

Implementasi *Markerless Location-Based* dalam Aplikasi Peta *Augmented Reality* Fakultas Teknik Unesa Berbasis Android

¹Muhammad Farras Aditya P.A., Yeni Anistyasari²

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika/Teknik Informatika, Universitas Negeri Surabaya

muhammad.17051204032@mhs.unesa.ac.id

yenian@unesa.ac.id

Abstrak— Dalam melakukan pencarian sebuah lokasi secara presisi, seringkali kita menggunakan aplikasi navigasi berbasis *mobile* dengan bantuan sensor GPS. Sehingga lokasi yang dituju bisa ditemukan walaupun tempat tersebut belum pernah dikunjungi sebelumnya. Namun kelemahan yang muncul adalah informasi hanya ditampilkan dalam peta 2D, sedangkan fitur foto dan Street View belum tentu mencakup keseluruhan lokasi. Contoh halnya adalah pencarian lokasi beberapa tempat penting di Fakultas Teknik. Aplikasi navigasi seperti Google Maps hanya akan menampilkan informasi lokasi secara umum, sedangkan informasi spesifik seperti inisial gedung, ruangan penting yang menyertainya belum tentu dapat ditampilkan. Dengan permasalahan tersebut, maka dibangunlah sebuah aplikasi Peta *Augmented Reality* dengan metode *Markerless* yang mana aplikasi akan menggunakan basis lokasi yang disediakan GPS untuk memicu munculnya *Point of Interest (POI)* berupa objek virtual 3D. Masing-masing *POI* mewakili setiap lokasi tertentu di lingkup Fakultas Teknik yang dapat dilihat secara live melalui *smartphone* pengguna. Setelah melalui proses pengembangan, aplikasi telah mencapai tahap pengujian akurasi dengan nilai rata-rata akurasi penempatan *POI* sebesar 16,14 meter dimana nilai akurasi tertinggi adalah 5,4 meter dan nilai akurasi terendah adalah 38,9 meter. Dengan 4 skenario tambahan untuk menguji fungsionalitas aplikasi, diperoleh output berhasil dari seluruh pengujian sebesar 79,25%.

Kata Kunci— *Augmented Reality, Markerless Location-Based, Global Positioning System, Point of Interest.*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya jaman, teknologi terus diperbaharui dan telah mencapai titik tertingginya dalam beberapa waktu terakhir. Wujud teknologi masa kini umumnya merupakan realisasi wacana teknologi di masa lalu dan telah disempurnakan. Salah satunya yang menarik adalah teknologi *Augmented Reality (AR)* yang menjadi bagian dari perwujudan teknologi masa depan terkait multimedia. *AR* adalah sebuah teknik kombinasi objek digital dengan objek di dunia nyata yang terbentuk secara virtual guna memperkaya interaksi pengguna dengan lingkungan disekitarnya [1]. Teknologi tersebut dibangun melalui perangkat lunak pembuatan model tiga dimensi (3D) yang visualisasinya dapat dilihat melalui perangkat keras perekam gambar seperti kamera. Sekilas, teknologi ini seperti gabungan dari teknologi *Virtual Reality*

dengan lingkungan fisik dunia nyata yang bersifat *real-time*. Hal tersebut memungkinkan kita bisa melihat objek-objek virtual di sekitar kita secara langsung. *AR* sendiri memiliki 2 metode yang umum digunakan, yakni metode *Marker Based Tracking* yang membutuhkan sebuah tanda atau pola fisik untuk memicu munculnya objek *AR*, dan metode *Markerless* yang tidak membutuhkan pola fisik untuk menampilkan objek *AR* [2]. Melalui kedua metode tersebut, teknologi *AR* bisa diimplementasikan dalam berbagai bidang sebagai alat bantu visual yang lebih modern dan informatif.

