Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung (JPI)
Vol. 6 No. 2, Tahun 2025, e-ISSN: 2722-5771 https://doi.org/10.23960/jpi.v6n2.251

Pengembangan Aplikasi Location-Based Augmented Reality Berbasis ARCore Geospatial API untuk Pengenalan Warisan Budaya dan Sejarah Puri Kanginan Buleleng

I Putu Bayu Ananta Surya, I Gede Mahendra Darmawiguna, Made Windu Antara Kesiman

[1,2,3]Universitas Pendidikan Ganesha; Jl. Udayana No.11, Banjar Tegal, Singaraja, Kabupaten Buleleng, Bali; (0362) 22570

Keywords:
Location-Based Augmented Reality;
ARCore Geospatial API;
Warisan Budaya dan Sejarah;
Puri Kanginan Buleleng.

Corespondent Email:
bayu.id879@gmail.com

Abstrak. Mengenalkan warisan budaya dan sejarah merupakan tantangan yang membutuhkan sumber daya besar seperti dana, media, dan tenaga manusia, namun sering terkendala dalam implementasinya. Pada era digital, teknologi location-based Augmented Reality (LAR) menjadi solusi optimal untuk menghadirkan pengalaman berkunjung yang lebih interaktif dan atraktif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi location-based Augmented Reality berbasis ARCore Geospatial API untuk pengenalan warisan dan budaya Puri Kanginan Buleleng. Metode penelitian menggunakan SDLC dengan model waterfall yang terdiri dari tahap analisis, desain, implementasi, testing, deployment, dan maintenance. Aplikasi berfungsi sebagai pemandu wisata yang mengarahkan pengguna, serta menampilkan konten informasi 3D, video, dan animasi. Pengembangan aplikasi menggunakan software Unity 3D untuk pembuatan aplikasi, dan Blender 3D untuk pembuatan model 3D. Konten didukung suara narasi, dan teks dalam dua bahasa yaitu Indonesia dan Inggris. Hasil penelitian diperoleh dari empat pengujian. Blackbox testing menunjukkan seluruh skenario berjalan sesuai harapan. Uji Ahli Isi dan Uji Ahli Media memperoleh kualifikasi "Sangat Tinggi" dengan kriteria "Sangat Valid". Uji Respon Pengguna dengan UEQ terhadap 50 responden pengunjung puri, menghasilkan nilai benchmark "excellent" pada enam dimensi dengan nilai rata-rata: daya tarik: 2.61, kejelasan: 2.49, efisiensi: 2.40, ketepatan: 2.35, stimulasi: 2.60, dan kebaruan: 2.38. Sehingga, aplikasi dinilai sangat baik oleh pengguna dari berbagai aspek pengalaman.

Copyright © JPI (Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung).

Abstract. *Introducing cultural and historical heritage is a challenge that requires significant resources such as funding, media, and human resources, yet often faces limitations in its implementation. In the digital era, Location-Based Augmented Reality (LAR) offers an optimal solution to provide a more interactive and engaging visiting experience. This study aims to develop a Location-Based Augmented Reality application based on the ARCore Geospatial API for introducing the cultural and historical heritage of Puri Kanginan Buleleng. The research method applies the Software Development Life Cycle (SDLC) with the waterfall model, consisting of analysis, design, implementation, testing, deployment, and maintenance stages. The application functions as a virtual guide that directs visitors while presenting 3D information, videos, and animations. Development was carried out using Unity 3D for the application and Blender 3D for 3D modeling. Content is supported by narration and bilingual text (Indonesian and English). The results were obtained through four evaluations. Blackbox testing confirmed that all scenarios performed as expected. Expert validation in content and media achieved a "Very High" qualification with a "Very Valid" criterion.*

User responses were evaluated using the User Experience Questionnaire (UEQ) with 50 respondents visiting Puri Kanginan Buleleng. The benchmark results achieved "Excellent" in all six dimensions with mean scores as follows: attractiveness: 2.61, perspicuity: 2.49, efficiency: 2.40, dependability: 2.35, stimulation: 2.60, and novelty: 2.38. Thus, the application is considered highly effective in enhancing the user experience for cultural tourism.

1. PENDAHULUAN

Puri Kanginan Buleleng merupakan tempat tinggal keluarga raja yang memiliki arsitektur unik dari hasil akulturasi budaya, yaitu arsitektur kolonial belanda dan arsitektur tradisional bali yang menerapkan konsep *Tri mandala* dan *Catuspatha.* Puri saat ini dikelola oleh anak dari pengelingsir puri yaitu Anak Agung Ngurah Fajar Nugraha Pandji, S.H. Menurut penuturan beliau sebagai pengelola puri, menyatakan bahwa Puri Kanginan Buleleng telah ditetapkan sebagai Daerah Tujuan Wisata (DTW) oleh Dinas Pariwisata dan Dinas Kebudayaan dari tahun 2022, karena memiliki sejarah dan budaya yang berkaitan dengan asal-usul Kabupaten Buleleng serta Kota Singaraja. Namun, Puri Kanginan Buleleng memiliki hambatan dalam memberikan informasi terkait warisan budaya dan sejarah tersebut kepada pengunjung. Hasil wawancara dengan pengelola Puri Kanginan Buleleng pada Sabtu, 25 Januari 2025, menyatakan bahwa, Puri Kanginan Buleleng memiliki keterbatasan anggaran sehingga sulit untuk menyediakan tenaga pemandu atau *local guide,* yang menyebabkan banyak wisatawan terutama wisatawan asing, kesulitan dalam mendapatkan informasi budaya dan sejarah, serta kesulitan dalam mengeksplorasi area puri yang lumayan luas tanpa ada panduan. Sehingga solusi yang sesuai yaitu pemanfaatan teknologi digital untuk pengenalan warisan dan budaya puri.

Terdapat dua solusi yang memungkinkan untuk pengenalan warisan budaya dan sejarah dengan teknologi digital. Pertama dengan teknologi *virtual tour* yang merupakan simulasi visual dari lokasi tertentu dengan menampilkan rentetan gambar panorama 360 derajat, sehingga memberikan pengalaman berada di lokasi tersebut, hanya melalui layar [1]–[3]. *Virtual tour* banyak digunakan dalam promosi tempat wisata, namun masih memiliki kelemahan dalam pengalaman pengguna, karena pengguna hanya melihat lokasi wisata melalui layar, tanpa merasakan nuansa berkunjung yang nyata. *Virtual tour* memiliki interaksi terbatas dan bersifat pasif hanya pada layar, dimana menurut penelitian [4] pengunjung wisata lebih memilih mengamati langsung untuk mendapatkan pengalaman yang lebih interaktif. Solusi kedua yaitu menggunakan teknologi *Augmented Reality* berbasis lokasi. Terdapat beberapa jenis *Augmented Reality* yang umum, yaitu *marker-based Augmented Reality* yang memanfaatkan *marker* atau tanda untuk memunculkan objek*, markerless Augmented Reality* dan *location-based Augmented Reality.* Teknologi *Augmented Reality* merupakan teknologi yang menggabungkan antara dunia virtual dengan dunia nyata, seperti mampu menampilkan objek 3D pada *smartphone,* namun masih memperlihatkan lingkungan nyata.

