bodemer, D. (2023). Corrigendum to 'Learning with augmented reality: Impact of dimensionality and spatial abilities' [Computers and Education Open, Volume 3 (December 2022), Article 100065]. *Computers and Education Open*, 100127. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100127>



- Kurniawan, D. E., Sanora, S., & Fatmawati, K. (2022). Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Virtual Museum Airlangga Kota Kediri. In *Universitas Nusantara PGRI Kediri. Kediri* (Vol. 1).
- Lazuardy Oka G, Toufan Diansyah Tambunan, & Ady Purna Kurniawan. (2022). *Implementasi Asset 3d Dan Animasi Augmented Reality Sebagai Media Pengenalan Kain Batik Berbasis Android Pada Museum Ndalem Gondosuli Laweyan*.
- Liu, B., & Tanaka, J. (2021). Virtual Marker Technique to Enhance User Interactions in a Marker-Based AR System. *Applied Sciences*, *11*(10), 4379. <https://doi.org/10.3390/app11104379>
- Magrini, M., Matarese, F., & Moroni, D. (2022). Test and Validation of a Multi-Block Solution for Improved Tracking in Outdoor Scenarios: A Case Study in the Pinocchio Park. *Information*, *13*(10), 449. <https://doi.org/10.3390/info13100449>
- Marinda, A., Efendi, Y., Informatika, T., Amik Riau, S., & Purwodadi Indah Km, J. (2019). APLIKASI MUSEUM SANG NILA UTAMA BERBASIS MOBILE DENGAN TEKNOLOGI 3D AUGMENTED REALITY. *JOISIE Journal Of Information System And Informatics Engineering*, *3*(1), 16–24.
- Priyatna, B., & Hananto, A. (2020). Implementation of Application Programming Interface (API) in Indonesian Dance and Song Application. In *SYSTEMATICS* (Vol. 2, Issue 2).
- Riyanto, D., & Jollyta, D. (2023). Penerapan Augmented Reality Pengenalan Sistem Pencernaan Manusia Dengan Metode Marker Based Tracking Sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer Dan Informasi*, *5*(1), 42–47.
- Roedavan, R., Pudjoatmodjo, B., & Putri Sujana, A. (2022). *MULTIMEDIA DEVELOPMENT LIFE CYCLE (MDLC)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16273.92006>
- Taherdoost, H. (2021). Data Collection Methods and Tools for Research; A Step-by-Step Guide to Choose Data Collection Technique for Academic and Business Research Projects. In *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)* (Vol. 10, Issue 1). <https://www.researchgate.net/publication/359596426>
- Wahyuni, D. Q., & Ananda, R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Interaktif Berbasis Android Pada Materi Bentuk Aljabar. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(1), 859–872. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i1.1294>
- Wicaksono, H., Sukmananda Suprpto, S., Tuwaidan, Y., Andria Kusuma, V., Rizqi Utami, A., Elektro, T., Teknologi Kalimantan Jl Soekarno Hatta No, I. K., Joang, K., Balikpapan Utara, K., Balikpapan, K., & Timur, K. (2023). Rancang Bangun Aplikasi Modul Praktikum Rangkaian Listrik Berbasis Augmented Reality. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, *5*, 217–224. <https://doi.org/10.32528/elkom.v5i2.8142>