Bidang navigasi dan pemetaan kini menjadi salah satu kebutuhan masyarakat guna mengetahui lokasi tempat yang ingin ditujuinya. Masyarakat kini dapat mengakses peta melalui ponsel pintarnya dengan bantuan teknologi GPS (*Global Positioning System*) sebagai penanda lokasi pengguna. Namun, tampilan peta dan navigasi yang disajikan umumnya masih berupa dua dimensi (2D) dan dalam beberapa situasi, tidak seluruh wilayah bisa dijangkau melalui peta, kompleks gedung misalnya. Maka, bidang ini bisa menjadi wadah yang tepat untuk menerapkan teknologi *AR* dengan metode *Markerless*. Metode ini bisa mengintegrasikan koordinat lokasi dengan GPS sebagai pemicu aktivasi dari objek *AR* atau lebih dikenal sebagai *Location-Based Services* – salah satu sub pengembangan dari metode *Markerless* [3]. *Markerless Location-Based* akan memungkinkan penempatan *POI (Point of Interest)* atau objek virtual di koordinat yang ditentukan untuk membantu pengguna memperoleh tampilan visual tempat yang ditujuinya [4]. Penerapan metode ini bisa menjadi salah satu alternatif yang efisien dan tepat guna meningkatkan pengalaman pengguna dalam bidang navigasi [5].

Metode *Markerless Location-Based* sebelumnya pernah diterapkan dalam aplikasi berbasis Android sebagai sarana promosi obyek wisata di Kota Purbalingga [6]. Dengan latar belakang minimnya informasi terkait objek wisata di Kota Purbalingga bagi para wisatawan, maka diterapkanlah teknologi *AR* dengan metode *Location-Based* yang mampu menyajikan informasi visual secara *real-time*. Titik koordinat berupa lintang dan bujur menjadi dasar penempatan *POI* marker setiap tempat wisata. Sehingga, pengguna dapat langsung memindai daerah sekitarnya melalui aplikasi menggunakan kamera perangkat mobilnya. *POI* marker akan

tampil sebagai tanda lokasi wisata yang berada dalam jangkauan. Untuk mendukung proses pencarian, peta lokasi obyek wisata beserta informasinya juga ditampilkan dalam aplikasi tersebut. Melalui pengujian Black Box, aplikasi mampu berfungsi dengan baik sesuai dengan hasil yang diharapkan dan dapat berjalan di 4 device Android berbeda.

Penerapan metode AR Location-Based lainnya dapat ditemukan di beberapa penelitian lain. Di bidang arkeologi, AR Location-Based pernah diterapkan dan terintegrasi dengan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) atau drone untuk mencitrakan objek bersejarah [7] dan pencitraan warisan budaya Roma di situs aslinya [8]. Lalu di bidang lainnya, metode serupa diterapkan untuk menampilkan sejumlah bangunan bersejarah kampus yang tidak ada di masa kini [9], permainan AR objek kebudayaan kota untuk wisatawan [10], penunjuk arah lokasi bangunan bersejarah Kota Medan [11], pencari lokasi masjid Posdaya berbasis GPS [12] dan penunjuk lokasi rumah makan di sekitar Universitas Islam Indonesia [13].

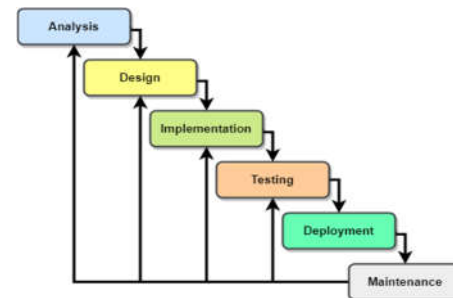
Universitas Negeri Surabaya saat ini memiliki 2 lokasi kampus berbeda, yakni kampus Ketintang dan Lidah Wetan. Kampus Ketintang sendiri memiliki luas sebesar 22 hektar dan ditempati oleh 4 fakultas. Salah satunya Fakultas Teknik (FT) yang menjadi pusat bidang keilmuan teknik di Universitas Negeri Surabaya. Fakultas Teknik terdiri dari berbagai jurusan dengan masing-masing gedung operasional serta sarana penunjang kegiatan mahasiswa seperti laboratorium, tempat ibadah, lapangan olahraga, dan sarana lainnya yang ditempatkan di beberapa lokasi berbeda. Bagi orang awam atau pendatang baru, hal ini tentu menyulitkan mereka apabila tempat yang dituju tidak termuat dalam informasi visual maupun peta karena keterbatasan penyampaian informasi lokasi yang lebih terperinci. Hal tersebutlah yang mendorong penulis mencoba mengimplementasikan teknologi AR dengan metode Markerless Location-Based ke dalam aplikasi Peta AR Fakultas Teknik Unesa yang dapat menyajikan informasi yang lebih spesifik bagi para pengguna dalam menemukan tempat-tempat di Fakultas Teknik. Jangkauan peta AR yang akan dibuat berada dalam lingkup kampus Unesa Ketintang dan lebih spesifik pada wilayah Fakultas Teknik. POI *marker* akan ditempatkan di setiap lokasi-lokasi penting yang menjadi bagian dari Fakultas Teknik. Sedangkan informasi terperinci juga akan ditambahkan untuk memperjelas kedudukan dan fungsi masing-masing gedung utama. Keberadaan POI marker tersebut dapat membantu pengguna mengenali dan menemukan tempat tertentu yang dituju melalui sudut pandang kamera *smartphone* mereka walaupun pencarian dilakukan di luar gedung [14]. Pergerakan pengguna akan sejalan dengan pergerakan GPS secara real-time yang aktif saat menggunakan aplikasi.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, aplikasi ini memanfaatkan layanan dari Google ARCore dengan teknologi yang lebih baru dan cukup kompleks dibandingkan Vuforia pada penelitian sebelumnya. Penggunaan ARCore juga menjadi nilai plus karena banyaknya dukungan perangkat terutama perangkat Android. Aplikasi ini