Teknologi *Augmented Reality* banyak digunakan pada warisan budaya, sesuai dengan penelitian [5] yang menganalisis artikel atau jurnal dari *Scopus* dan *Clarivate Web of Science* dan mendapatkan data 1201 dokumen dengan topik penerapan teknologi *Augmented Reality* pada warisan budaya, sehingga memperkuat bukti bahwa teknologi AR memiliki banyak potensi bagi pengenalan warisan budaya. Penelitian yang mengembangkan *marker-based* AR untuk warisan budaya dan sejarah banyak ditemukan karena kemudahan implementasinya, seperti pada aplikasi pengenalan wayang dengan model *waterfall* [6], media prasi dengan AR barong [7], aplikasi *Art Sticker* [8], media pembelajaran aksara bali [9], dan media budaya nusantara BUSAN 3D [10]. Penelitian lainnya juga menerapkan AR untuk mengenalkan monumen perjuangan I Gusti Ngurah Rai dengan metode MDLC [11], serta pembuatan *markerless* AR untuk mengenalkan lukisan wayang Kamasan dengan portal 3D [12]. Secara keseluruhan penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa AR

merupakan teknologi yang efektif dan potensial untuk edukasi serta pelestarian warisan budaya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode SDLC dengan model *waterfall,* yang terdiri dari tahap analisis, desain, implementasi, *testing, deployment,* dan *maintenance.* Jensi *Augmented Reality* lainnya yaitu *Augmented Reality* berbasis lokasi, yang merupakan jenis AR yang lebih *advance* karena merupakan pengembangan dari *markerless* AR, dimana parameternya yaitu dengan memanfaatkan sensor pada *smartphone* yaitu GPS untuk mengukur titik geografis (*latitude, longitude, altitude*), dan kamera *smartphone* untuk menampilkan AR dan mengukur jarak objek digital. Penelitian terkait *location-based Augmented Reality* yaitu pengembangan sistem navigasi *indoor* dan *outdoor* berbasis ARCore dengan dukungan VIO dan SLAM, menghasilkan aplikasi navigasi kampus yang menampilkan jalur 3D dan informasi [13]. Penelitian oleh [14] yang mengembangkan aplikasi edukasi warisan budaya berbasis *location-based* AR bagi anak sekolah yang memanfaatkan Google Map API melalui Tabelzer, yang memungkinkan kemunculan konten digital berupa informasi dan kuis pada titik *point of interest.* Penelitian lainnya oleh [15] mengembangkan aplikasi *location-based* AR menggunakan ARCore, VSLAM, dan Google Street View (GSV) yang menunjukkan hasil perbandingan teknologi untuk melihat akurasi penempatan objek, dimana VSLAM dan GSV memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan menggunakan sensor fusion tradisional. Secara keseluruhan penelitian-penelitian tersebut memperkuat bahwa *location-based* AR memiliki potensi besar dalam navigasi dan penyajian informasi berbasis lokasi.

Berdasarkan referensi di atas, peneliti mendapatkan solusi yang sesuai untuk mengenalkan warisan budaya dan sejarah Puri Kanginan Buleleng, yaitu dengan mengembangkan aplikasi *location-based Augmented Reality* berbasis ARCore Geospatial API. Pemanfaatan ARCore menghasilkan pengalaman *Augmented Reality* yang baik dan akurat, serta mampu menampilkan informasi 3D, animasi 3D, dan jalur 3D untuk memenuhi kebutuhan puri. Sehingga tujuan peneliti yaitu untuk mengimplementasikan rancang bangun dan mendeskripsikan respon pengguna terhadap aplikasi *location-based Augmented Reality* berbasis ARCore Geospatial API untuk pengenalan warisan budaya dan sejarah Puri Kanginan Buleleng. Penelitian ini akan berfokus pada penggunaan Geospatial API yaitu bagian dari ARCore yang menggunakan VPS (Visual Positioning System) dengan mengambil data dari Google Maps dan Google Street View, serta penggunaan Cesium for Unity untuk menampilkan visual peta dunia saat proses pengembangan. *Platform* Unity 3D digunakan untuk pembuatan aplikasi Android dan Blender 3D untuk membuat aset 3D serta Character Creator 4. Tampilan antarmuka pengguna dibuat menggunakan CorelDraw, Figma, dan Canva dengan visual yang simpel dan konten informasi budaya dan sejarah yang lebih inovatif. Konten tersebut meliputi jalur 3D, informasi 3D, video sejarah, dan animasi 3D yang diharapkan mampu menambah wawasan pengunjung mengenai warisan sejarah dan budaya Puri Kanginan Buleleng.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan *virtual world* yang berupa objek 2D maupun 3D, kemudian diproyeksikan pada dunia nyata. AR dapat memunculkan informasi digital pada dunia nyata seperti teks, gambar, audio, sampai 3D objek yang dapat menambah pengalaman pengguna [16].

2.2 Location-Based Augmented Reality

Location-Based Augmented Reality merupakan jenis *Augmented Reality* tanpa *marker* dan memanfaatkan sensor pada *smartphone* serta GPS untuk mendeteksi posisi pengguna, sehingga objek 3D dapat muncul pada titik *latitude, longitude, altitude* [17].

2.3 ARCore Geospatial API

ARCore merupakan *platform* dari Google yang ditunjukkan dalam membuat aplikasi Augmented Reality. ARCore merupakan *Augmented Reality Software Development Kit* (SDK) dari Google yang menawarkan *cross-platform* APIs dalam membangun suatu pengalaman yang immersive sehingga bisa mentransformasi cara manusia belajar, bermain, mencipta, serta

memberikan sentuhan baru dalam menjelajah dunia. ARCore SDK mempunyai Geospatial API yang memanfaatkan Google Visual Positioning System (VPS) untuk menentukan lokasi akurat dari perangkat pengguna [18]. Sehingga penempatan objek 3D dapat dilakukan secara fleksibel untuk kebutuhan *outdoor.*

2.4 Cesium for Unity

Cesium merupakan *platform open-source* yang memiliki data 3D Geospatial serta kemampuan dalam memproyeksikan dunia atau *globe* yang dibangun dalam APIs. Cesium memiliki banyak dukungan untuk *platform game engine* seperti Unreal Engine dan Unity 3D untuk menampilkan proyeksi peta atau *map* pada *game engine.* Cesium for Unity merupakan salah satu dukungan dari Cesium, yang menggabungkan kemampuan 3D Cesium dan 3D Tiles [19].

2.5 Warisan Budaya dan Sejarah

Warisan budaya dapat diartikan sebagai peninggalan dan bentuk warisan yang berawal dari pemikiran dan karya peninggalan manusia di masa lalu yang masih memiliki nilai filosofis sebagai pencerminan simbol dalam kehidupan masyarakat pada zamannya [20].

2.6 Puri Kanginan Buleleng

Puri adalah tempat tinggal bagi kaum kerajaan dan bangsawan yang pada saat itu memiliki kasta ksatria. Puri Kanginan Buleleng merupakan bangunan bersejarah dan merupakan bukti peninggalan dari kerajaan Buleleng. Puri Kanginan Buleleng diperkirakan bediri pada akhir abad ke 18, namun nama "Puri Kanginan" mulai digunakan pada tahun 1830an [21].

2.7 Unity 3D

Unity 3D merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai *development platform* yang memiliki banyak kegunaan dan fitur, seperti *game development,* aplikasi, A*ugmented Reality,* dan lain lain. . Unity dan ARCore SDK menyediakan kombinasi dari banyak komponen dan dapat mengintegrasikan *voice* dan *sound*, 3D *text, 3D objects* dan informasi lainnya melalui *scripts* yang tersedia di Unity 3D dalam pengembangan aplikasi *Augmented Reality* sehingga mendapatkan pengalaman Interaksi Manusia Komputer yang bagus [13].

2.8 Blender 3D

Blender 3D merupakan *open-source software* (OSS) yang merupakan perangkat lunak pembuatan 3D *Graphics* terlengkap. Blender memiliki banyak *tools* antara lain *modeling, texturing, shading, rigging, animation, compositing, rendering, video editing,* 2D *animation, geometry nodes*, dan banyak lagi. Pada pengembangan *location-based Augmented Reality, software* Blender digunakan dalam membuat aset warisan budaya yang dibuat dalam model 3D [22].