juga memiliki lingkup yang sempit khusus Fakultas Teknik di kampus Ketintang Unesa. Nantinya, aplikasi akan diujikan secara fungsionalitas dan sistemnya untuk mengetahui seberapa tinggi akurasi dan keberhasilan sistem sehingga aplikasi Peta AR Fakultas Teknik bisa menampilkan informasi lokasi yang tepat dan akurat sebagai alat bantu navigasi di sekitar lingkungan Universitas Negeri Surabaya. Mengingat pengukuran akurasi belum banyak diterapkan pada penelitian sebelumnya. Sehingga dengan hadirnya aplikasi ini, diharapkan bisa menjadi alternatif navigasi yang yang terperinci dan spesifik di wilayah Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan untuk membangun sebuah aplikasi peta Augmented Reality Fakultas Teknik Unesa. Tahapan tersebut didasarkan pada metode pengembangan aplikasi Waterfall dengan gambar sebagai berikut.



Gbr. 1 Model Waterfall

Metode pengembangan ini menjadi penentu proses pengembangan aplikasi sesuai dengan setiap tahapan yang dibutuhkan. Hasil dari masing-masing tahapan menjadi masukan yang bersifat satu arah untuk tahapan berikutnya hingga seluruh tahapan berakhir [15]. Penjabaran setiap tahapan dijelaskan secara rinci di bawah ini :

A. Analysis

Tahap ini adalah tahap pertama dalam pengembangan aplikasi Peta AR Fakultas Teknik Unesa. Proses diawali dengan pengumpulan referensi penelitian-penelitian sebelumnya dengan topik yang identik sebagai pembanding, lalu menentukan seluruh kebutuhan sistem dan metode pengembangan AR serta kebutuhan perangkat lunak untuk pengembangan aplikasi. Kebutuhan sistem yang ditentukan adalah kebutuhan fungsional maupun non fungsional sistem. Kemudian dilakukan analisis untuk menghasilkan perkiraan sistem yang akan dikembangkan dan informasi yang kemungkinan akan diperoleh dalam setiap tahapannya.

1) *Penelitian Terdahulu* : Beberapa penelitian yang telah rilis lebih awal menerapkan metode *Markerless Location-Based* untuk aplikasi *Augmented Reality* berbasis Android [11]. Penulis mencoba membangun aplikasi navigasi untuk mengenalkan bangunan bersejarah berdasarkan lokasinya di