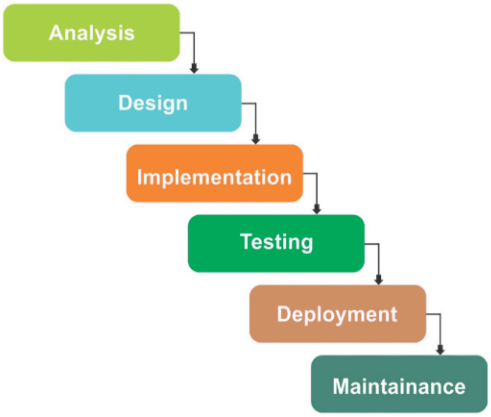
2.9 CorelDraw

CorelDraw merupakan perangkat lunak untuk mendesain grafis yang dikembangkan oleh perusahaan Corel Corporation. CorelDraw diperkenalkan pertama kali pada tahun 1989 yang merupakan *software* desain vektor pertama yang tersedia untuk komputer pribadi dengan *platform windows* sehingga popularitasnya meningkat di kalangan desainer grafis, *illustrator*, dan profesional *artists* lainnya [23].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian pengembangan dengan metode pengembangan *Software Development Life Cycle* (SDLC) serta model *waterfall.* Metode SDLC merupakan kerangka kerja dalam pengembangan software sesuai dengan fase yang tersedia, sehingga menciptakan proses produksi yang efektif dan berkualitas, serta memungkinkan analisis mendetail pada tahapan proses dengan rinci [24]. Model *waterfall* merupakan model dengan pendekatan linier yang berurutan dengan tujuan membagi proses pengembangan *software* menjadi tahapan yang jelas, terorganisir, dan terdefinisi dengan baik [25]. Model ini memiliki persyaratan bahwa projek atau *software* yang dikembangkan tidak mungkin berubah saat waktu pengembangan

dan memiliki dokumentasi yang lengkap terhadap proses pengembangannya [26]. Model *waterfall* memiliki enam tahap yaitu, analisis, desain, implementasi, *testing, deployment,* dan *maintenance* yang dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1. Tahapan Model Waterfall

Rancang bangung aplikasi, terbagi menjadi enam tahapan model *waterfall,* yaitu:

3.1 Analisis

Pada tahap ini akan dilakukan proses pengumpulan data awal dengan melakukan wawancara, penyebaran kuesioner, dan observasi. Data tersebut kemudian dianalisis sehingga mendapatkan data yang lengkap untuk menentukan kebutuhan fungsional, kebutuhan non-fungsional yang terdiri dari kebutuhan perangkat lunak dan kebutuhan perangkat keras serta model fungsional perangkat lunak yang terbagi menjadi dua yaitu, *use case diagram* dan *activity diagram.*

3.2 Desain

Pada tahap desain, memiliki tujuan untuk membuat desain sistem berdasarkan kebutuhan yang telah dianalisis sebelumnya [26]. Pada tahapan ini akan membuat desain antarmuka pengguna, desain objek 3D, *flowchart* alur aplikasi, dan desain *storyboard.*

3.3 Implementasi

Pada tahap implementasi merupakan tahapan yang berfokus pada proses implementasi dari rancangan sebelumnya. Sebelum melakukan implementasi, peneliti sudah memastikan bahwa seluruh perangkat lunak dan perangkat keras telah terpenuhi. Tahap implementasi merupakan tahap yang mengubah hasil desain menjadi bentuk aplikasi nyata. Terdapat beberapa langkah implementasi yang dilakukan yaitu: 1) Penyiapan lingkungan implementasi, 2) Implementasi antarmuka pengguna, 3) Implementasi konten warisan budaya dan sejarah, 4) Implementasi *location-based Augmented Reality,* dan 5) Optimalisasi aplikasi.

3.4 *Testing*

Tahap pengujian (*testing*) memiliki tujuan untuk menguji aplikasi yang telah dibuat dengan beberapa pengujian yaitu *Blackbox testing,* Uji Ahli Media, Uji Ahli Isi, dan Uji Respon Pengguna dengan UEQ.

3.5 *Deployment*

Tahap *deployment* merupakan tahap menyalurkan aplikasi kepada pengguna dan mitra yaitu Puri Kanginan Buleleng. Penyaluran aplikasi menggunakan Google Drive sebagai tempat penyimpanan aplikasi yang sudah dalam bentuk APK, kemudian QR *code* digunakan untuk memuat *link* dari aplikasi *location-based Augmented Reality* Puri Kanginan Buleleng, yang akan ditempatkan di puri. Selain itu tahapan ini juga menjelaskan logo dan versi dari aplikasi.

3.6 *Maintenance*

Tahap terakhir yaitu *maintenance* yang bertujuan untuk memperbaiki aplikasi berdasarkan masukan pengguna supaya performa dan konten aplikasi dapat diperbaharui. Pada tahap ini, pengembang juga akan memperbaiki *bug,* meningkatkan fitur, serta menyesuaikan ukuran dan sistem operasi Android ke yang lebih baru, supaya *smartphone* terbaru mendapatkan dukungan. Namun pada penelitian ini, tahap *maintenance* tidak dilakukan, dan hanya sampai pada tahap *deployment.*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Analisis

Tahap analisis diawali dengan melakukan wawancara dengan pengelola puri yaitu Bapak Anak Agung Ngurah Nugraha Pandji, S.H pada tanggal 25 Januari 2025 yang mengidentifikasi tentang permasalahan tentang belum adanya pemandu lokal dari puri, serta dukungan pengelola terhadap dikembangkannya aplikasi *location-based Augmented Reality* untuk

pengenalan warisan budaya dan sejarah puri. Wawancara kedua dilakukan pada tanggal 10 April 2025 untuk melakukan validasi terhadap konten informasi 3D bangunan, cerita sejarah terbentuknya nama Puri Kanginan Buleleng, serta *storyboard* animasi 3D. Penyebaran kuesioner dilakukan pada 31 pengunjung puri dan mendapatkan hasil 63.5% responden mengetahui tentang budaya dan sejarah puri, 87.75% responden tertarik untuk mengenal budaya dan sejarah puri, 82,25% responden merasa perlu ada teknologi baru untuk mengenalkan budaya dan sejarah puri, dan 78% responden tertarik untuk belajar mengenal budaya dan sejarah puri dengan teknologi *Augmented Reality.* Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa minimnya media informasi dan penyampaian informasi sejarah dan budaya Puri Kanginan Buleleng, menjadi masalah utama yang dihadapi pengelola puri.

4.1.1 Kebutuhan Fungsional

Berdasarkan analisis terhadap kebutuhan pengguna, maka berikut kebutuhan fungsionalnya:

a. Aplikasi dapat menampilkan *splash screen* saat pertama kali dijalankan, serta memunculkan *pop-up* izin akses lokasi dan izin akses kamera kepada pengguna.
b. Aplikasi dapat menampilkan menu utama yang terdiri dari Mulai, Ganti Bahasa, Tentang, dan Keluar.
c. Aplikasi dapat menampilkan jalur petunjuk 3D (*path guidance*) berbasis lokasi dengan menggunakan ARCore Geospatial API, yang berfungsi mengarahkan pengguna menuju titik-titik penting di area puri.
d. Aplikasi dapat menampilkan objek 2D dan 3D berupa teks, gambar, objek 3D, video, dan animasi 3D yang berisi informasi tentang bangunan, silsilah raja dan sejarah Puri Kanginan Buleleng.
e. Aplikasi dapat menempatkan objek 3D secara akurat, sesuai dengan titik koordinat *latitude, longitude, altitude*.
f. Aplikasi dapat menampilkan *scene tutorial* yang menjelaskan tentang tata cara penggunaan aplikasi dan kalibrasi awal, ketika pengguna mengklik menu “mulai” pertama kali.
g. Aplikasi dapat mengubah bahasa tampilan, termasuk konten (teks dan suara narasi) menjadi sesuai dengan pilihan pengguna yaitu Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris.
h. Aplikasi dapat menampilkan menu “tentang” yang berisi informasi singkat tentang Puri Kanginan Buleleng, tujuan aplikasi dibangun dan profil pengembang.
i. Aplikasi dapat menutup program ketika pengguna memilih menu “keluar” pada menu utama.

4.1.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan non-fungsional menjelaskan mengenai karakteristik dan batasan sistem agar dapat berjalan dengan baik, yang meliputi beberapa aspek yaitu: performa, perangkat lunak, perangkat keras, serta keandalan sistem.

a. Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang digunakan dalam rancang bangun aplikasi *location-based Augmented Reality* pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Fungsi
1	Unity 3D	Sebagai *platform* utama untuk mengembangkan aplikasi *location-based Augmented Reality.*
2	ARCore SDK	Sebagai *package* tambahan Unity 3D, untuk mendapatkan layanan Geospatial API dalam mendeteksi posisi pengguna.
3	Cesium for Unity	Sebagai *package* tambahan Unity 3D, untuk menampilkan peta 3D sehingga memudahkan penempatan objek di lokasi secara akurat.
4	Blender 3D	Sebagai *software* untuk membuat teks 3D, informasi 3D, model 3D pakaian, penyempurnaan model 3D,

No	Perangkat Lunak	Fungsi
		dan penyesuaian *texture* sehingga siap di *export* menuju Unity 3D.
5	Character Creator 4	Sebagai *software* untuk *generate* model manusia, serta *generate texture* wajah dari foto restorasi raja-raja puri. Selain itu, berfungsi juga sebagai tempat menyatukan pakaian yang sudah dibuat di Blender 3D dan *generate* animasi *walk cycle*.
6	CorelDraw, Figma	Untuk desain antarmuka pengguna.
7	Canva	Untuk desain elemen grafis informasi untuk objek informasi 3D.
8	Visual Studio Code	Untuk penulisan dan pengujian *script* Unity 3D yang menggunakan bahasa C#.

b. Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada proses pengembangan aplikasi membutuhkan perangkat untuk menjalankan berbagai perangkat lunak, sehingga aplikasi *location-based Augmented Reality* dapat dibangun dengan lancar. Berikut merupakan spesifikasi minimum perangkat keras yang diperlukan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Perangkat Keras Pengembang

Perangkat Keras	Spesifikasi Minum	Spesifikasi yang Digunakan
Laptop/PC	Processor i5/ AMD Ryzen 5, RAM 8GB, GPU VRAM 4GB, SSD 256GB.	AMD Ryzen 7 5800H, RAM 32GB, RTX 3060 VRAM 6GB, SSD 1TB.
Smartphone	Android 9.0 (Pie) ke atas, RAM 4GB mendukung layanan Google Play Services for AR (ARCore).	Android 14, RAM 12GB, Storage 256GB, mendukung layanan Google Play Services for AR.

4.2 Tahap Desain

Pada tahap desain merupakan proses perancangan aplikasi berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Tahap desain akan menjelaskan mengenai desain objek 3D, desain antarmuka pengguna, *flowchart* alur penggunaan aplikasi dan *storyboard* animasi 3D.

Desain objek 3D dilakukan pada aplikasi Blender 3D yaitu pembuatan 11 karakter raja, jalur petunjuk arah, papan informasi, nama raja, dan TV, dimana total keseluruhan objek 3D dalam aplikasi yaitu 120 objek 3D.

Desain antarmuka pengguna merupakan elemen utama dalam aplikasi, dimana menerapkan prinsip Gestalt untuk menciptakan tampilan yang intuitif, efisien, dan nyaman sehingga mudah dipahami oleh pengguna. Pada prosesnya, desain antarmuka pengguna memiliki proses prototipe interaksi manusia komputer dari *low fidelity* yang merupakan sketsa awal tanpa warna untuk penetapan tata letak, serta *high fidelity* yang merupakan tampilan final yang sudah lengkap dan siap diuji [27]. Desain antarmuka pengguna meliputi desain *splash screen, onboarding,* dan menu utama yang terdiri menu *start, change language, about,* dan *exit.* Perangkat lunak yang digunakan dalam proses desain yaitu CorelDraw dan Figma. Hasil desain antarmuka pengguna dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Desain Antarmuka Pengguna

Desain antarmuka terbagi menjadi beberapa tampilan yaitu, pilih bahasa awal, *onboarding,* menu utama, tentang/*about,* tutorial, ARScene, dan ganti bahasa/ *change language.* Desain antarmuka pengguna menggunakan dua *software,* yaitu CorelDraw

untuk pembuatan aset 2D, dan Figma untuk penggabungan aset atau elemen 2D menjadi bagian-bagian tampilan antarmuka, karena memiliki navigasi yang mudah dalam pembagian *frame*.

Proses selanjutnya yaitu implementasi hasil desain antarmuka pengguna ke Unity 3D. Tahap awal yaitu pembuatan *scene* untuk masing-masing tampilan, yaitu *scene* PilihBahasaAwal, *Introduction (onboarding),* MainMenuNew, Tutorial, ARScene, *ChangeLanguage,* dan *About.* Masing-masing *scene* memiliki *hierarchy* yang berbeda, namun masih memiliki konsep yang sama yaitu konsep *active* dan *inactive* untuk menampilkan antarmuka pengguna sesuai dengan preferensi bahasa pengguna.

4.3 Tahap Implementasi

Pada tahap hasil implementasi akan disajikan hasil dari proses pengembangan aplikasi, pengujian dan *deployment*. Pada tahap ini dimulai dari proses penyiapan lingkungan untuk pengembangan aplikasi melalui *software* Unity 3D dengan *editor version* 2022.3.41f1 dan menggunakan Universal 3D yaitu URP (*Universal Render Pipeline*) sebagai *template project.* Proses awal yaitu menambahkan *package* pada Unity 3D yaitu ARCore melalui git URL dan Cesium for Unity melalui *tarball.* Proses selanjutnya yaitu penyiapan *hierarchy* projek yaitu: AR Session, AR Session Origin, Geospatial Manager, UI, EventSystem, ARCore Extensions, serta dua penambahan komponen *hierarchy* AR Geospatial Creator Origin dan AR Geospatial Creator Anchor jika semua langkah sudah berjalan dengan baik. Proses penyiapan selanjutnya adalah melakukan pergantian *platform* dari *default* (windows, mac, linux) menjadi Android. Proses terakhir yaitu penambahan API Key dari *Google Cloud* untuk dimasukkan pada AR Geospatial Creator Origin supaya dapat melihat peta dunia pada *scene.* Setelah proses penyiapan berhasil maka proses implementasi desain antarmuka pengguna, implementasi objek 3D, serta implementasi *location-based Augmented Reality* dapat dilakukan.