Kota Medan menggunakan *platform open source* bernama Mapbox yang diintegrasikan dengan *Augmented Reality* melalui *software* Unity. Sejumlah pengujian dilakukan melalui pengujian pendeteksian berdasarkan posisi *user*, jarak *user*, dan sudut kamera perangkat. Sebuah penelitian lainnya menganalisis dan mengimplementasikan AR *Location-Based* untuk membantu wisatawan menemukan tempat wisata atraktif dan kuliner di Kota Phnom Penh, Kamboja [1]. Aplikasi Camtour AR dibuat dengan kemampuan menampilkan informasi yang dibutuhkan wisatawan mencari tempat wisata di Kota Phnom Penh cukup melalui kamera *smartphone* mereka yang dibekali dengan fitur penentuan rute mulai dari titik terkini menuju titik tujuan dan filter jangkauan tempat wisata yang dapat dicapai dari lokasi terkini. Hasil uji penggunaan aplikasi memperoleh nilai *Usability* sebesar 91,72% dengan komponen 92,22% *Satisfaction*, 94,67% *Learnability*, 91,11% *Effectiveness*, dan 88,89% *Efficiency* dari total responden 30 orang. Penelitian lain terkait penerapan AR *Location-Based* digunakan untuk metode penentuan rute dalam menemukan mesin ATM terdekat berdasarkan posisi pengguna [16]. Aplikasi AR yang dibangun berbasis Android dan diharapkan bisa membantu pengguna menemukan mesin ATM terdekat dari lokasinya. POI marker akan diletakkan sesuai lokasi mesin ATM dari berbagai bank yang tersedia. Pengguna bisa menentukan pilihan mesin ATM dari bank yang mereka cari, menentukan radius jangkauan, dan melakukan pemindaian melalui kamera *smartphone* untuk mengetahui mesin ATM terdekat. Navigasi menuju lokasi memanfaatkan layanan Google Maps. Hasil pengujian aplikasi dengan 20 orang responden menunjukkan 90% penilaian Sikap Sangat Positif dan 10% sisanya Sikap Positif.

2) *Analisis Pencapaian Pengembangan* : Pengembangan aplikasi Peta AR *Augmented Reality* Fakultas Teknik Unesa ini memiliki sejumlah analisis pencapaian yang selaras dengan tujuan awal aplikasi ini dikembangkan. Aplikasi diharapkan dapat memperoleh kelayakan untuk digunakan sebagai aplikasi alternatif navigasi dengan mencapai nilai akurasi yang tinggi dan tetap optimal dalam berbagai kemungkinan pengaruh seperti ketinggian, jarak, sudut, dan orientasi perangkat saat proses penggunaan aplikasi. Pengembangan ini juga diharapkan menjadi pengembangan metode *Markerless Location-Based* berbasis Google ARCore yang berhasil agar mudah menjangkau banyak pengguna mengingat masifnya jenis perangkat yang mendukung Google ARCore.

3) *Analisis Kebutuhan* : Analisis kebutuhan diperlukan untuk menentukan bagaimana kebutuhan yang akan dipenuhi oleh aplikasi dalam memecahkan permasalahan yang terjadi.

Analisis kebutuhan pengguna meliputi :

- Melihat POI (*Point of Interest*) berdasarkan lokasi.
- Melihat Objek 3D yang mewakili setiap POI.
- Daftar lokasi tempat-tempat penting di lingkup Fakultas Teknik.

- Penjelasan rinci gedung-gedung utama.
- Penjelasan rinci ruang-ruang penting di masing-masing gedung.
- Tampilan yang informatif dan *user friendly*.

Sedangkan analisis kebutuhan sistem meliputi :

- Untuk dapat menjalankan aplikasi, pengguna harus memiliki perangkat yang mendukung Google ARCore dan mengunduhnya terlebih dahulu melalui Google Play Store.
- Untuk dapat merilis POI berdasarkan titik-titik koordinat tertentu, pengguna harus memiliki akses internet dan menyalakan fitur lokasi atau GPS pada *smartphone*.
- Untuk dapat melihat POI masing-masing lokasi, pengguna harus menggunakan fitur kamera yang menyorot ke lingkungan sekitar.
- Untuk dapat melihat rincian penjelasan setiap gedung, pengguna harus mengakses menu navigasi samping pada halaman pendai.

4) *Penentuan Metode AR* : Dari 2 metode umum pengembangan AR, metode *Markerless* cocok diterapkan sebagai pada aplikasi Peta AR Fakultas Teknik Unesa dengan teknik *Markerless Location-Based*. Teknik ini memanfaatkan data dari *Location-Based Services* yang disediakan sejumlah sensor perangkat seperti GPS, *accelerometer*, dan *compass* [17]. GPS akan menyediakan data berupa titik koordinat lintang dan bujur, sedangkan 2 sensor lainnya akan menentukan orientasi dan ketepatan lokasi perangkat [18]. Penggunaan metode dengan teknik tersebut dapat memenuhi kebutuhan aplikasi yang perlu menampilkan informasi berdasarkan lokasi terkini pengguna [1]. Dalam hal ini, aplikasi akan menggunakan data-data terkait sebagai pemicu munculnya objek virtual sebagai POI. Untuk mendukung pengembangan AR dengan metode dan teknik tersebut, diperlukan *Software Development Kit (SDK)* yang dirilis oleh Google bernama ARCore. Kemampuan utama ARCore meliputi fitur *Tracking*, *Understanding the Environment*, dan *Brightness Estimation* [19].

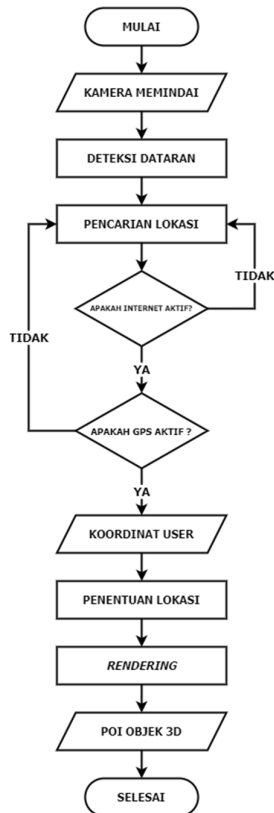
5) *Perangkat Lunak Pengembangan* : Pengembangan aplikasi ini memerlukan beberapa *software* atau perangkat lunak yang mendukung pengembangan AR beserta objek-objek yang disertakan. Aplikasi akan dibangun sejak awal menggunakan *software* Unity yang telah memiliki sejumlah dukungan pengembangan AR termasuk Google ARCore dan dapat diperoleh melalui *Package Manager* [20]. Proses pembuatan objek virtual berupa objek 3D akan dilakukan di *software* Blender yang memiliki fleksibilitas pengembangan berupa kemampuan lintas platform [21]. Sehingga akses objek 3D melalui Unity dapat dilakukan dengan mudah.

B. Design

Tahap *Design* atau yang berarti perancangan adalah tahap dimana proses perancangan aplikasi dilakukan berdasarkan

analisis pada tahap pertama. Rancangan ini nantinya akan menjadi garis besar pengembangan aplikasi sebelum diimplementasikan secara pemrograman yang terdiri dari :

1) *Flowchart Sistem Pemindaian AR*: Proses sistem pemindaian AR pada metode *Markerless* dengan Teknik *Location-Based* yang diterapkan pada aplikasi Peta AR Fakultas Teknik Unesa memiliki flowchart sebagai berikut.



Gbr. 2 Flowchart Sistem AR Markerless Location-Based

2) *Tabel Data Koordinat* : Beberapa lokasi tertentu di lingkup Fakultas Teknik akan ditampilkan dalam aplikasi berupa objek virtual. Objek-objek tersebut akan muncul menempati titik koordinat yang telah ditentukan berdasarkan titik koordinat asli masing-masing pada aplikasi Google Maps. Untuk rincian lokasi beserta titik koordinatnya ditampilkan dalam tabel berikut :

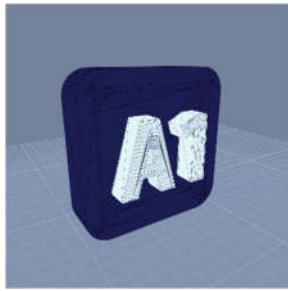
TABEL I
 TITIK KOORDINAT POI

| Lokasi | Titik Koordinat (Latitude, Longitude) |
|-----------|---------------------------------------|
| Gedung E1 | -7.3156512179369 112.726974536358 |
| Gedung E2 | -7.31528392822305 112.727054659065 |