4.3.1 Implementasi Objek 3D

Implementasi objek 3D merupakan hasil dari perancangan desain yang merupakan bagian dari konten pengenalan warisan budaya dan sejarah Puri Kanginan Buleleng. Objek 3D terbagi menjadi beberapa jenis sesuai dengan konten yang sudah direncanakan, yaitu: 1) informasi 3D bangunan, dengan jumlah 18 objek berbahasa Indonesia dan 18 objek berbahasa Inggris. 2) Video sejarah terbentuknya puri yang merupakan konten sejarah berbentuk video MP4, dengan visual dari Google Veo 3 serta penambahan suara narasi. 3) Animasi 3D yang merupakan konten utama dalam aplikasi *location-based Augmented Reality*, yang menampilkan sebelas karakter raja dari silsilah raja-raja Puri Kanginan Buleleng. Terdapat 24 raja, namun hanya sebelas raja yang memiliki dokumentasi foto, sehingga raja yang tidak memiliki dokumentasi, tidak dibuatkan karakter 3D dan digantikan dengan teks 3D nama raja tersebut. 4) Konten 3D lainnya, meliputi jalur 3D yang berbentuk segitiga, *welcome marker* yang berfungsi sebagai aset 3D kalibrasi saat baru membuka aplikasi, informasi *disclaimer* untuk menampilkan informasi pernyataan bahwa karakter 3D hanya berjumlah sebelas, dan informasi silsilah raja yang menampilkan informasi tahun dan nama dari raja yang pernah memimpin Kabupaten Buleleng. Hasil objek 3D dapat dilihat pada Gambar 3.

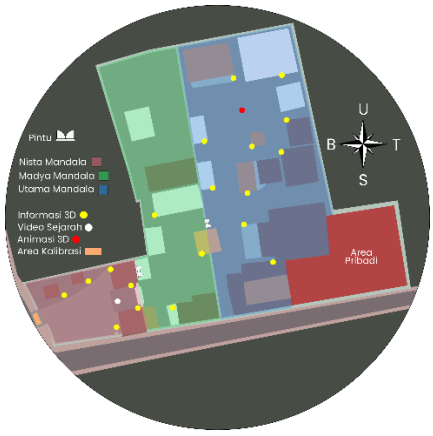
Gambar 3. Implementasi Objek 3D

Proses pembuatan objek 3D menggunakan *software* Blender 3D dengan dua jenis *texture* yaitu *texture* biasa dengan *base color*, dan *image texture* dengan menggunakan UV Map dari UV Editor. Terdapat kombinasi *software* dalam membuat objek karakter 3D yaitu dengan Blender 3D untuk membuat pakaian dan atribut 3D raja. Character Creator 4 untuk proses *generate texture* wajah, penyesuaian *mesh* wajah dan *base human body,* dimana wajah

yang dihasilkan memiliki kemiripan dengan foto yang ditambahkan dengan menggunakan *plugin* Headshot. Proses penggabungan pakaian dan atribut juga dilakukan di Character Creator 4, karena proses *transfer skin weights* dilakukan dengan mudah dengan pengaturan *layer*, dan pakaian dapat menyatu dengan *base human* dengan baik dan siap dianimasikan. Hasil final dari Character Creator 4, kemudian disesuaikan kembali di Blender 3D sehingga mendapatkan hasil *import* yang sesuai di Unity 3D.

4.3.2 Implementasi *Location-Based* AR

Implementasi aplikasi *location-based Augmented Reality* merupakan proses akhir yang merupakan proses pembuatan ARScene dengan penempatan seluruh konten pengenalan warisan budaya dan sejarah yang berjumlah 120 objek. Penempatan objek 3D pada peta dunia dengan *package* Cesium for Unity sangat membantu peneliti, selain itu penempatan tersebut juga didukung dengan denah puri pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik Penempatan Objek 3D

Pada denah tersebut menunjukkan sebaran objek 3D pada Puri Kanginan Buleleng, dari pembagian wilayahnya yaitu Nista Mandala yang berisi 6 informasi 3D, dan 1 konten video sejarah, kemudian Madya mandala yang berisi 3 informasi 3D, serta Utama Mandala yang berisi 10 informasi 3D dan 1 konten animasi 3D.

Alur eksplorasi pengguna yaitu dari melakukan kalibrasi pada pintu masuk puri, kemudian menjelajah di bagian Nista Mandala untuk melihat konten informasi 3D dan video sejarah, kemudian mengikuti jalur 3D untuk lanjut ke bagian Madya Mandala untuk melihat konten informasi 3D, dan lanjut ke area Utama Mandala dengan mengikuti jalur 3D untuk melihat informasi 3D dan konten animasi 3D.

Setelah penempatan objek 3D, maka selanjutnya adalah integrasi aspek pendukung, tombol, dan fungsi lainnya dengan menggunakan *script* di Unity 3D. Setiap informasi 3D memiliki narasi dalam dua bahasa berbeda. Video sejarah terbentuknya nama puri memiliki tombol untuk memutar video serta suara narasi dari video tersebut. Animasi 3D juga memiliki tombol untuk memutar animasi 3D. Tombol-tombol tersebut akan muncul pada layar *smartphone* pengguna ketika pengguna berada dekat dengan objek, dimana *script* yang mengaturnya adalah *ARNarator1.cs*.

Video sejarah terbentuknya nama puri menggunakan objek *quad* sebagai dasar dalam pemutaran video MP4 yang diatur dengan *script ARVideoTes1.cs. Script* tersebut mengatur pemutaran video, serta pemilihan narasi sesuai dengan preferensi bahasa pengguna. Animasi 3D memiliki konsep yang lumayan kompleks, karena animasi akan muncul bergantian sesuai dengan urutannya, karena jika semua karakter 3D dimunculkan, maka aplikasi akan mengalami *lag* atau mengalami performa yang buruk, sehingga konsep muncul secara berkelanjutan diperlukan. *Script* yang mengatur proses tersebut yaitu *ARCharacter1.cs*

Gambar 5. Hasil Implementasi *Location-Based* AR

Hasil screenshot dari aplikasi location-based Augmented Reality dapat dilihat pada Gambar 5., yang memperlihatkan jalur 3D, konten video sejarah, informasi 3D, dan animasi 3D. Proses penempatan karakter pada Unity 3D yaitu pada bagian hierarchy dengan nama AR Geospatial Creator Anchor yang memiliki fungsi menempatkan objek pada posisi dunia nyata dengan data geografis

(latitude, longitude, altitude) dan GPS, sehingga objek dapat muncul persis di lokasi yang sudah diatur. AR Geospatial Creator Anchor dapat dibuat lebih dari satu, sehingga peneliti menerapkan konsep, untuk satu AR Geospatial Creator Anchor akan memiliki dua objek 3D berbahasa Indonesia dan Inggris. Hal tersebut membuat proses memunculkan objek 3D sesuai preferensi bahasa pengguna menjadi lebih mudah. Proses memunculkan objek 3D menggunakan konsep active dan inactive, yaitu secara default objek akan berstatus inactive, kemudian script ARShowManager.cs berfungsi untuk mengubah status objek menjadi active sesuai dengan data dari PlayerPrefs.

Proses selanjutnya yaitu pengujian aplikasi secara mandiri oleh peneliti dengan cara build APK sebanyak 50 kali dengan versi yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang siap diuji. Optimalisasi tersebut mencakup proses penurunan ukuran aplikasi dari 1,04 GB menjadi 1,01 GB jika sudah terinstall. Selain itu penyesuaian posisi objek 3D juga terjadi saat proses pengujian mandiri, karena beberapa objek 3D menghalangi atau menutupi bangunan yang dijelaskan.

4.4 Tahap *Testing*

Proses uji menggunakan empat pengujian yaitu *Blackbox Testing,* Uji Ahli Isi, Uji Ahli Media, dan Uji Respon Pengguna dengan UEQ. *Blackbox Testing* dilakukan oleh peneliti sendiri dengan menjawab 15 pernyataan mengenai fungsi aplikasi secara umum yang terbagi menjadi dua aspek yaitu fungsionalitas yang mencakup *user interface* dari *splash screen, onboarding,* menu utama dan kinerja aplikasi mengenai *user interface* pada ARScene, kondisi ideal objek 3D dari sisi kemunculan dan ketepatan posisi. *Blackbox Testing* mendapatkan hasil seluruh skenario uji berjalan sesuai dengan yang diharapkan dan semua tampilan dan konten telah berfungsi dengan baik tanpa ditemukan ketidaksesuaian. Uji Ahli Isi dan Uji Ahli Media menggunakan pengujian Gregory [28], [29].