| | |
|---------------------------------|---|
| Gedung A1 | -7.3171687050441 112.725655168308 |
| Gedung A2 | -7.31689702915159 112.725832659668 |
| Gedung A3 | -7.31657729514668 112.725917597864 |
| Gedung A4 | -7.31610938663542 112.726227194408 |
| Gedung A5 | -7.31625919704179 112.726776790538 |
| Gedung A6 | -7.31655649344577 112.726656761685 |
| Gedung A7 | -7.31686687312996 112.726510047996 |
| Gedung A8 | -7.31737552276409 112.726272696909 |
| Gedung A9 | -7.31677855686775 112.725142456151 |
| Gedung A10 | -7.31623764912807 112.72541747021 |
| Gedung Ormawa FT | -7.3171429837772 112.726777097159 |
| Musholla FT | -7.31668888725319 112.726179225847 |
| Parkiran FT | -7.31561270257489 112.727809490554 |
| Lapangan Voli E2 | -7.31558952677053 112.727339421999 |
| Lapangan Voli A8 | -7.31721976444899 112.725999897594 |
| Penunjuk Arah 1 Tikungan E1 | -7.3160984297964236 112.72732322498764 |
| Penunjuk Arah 2 Pertigaan FMIPA | -7.31580360857071 112.726029763658 |
| Penunjuk Arah 3 Tikungan A8 | -7.31755767812382 112.726547661108 |

3) *Objek 3D* : Point of Interest (POI) sebagai objek virtual akan menempati setiap titik koordinat lokasi yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk memperjelas kedudukan setiap POI sebagai objek virtual, maka disematkan objek 3D di dalamnya. Objek 3D tersebut berupa nama inisial gedung

berupa abjad dan angka atau nama sarana yang berada di lingkup Fakultas Teknik Unesa.



Gbr. 3 Rancangan Desain Objek 3D

C. Implementation

Implementation adalah tahap dimana hasil perancangan pada tahap *Design* akan diimplementasikan melalui *software* pengembangan yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil analisis pada tahap pertama, terdapat 2 *software* pengembangan yang digunakan untuk membangun aplikasi Peta AR Fakultas Teknik Unesa, yaitu Blender sebagai *software* pemodelan objek 3D dan Unity sebagai *software* pengembangan aplikasi dan Augmented Reality.

1) *Implementasi pada Blender* : Dengan menggunakan aplikasi Blender, hasil rancangan objek 3D pada tahap sebelumnya diimplementasikan menjadi sebuah objek 3D yang akan disertakan dalam pengembangan aplikasi melalui *software* Unity. Berdasarkan rancangan tabel koordinat setiap lokasi yang akan diimplementasikan, maka terdapat total 20 objek 3D dengan bentuk masing-masing.

2) *Implementasi pada Unity* : Implementasi *front-end* dan *back-end* aplikasi dilakukan menggunakan *software* Unity. Algoritma aplikasi dialihkan menjadi bahasa pemrograman berbasis C# yang berfungsi sebagai *back-end* aplikasi. Lalu dilanjutkan dengan penentuan POI berdasarkan koordinat yang ditentukan pada tabel sebelumnya. Masing-masing POI akan disematkan dengan objek virtual berupa objek 3D. Proses diakhiri dengan pembuatan *front-end* aplikasi berupa UI dengan menu dan fungsi berbeda. Implementasi akhir di Unity sekaligus tahap ini adalah output berupa aplikasi Peta AR Fakultas Teknik Unesa bernama FT-AR Maps yang berbasis Android.

D. Testing

Tahap *Testing* merupakan tahap pengujian aplikasi yang telah menyelesaikan tahap *Implementation* sepenuhnya. Tahap ini dilakukan dengan melakukan beberapa skenario pengujian terhadap fungsionalitas maupun sistem aplikasi. Pengujian terdiri dari 4 skenario pengujian pendeteksian POI berdasarkan jarak, sudut, ketinggian, dan orientasi serta 1 pengujian akurasi penempatan POI berdasarkan selisih jarak antara titik koordinat asli dengan titik koordinat yang muncul saat pemindaian [22].

Akumulasi selisih dijumlahkan kemudian dibagi jumlah percobaan untuk memperoleh rata-rata nilai akurasi [23].

E. Deploying

Tahap ini adalah tahap dimana aplikasi dirilis secara publik dan bisa digunakan secara langsung oleh pengguna. Sasaran pengguna aplikasi ini tidak terbatas civitas akademika Unesa saja, namun juga untuk orang-orang lainnya yang datang ke Unesa khususnya di lingkup Fakultas Teknik. Dalam penelitian ini, tahap *Deploying* tidak dijalankan secara penuh karena aplikasi hanya dirilis terbatas sebagai bahan pengujian saja. Sehingga tidak ada user lain yang terlibat selain pengembang selaku penulis dalam penelitian ini.