4.4.1 Uji Ahli Isi

Uji ahli isi merupakan uji yang menekankan pada isi konten dari aplikasi dan dinilai oleh dua penguji yaitu pengelola puri dan pengelingsir puri, pada tanggal 5 Agustus 2025 dengan uji Gregory. Berdasarkan hasil pengujian *Gregory,* maka hasil validasi dari penguji ahli isi diperoleh nilai sebesar 1. Maka nilai validasi tersebut dapat dikategorikan memiliki kualifikasi Sangat Tinggi.

4.4.2 Uji Ahli Media

Uji ahli media merupakan uji yang mengevaluasi pada aspek teknis, tampilan, dan kualitas media, yang dilakukan oleh dua penguji yaitu satu dosen Program Studi Pendidikan Teknik Informatika, Universitas Pendidikan Ganesha dan satu ahli atau praktisi dari industri *Augmented Reality* yang merupakan bagian dari GIT ID (Ganesha Inovasi Teknologi). Uji ahli media dilakukan dua kali oleh masing-masing penguji, dimana pengujian pertama dilakukan pada tanggal 7 dan 8 Agustus 2025. Pengujian kedua dilakukan pada 14 dan 15 Agustus 2025 dengan pengujian Gregory.

Pengujian pertama, peneliti mendapatkan nilai 0,73 dari rumus Gregory, serta beberapa masukan oleh penilai yaitu: penilai pertama meminta memperbaiki desain menu utama, memperbaiki menu tutorial, dan memperbaiki kemunculan 3D objek. Penilai kedua meminta untuk menambahkan informasi GPS perangkat dan memperbaiki desain antarmuka supaya lebih konsisten. Setelah perbaikan tersebut, kedua penguji melakukan uji ahli media yang kedua dengan hasil pengujian *Gregory,* maka hasil validasi dari penguji ahli media diperoleh nilai sebesar 1. Maka nilai validasi tersebut dapat dikategorikan memiliki kualifikasi Sangat Tinggi.

4.4.3 *Blackbox Testing*

Uji *Blackbox* berfungsi untuk mengetahui fungsi *input* yang diterima serta fungsi *output* yang dihasilkan, dimana penilaian dapat dilihat dari beberapa sisi yaitu *functionality, usability, efficiency,* dan *portability* berdasarkan standar ISO 9126 [30]. Pengujian *Blackbox* dilakukan oleh peneliti sendiri untuk memastikan aplikasi siap untuk di uji pada pengujian lainnya. Terdapat 15 butir skenario yang merepresentasikan penggunaan aplikasi dari *start* sampai *finish* yang terbagi menjadi dua aspek yaitu fungsionalitas dan kinerja *Augmented Reality*. Fungsionalitas yaitu mencakup bagian *user interface* yang dimulai dari *splash screen, onboarding,* serta menu utama dapat berjalan dengan lancar. Sedangkan

bagian kinerja *Augmented Reality* mencakup *user interface* pada ARScene, serta kondisi ideal objek 3D, baik dari aspek kemunculan maupun ketepatan posisi objek 3D. Hasil pengujian *Blackbox* menunjukkan bahwa seluruh skenario uji berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa setiap fitur, mulai dari navigasi menu, pemilihan bahasa, hingga tampilan konten pada ARScene telah berfungsi dengan baik dan tanpa ditemukan ketidaksesuaian.

4.4.4 Uji Respon Pengguna UEQ

Pengujian berikutnya yaitu uji respon pengguna dengan *User Experience Questionnaire* (UEQ) dengan mengukur 6 dimensi UEQ, yaitu daya tarik, kejelasan, efisiensi, ketepatan, stimulasi dan kebaruan [31]. Pengujian melibatkan 51 orang pengunjung Puri Kanginan Buleleng dari penyebaran UEQ pada tanggal 16 dan 17 Agustus 2025. Responden menjawab 26 komponen dengan 7 skala pilihan jawaban, yang kemudian nilai tersebut akan dikonversi menjadi nilai: -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3. Terdapat tiga langkah pengujian di dalam UEQ yaitu Uji Inkonsistensi, Uji Koefisien Reliabilitas, dan Hasil UEQ.

a. Uji Inkonsistensi

Uji inkonsistensi dilakukan untuk mendeteksi data yang mencurigakan, karena pengisian kuesioner memiliki peluang dijawab dengan tidak serius oleh responden. Perlakuan yang dilakukan untuk mendeteksi inkonsistensi yaitu dengan melihat pola jawaban pengguna yang saling bertentangan pada dimensi yang sama. Apabila inkonsistensi terdeteksi lebih dari tiga atau empat pasang item, maka data responden tersebut dianggap tidak valid dan dieliminasi dari analisis, karena besar kemungkinan responden menjawab secara acak atau tidak serius. Hasil pengujian inkonsistensi dari jawaban responden. Data yang terdeteksi memiliki inkonsistensi lebih dari tiga atau empat yaitu R40 (responden 40), sehingga R40 dieliminasi dari pengujian UEQ. Pengujian selanjutnya menggunakan 50 data responden pengunjung Puri Kanginan Buleleng, karena satu responden dieliminasi.

b. Uji Koefisien Reliabilitas

Uji koefisien reliabilitas berfungsi untuk mengetahui konsistensi dari jawaban responden terhadap setiap butir pernyataan. Misalnya dalam dimensi daya tarik terdapat tiga pernyataan yaitu, menarik – tidak menarik, menyenangkan – membosankan, ramah – tidak ramah, dimana item tersebut mengukur satu hal yang sama, yaitu kesan umum daya tarik aplikasi. Jika responden menjawab "menarik", tapi di item lain menjawab "tidak menyenangkan" maka terjadi ketidakkonsistenan, sehingga uji Cronbanch's Alpha digunakan untuk mengukur tingkat konsistensi ini. Semakin tinggi nilai alpha membuktikan bahwa semua item dari 6 dimensi UEQ, benar-benar mengukur aspek yang sama dengan stabil dan dipercaya. Uji reliabilitas menggunakan metode statistik Cronbach's Alpha dengan rentang 0-1, dimana nilai ≥ 0.7 sudah dianggap diterima dalam penelitian. Hasil uji koefisien reliabilitas dari 6 dimensi UEQ yaitu, daya tarik: 0.90, kejelasan: 0.83, efisiensi 0.88, ketepatan 0.77, stimulasi 0.80, kebaruan 0.88. Hasil uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha pada seluruh dimensi UEQ menunjukkan nilai diatas 0.7 yang menandakan bahwa instrumen memiliki konsistensi internal yang baik, sehingga data yang diperoleh sangat dipercaya.

c. Hasil UEQ

Hasil dari *User Experience Questionnaire* (UEQ) merupakan kesimpulan umum dalam menentukan pengalaman pengguna berdasarkan 6 dimensi UEQ. Langkah pertama yaitu menentukan hasil rata-rata, varian, dan simpangan baku dari 50 responden terhadap 26 butir pernyataan yang dijawab. Nilai rata-rata dan nilai variance dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil UEQ Scales (Mean and Variance)

UEQ Scales (Mean and Variance)		
Daya tarik	⬆ 2.607	0.24
Kejelasan	⬆ 2.490	0.27
Efisiensi	⬆ 2.400	0.36
Ketepatan	⬆ 2.350	0.32
Stimulasi	⬆ 2.595	0.29
Kebaruan	⬆ 2.380	0.68