F. Maintenance

Tahap *Maintenance* merupakan tahap perbaikan dan perawatan aplikasi khususnya ketika menemukan masalah-masalah yang mengganggu jalannya aplikasi khususnya ketika aplikasi digunakan pertama kali pada tahap *Testing*. Dalam penelitian ini, tahap *Maintenance* digunakan untuk menyesuaikan beberapa kekurangan aplikasi untuk kemudian diuji kembali agar hasil pengujian sesuai harapan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Penelitian ini menghasilkan Aplikasi Peta *Augmented Reality* Fakultas Teknik Unesa Berbasis Android yang mengimplementasikan metode *Markerless Location-Based* dengan hasil dan pembahasan sebagai berikut :

A. Hasil Implementasi Objek 3D

Sebagai penunjang POI setiap lokasi, terdapat 20 objek 3D yang terdiri dari 12 objek POI mewakili gedung-gedung utama, 5 objek POI mewakili fasilitas tambahan, dan 3 objek POI sebagai penunjuk jalan.

TABEL II
DESAIN OBJEK 3D

| Nama Object | Objek 3D |
|-------------|----------|
| Gedung E1 | |
| Gedung E2 | |
| Gedung A1 | |

| | |
|------------------|---|
| Gedung A2 |  |
| Gedung A3 |  |
| Gedung A4 |  |
| Gedung A5 |  |
| Gedung A6 |  |
| Gedung A7 |  |
| Gedung A8 |  |
| Gedung A9 |  |
| Gedung A10 |  |
| Gedung Ormawa FT |  |
| Musholla FT |  |

| | |
|------------------------------------|--|
| Parkiran FT |  |
| Lapangan Voli E2 |  |
| Lapangan Voli A8 |  |
| Penunjuk Arah 1 Tikungan E1 |  |
| Penunjuk Arah 2 Pertigaan FMIPA |  |
| Penunjuk Arah 3 Tikungan A8 |  |

B. Hasil Implementasi Tampilan Antarmuka Aplikasi



Gbr. 3 Tampilan Menu Utama

Gbr. 3 adalah tampilan Menu Utama yang terdiri dari beberapa pilihan menu. Menu Mulai Pindai berfungsi untuk masuk ke halaman pemindaian yang menggunakan kamera. Menu lainnya mengarahkan ke halaman Panduan yang menampilkan langkah penggunaan aplikasi dan halaman Tentang yang berisikan informasi sekilas aplikasi beserta profil singkat pengembang.



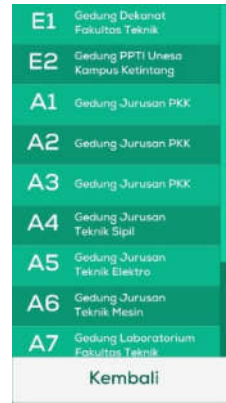
Gbr. 4 Tampilan Navigasi Samping

Gbr. 4 merupakan tampilan Menu Navigasi Samping yang memuat sejumlah sub-menu. Menu Informasi Gedung digunakan untuk melihat daftar menu setiap gedung utama di Fakultas Teknik, Menu Utama untuk kembali ke halaman Menu Utama. Sedangkan 2 menu terakhir memiliki tampilan yang sama seperti yang dijelaskan di Menu Utama.



Gbr. 5 Tampilan Kamera Pemindaian

Gbr. 5 merupakan tampilan kamera pemindaian yang berfungsi untuk melihat POI berupa objek 3D yang telah ditempatkan berdasarkan titik-titik koordinat setiap lokasi dalam lingkup area Fakultas Teknik. Jika integrasi GPS dengan aplikasi berhasil, objek 3D akan tampak di layar sesuai masing-masing lokasi.



Gbr. 6 Tampilan Informasi Gedung

Gbr. 6 merupakan tampilan yang memuat daftar gedung-gedung utama yang berada di Fakultas Teknik. Masing-masing gedung memiliki halaman tersendiri yang memuat informasi rinci gedung terkait.