Selanjutnya hasil rata-rata tersebut akan dibandingkan dengan data *benchmark* UEQ yang digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan produk dengan 5 level pengalaman pengguna (UX) *benchmark,* yaitu *excellent, good, above average, below average,* dan *bad.* 5 level pengalaman pengguna (UX) *benchmark* memiliki rentangan nilai untuk masing-masing dimensi UEQ. Berikut merupakan hasil perbandingan data *benchmark* terhadap 5 level pengalaman pengguna (UX) *benchmark.*

Tabel 4. Hasil Perbandingan Data *Benchmark*

Scale	Mean	Comparison to benchmark	Interpretation
Daya tarik	2.61	**Excellent**	In the range of the 10% best results
Kejelasan	2.49	**Excellent**	In the range of the 10% best results
Efisiensi	2.40	**Excellent**	In the range of the 10% best results
Ketepatan	2.35	**Excellent**	In the range of the 10% best results
Stimulasi	2.60	**Excellent**	In the range of the 10% best results
Kebaruan	2.38	**Excellent**	In the range of the 10% best results

Berdasarkan hasil pada Tabel 4., maka keseluruhan dimensi UEQ mendapatkan kategori *excellent* dari hasil perbandingan data *benchamerk* 5 level pengalaman pengguna, yang berarti aplikasi dinilai sangat baik oleh pengguna dari berbagai aspek pengalaman.

4.5 Tahap *Deployment*

Tahap *deployment* merupakan proses mendistribusikan aplikasi yang sudah melalui tahap pengujian, kepada pengguna yaitu pengunjung Puri Kanginan Buleleng agar dapat digunakan dan dipakai secara langsung. Pada penelitian ini, aplikasi *location-based Augmented Reality* dikembangkan dalam bentuk file APK (*Android Package*) yang hanya dapat di *install* atau dipasang pada perangkat Android. Mengingat aplikasi belum dipublikasikan melalui *platform* resmi seperti Google Play Store, maka distribusi dilakukan dengan cara membagikan tautan unduhan APK melalui Google Drive dengan link berikut: https://drive.google.com/drive/folders/19-OXaVxrN2wyolipnHoSEnbUiJsZdSj5?usp=drive_link.

Melalui mekanisme tersebut, akan memungkinkan pengguna dapat mengunduh file APK dan melakukan instalasi secara manual untuk mencoba aplikasi *location-based Augmented Reality* pada perangkat Android masing-masing. Aplikasi yang di install merupakan versi 2.6.7 yang merupakan hasil penyempurnaan aplikasi terakhir. Aplikasi juga menggunakan ikon berupa gambar Kori Agung Puri Kanginan Buleleng yang di desain menggunakan CorelDraw, dan dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Logo Aplikasi

4.6 Tahap *Maintenance*

Tahap *maintenance* merupakan proses pemeliharaan aplikasi setelah tahap *deployment.* Tahap ini idealnya adalah melakukan pemantauan dan perbaikan, jika ditemukan kesalahan (*bug*), dan saran dari pengguna. Namun proses memperbaiki kesalahan sistem sudah dilakukan semaksimal mungkin pada tahap uji, dimana sudah mendapatkan masukkan dari Uji Ahli Isi dan Uji Ahli Media, sehingga tahap *maintenance* tidak dilakukan pada penelitian ini.

5. KESIMPULAN

Penelitian mengenai pengembangan aplikasi *location-based Augmented Reality* berbasis ARCore Geospatial API untuk pengenalan warisan budaya dan sejarah Puri Kanginan Buleleng dinyatakan efektif. Penelitian ini dimulai dari keresahan peneliti, karena puri yang memiliki warisan budaya dan sejarah yang kental, kurang dikenal oleh masyarakat lokal serta sulitnya wisatawan dalam mendapatkan informasi tertulis. Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti

mengajukan solusi penggunaan teknologi *location-based Augmented Reality* yang mampu menampilkan informasi digital, jalur petunjuk, dan konten interaktif lainnya untuk membantu mengenalkan warisan budaya dan puri secara *immersive* dan gratis, serta didukung oleh pengelola Puri Kanginan Buleleng.

Peneliti merancang bangun aplikasi *location-based Augmented Reality* dengan metode penelitian SDLC dan model *waterfall* dengan enam tahap yaitu, analisis, desain, implementasi, *testing, deployment,* dan *maintenance,* namun pada penelitian ini hanya sampai pada tahap *deployment.* Penelitian menghasilkan aplikasi Android yang memiliki tampilan sederhana dan mudah dipahami, kemudian konten yang tersedia di dalam aplikasi meliputi jalur 3D, informasi 3D bangunan, video sejarah, dan animasi 3D silsilah raja. Konten tersebut mampu menjawab permasalahan yang telah dijabarkan, dimana kebutuhan terhadap pemandu atau *local guide* teratasi oleh konten jalur 3D dan keterbatasan informasi tertulis teratasi oleh konten informasi 3D bangunan, video sejarah, dan animasi 3D silsilah raja.

Hasil rancang bangun aplikasi *location-based Augmented Reality* juga didukung oleh hasil uji respon pengguna dengan *User Experience Questionnaire* (UEQ) dari 50 pengunjung puri. Hasil UEQ mendapatkan kategori *excellent* dari setiap dimensi UEQ dengan nilai rata-rata setiap dimensinya yaitu: daya tarik: 2.61, kejelasan: 2.49, efisiensi: 2.40, ketepatan: 2.35, stimulasi: 2.60, dan kebaruan: 2.38. Selain itu hasil uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha pada seluruh dimensi UEQ menunjukkan nilai diatas 0.7 yang menandakan bahwa instrumen memiliki konsistensi internal yang baik, sehingga data yang diperoleh sangat dipercaya. Sehingga aplikasi dinilai sangat baik dan efektif dalam mengenalkan warisan budaya dan sejarah kepada pengguna.

Aplikasi *location-based Augmented Reality* memiliki ruang untuk dikembangkan oleh penelitian selanjutnya dalam beberapa aspek, yaitu: 1) Basis data, dimana pada aplikasi saat ini, masih belum memiliki basis data untuk menyimpan objek 3D. Peneliti menyarankan menggunakan *package* Addressables. 2) Kalibrasi, dimana aplikasi masih memerlukan kalibrasi awal, karena menggunakan teknologi VPS yang mendapatkan data posisi pengguna dari data Google Maps dan Google Street View, serta pemanfaatan GPS pada *smartphone*. Peneliti menyarankan penambahan *package* Immersal SDK, sehingga saat GPS tidak tersedia, maka objek tetap muncul karena peralihan ke *package* Immersal SDK. 3) Konten pendukung, konten yang dapat membantu navigasi dan interaksi dengan pengguna yaitu *minimap* dan maskot sebagai konten interaktif, sehingga pengalaman pengguna menjadi lebih seru dan asik

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. AQMAL, "PENGEMBANGAN VIRTUAL TOUR PANORAMA 360 PADA MUSEUM BULELENG," Universitas Pendidikan Ganesha, 2023.

[2] S. Istita and H. Suroyo, "Pengembangan Aplikasi Virtual Tour (Wisata Virtual) Objek Wisata dengan Konten Image Kamera 360," *J. Adv. Inf. Ind. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 45–52, 2021, doi: 10.52435/jaiit.v3i2.159.

[3] N. M. A. Widiastini, M. A. A. Prayudi, P. I. Rahmawati, and I. G. R. Dantes, "Pelatihan Pembuatan Virtual Tour bagi Kelompok Sadar Wisata Desa Sidatapa, Kabupaten Buleleng, Bali," *Bakti Budaya*, vol. 3, no. 2, p. 116, 2020, doi: 10.22146/bb.59518.

[4] R. S. Najid, "VIRTUAL TOUR SEBAGAI STRATEGI UNIT PELAKSANA TEKNIS DINAS (UPTD) TUGU PAHLAWAN DALAM PENGELOLAAN MUSEUM SEPULUH NOPEMBER KOTA SURABAYA PADA MASA PANDEMI COVID-19," *J. Penelit. Adm. Publik*, vol. 2, no. 02, pp. 53–61, 2022.

[5] R. G. Boboc, E. Băutu, F. Gîrbacia, N. Popovici, and D. M. Popovici, "Augmented Reality in Cultural Heritage: An Overview of the Last Decade of Applications," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 19, 2022, doi: 10.3390/app12199859.

[6] L. J. E. Dewi, A. A. J. Permana, I. K. Purnamawan, and I. K. Sudadana,

"Augmented Reality (AR)-Based Application to Introduce Nagasepaha North Bali Puppet Style Character," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1165, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1165/1/012004.

[7] I. P. A. S. Putra, I. G. M. Darmawiguna, A. Prayudi, and G. A. Adnyana, "'Prasi Berteknologi Augmented Reality,'" *Inser. Inf. Syst. Emerg. Technol. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 75–81, 2022.

[8] A. A. J. Permana, N. W. Marti, K. A. Seputra, and K. A. Febriana, "Art sticker application based of augmented reality to introduce crown (gelungan) of puppet ramayana in Bali," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1516, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1516/1/012023.

[9] P. S. K. Yana, I. G. P. Sindu, and I. N. E. Mertayasa, "Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Teknik Penulisan Aksara Bali," *Kumpul. Artik. Mhs. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 12, no. 3, pp. 165–176, 2023, doi: 10.23887/karmapati.v12i3.69586.

[10] N. K. T. A. Marjaya, P. A. Antara, and G. W. Bayu, "Media Slide 'BUSAN 3D' Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa terhadap Kebudayaan Nusantara," *J. Educ. Action Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 340–349, 2024, doi: 10.23887/jear.v8i2.77314.

[11] I.P.A.P. Febriana, I.G.B. Subawa, and I.G.P. Sindu, "Pengembangan Augmented Reality Pengenalan Sejarah Monumen Napak Tilas Perjuangan I Gusti Ngurah Rai Di Karangasem," *J. Teknol. Pembelajaran Indones.*, vol. 15, no. 1, pp. 26–39, 2025, doi: 10.23887/jurnal_tp.v15i1.4847.

[12] P. D. Pramudita, I. B. N. Pascima, and I. G. P. Sindu, "Pengembangan Augmented Reality Portal Untuk Galeri Virtual," *Kumpul. Artik. Mhs. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–13, 2025.

[13] F. Lu, H. Zhou, L. Guo, J. Chen, and L. Pei, "An arcore-based augmented reality campus navigation system," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 16, 2021, doi: 10.3390/app11167515.

[14] A. Kleftodimos, A. Evagelou, A. Triantafyllidou, M. Grigoriou, and G. Lappas, "Location-Based Augmented Reality for Cultural Heritage Communication and Education: The Doltso District Application," *Sensors*, vol. 23, no. 10, 2023, doi: 10.3390/s23104963.

[15] K. C. Brata, N. Funabiki, Y. Y. F. Panduman, and E. D. Fajrianti, "An Enhancement of Outdoor Location-Based Augmented Reality Anchor Precision through VSLAM and Google Street View," *Sensors*, vol. 24, no. 4, pp. 1–24, 2024, doi: 10.3390/s24041161.

[16] R. Robianto, H. Andrianof, and E. Salim, "Pemanfaatan Teknologi Augmented Reality (AR) Pada Perancangan Ebrouchure Sebagai Media Promosi Berbasis Android," *J. Sains Inform. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 61–66, 2022, doi: 10.62357/jsit.v1i1.38.

[17] S. M. H. Asraf, A. F. M. Hashim, and S. Z. S. Idrus, "Mobile Application Outdoor Navigation Using Location-Based Augmented Reality (AR)," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1529, no. 2, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1529/2/022098.

[18] Google, "Build global-scale, immersive, location-based AR experiences with the ARCore Geospatial API." [Online]. Available: https://developers.google.com/ar/develop/geospatial

[19] Cesium, "Cesium for Unity." [Online]. Available: https://cesium.com/platform/cesium-for-unity/

[20] A. Tohir, "Pengembangan Aplikasi Augmented Reality Untuk Memperkenalkan Warisan Budaya Berwujud Di Museum Lampung Menggunakan Siklus Hidup Pengembangan …," *J. Portal Data*, vol. 2, no. 7, pp. 1–15, 2022, [Online]. Available: http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/192%0Ahttp://portaldata.org/index.php/portaldata/article/download/192/184

[21] I. A. S. Priyanka, "Konsep Catuspatha Pada Kawasan Puri (Studi Kasus: Puri Agung Tabanan dan Puri Agung Buleleng)," *J. Mhs. Jur. Arsit.*, vol. 6, no. 11 Maret 2009, p. 4, 2019.

[22] Y. Abdurrahman and M. A. Gustalika, "Aplikasi Augmented Reality dengan Marker Based dan Markerless Tracking sebagai Pengenalan Budaya Candi

Mendut," *Remik*, vol. 7, no. 2, pp. 859–871, 2023, doi: 10.33395/remik.v7i2.12137.
[23] M. Siddiq, A. Hafizh, and U. T. Yogyakarta, "JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia Perancangan Media Pembelajaran Dasar Menggunakan Teknologi Augmented Reality Desain," vol. 6, no. 3, pp. 307–321, 2024.
[24] F. A. Kafilahudin and M. Akbar, "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Sistem Pernafasan Hewan Berbasis 3D Augmented Reality," *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 31–40, 2024, doi: 10.56211/sudo.v3i1.469.
[25] M. Waterfal *et al.*, "Rancang Bangun Sistem Penjualan Berbasis Web Menggunakan," vol. 6, no. 2, pp. 187–195, 2025.
[26] F. N. Ramadha, E. D. Wahyuni, and D. D. Vannes, "SDLC Big Bang dan Waterfall : Perbandingan Pendekatan dalam Pengembangan Perangkat Lunak," *Nuansa Inform.*, vol. 18, no. 2, pp. 41–45, 2024, doi: 10.25134/ilkom.v18i2.158.
[27] S. J. Pranoto and R. V. Imbar, "Perancangan dan Pembuatan Website pada Perusahaan Starley," vol. 5, pp. 1–6, 2023.
[28] K.A. Nalasari, N.K. Suarni, and I.M.C. Wibawa, "Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Web Google Sites Pada Tema 9 Subtema Pemanfaatan Kekayaan Alam Di Indonesia Untuk Siswa Kelas Iv Sekolah Dasar," *J. Teknol. Pembelajaran Indones.*, vol. 11, no. 2, pp. 135–146, 2021, doi: 10.23887/jurnal_tp.v11i2.658.
[29] K. N. A. Sudarsana, P. A. Antara, and I. K. Dibia, "Kelayakan instrumen penilaian keaktifan belajar PPKn," *Mimb. PGSD Undiksha*, vol. 8, no. 2, pp. 150–158, 2020.
[30] I. Handayanto and I. Nuryasin, "Pengujian Blackbox Decision Table pada Sistem Aplikasi Mobile Sharing Story App," *Smart Comp Jurnalnya Orang Pint. Komput.*, vol. 13, 2024, doi: 10.30591/smartcomp.v13i2.6572.
[31] S. C. Utama, "Analisis Kualitas Pengalaman Pengguna Aplikasi Absensi Pada Pt.Sarana Gastekindo Utama Prabumulih Menggunakan Metode User Experience Questionnaire (Ueq)," *COMSERVA J. Penelit. dan Pengabdi. Masy.*, vol. 3, no. 06, pp. 2124–2138, 2023, doi: 10.59141/comserva.v3i06.1010.