Gbr. 7 Tampilan Rincian Informasi Gedung

Gbr. 7 merupakan tampilan yang memuat rincian informasi setiap gedung utama yang berada di Fakultas Teknik. Informasi tersebut terdiri dari nomor gedung, kepemilikan gedung, informasi rinci gedung, dan ruangan-ruangan penting dalam gedung terkait.



Gbr.8 Tampilan Panduan

Gbr. 8 merupakan tampilan menu Panduan yang berisikan sejumlah *step* atau langkah-langkah cara menggunakan aplikasi. Untuk kembali ke menu utama dapat menggunakan *button* Back.



Gbr. 9 Tampilan Tentang

Gbr. 9 merupakan tampilan Tentang yang berisikan sejumlah informasi terkait fungsi aplikasi beserta teknologi yang diimplementasikan dalam aplikasi ini. Profil sekilas pengembang juga tertulis pada halaman ini. Untuk kembali ke Menu Utama dapat menggunakan *button* Back.

C. Pengujian Aplikasi

1) *Spesifikasi Perangkat Pengujian* : Sejumlah skenario pengujian disiapkan untuk menguji kinerja aplikasi dan metode *Markerless Location-Based* yang digunakan dalam aplikasi. Pengujian dilakukan di sebuah smartphone dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe : Samsung Galaxy J7 Pro
- CPU : Exynos 7870 Octa Core 1.6 GHz
- OS : Android 9
- RAM : 3 GB
- ROM : 32 GB
- Kamera : 13 Megapixel
- Sensor : GPS, Accelerometer, Gyroscope, Compass

Tambahan alat bantu pengujian berupa aplikasi Google Maps untuk membantu proses pengukuran jarak dalam salah satu skenario pengujian.

2) *Pengujian Deteksi POI Berdasarkan Jarak* : Pengujian berdasarkan jarak dilakukan untuk mengetahui jangkauan deteksi perangkat hingga POI ditampilkan di layar perangkat. Pengujian ini juga dapat mengukur jarak optimal POI agar dapat terlihat jelas secara visual melalui perangkat. Keberhasilan pengujian diukur dari tampilnya POI di masing-masing jarak pengukuran dan menempati lokasi yang ditetapkan. Pengujian menggunakan POI Gedung E1 sebagai sampel dengan variabel yang diujikan adalah Jarak dalam

satuan meter. Variabel uji yang disamakan adalah sudut pemindaian, ketinggian dan orientasi perangkat. Hasil pengujian dijelaskan dalam tabel berikut.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN PENDETEKSIAN POI BERDASARKAN JARAK




| Jarak (m) | Target | Hasil | Status |
|-----------|--|-------|--|
| 5 | Menampilkan POI Gedung E1 dalam jarak 5 meter | | POI berhasil ditampilkan dan objek terlihat sangat jelas dengan ukuran cukup besar |
| 20 | Menampilkan POI Gedung E1 dalam jarak 20 meter | | POI berhasil ditampilkan dan objek terlihat jelas dengan ukuran besar |
| 35 | Menampilkan POI Gedung E1 dalam jarak 35 meter | | POI berhasil ditampilkan dan objek terlihat cukup jelas dengan ukuran cukup kecil |
| 75 | Menampilkan POI Gedung E1 dalam jarak 75 meter | | POI berhasil ditampilkan dan objek terlihat agak jelas dengan ukuran kecil |

Tabel III menunjukkan hasil pengujian bahwa POI berhasil ditampilkan dengan perbedaan ukuran objek menyesuaikan jarak yang diujikan. Maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa jarak antara perangkat dengan POI tidak mempengaruhi proses penampilan POI. Namun mempengaruhi penampilan ukuran objek. Semakin dekat perangkat dengan lokasi POI, semakin besar dan jelas pula objek yang ditampilkan. Begitu pula sebaliknya. Penggunaan aplikasi dianjurkan berjarak tidak lebih dari 20 meter dari lokasi-lokasi





POI untuk memperoleh tampilan yang jelas dan ukuran objek yang maksimal.

3) *Pengujian Deteksi POI Berdasarkan Ketinggian* :
 Pengujian berdasarkan ketinggian dilakukan untuk mengetahui pengaruh ketinggian terhadap proses pemindaian hingga POI berhasil tampil di layar perangkat. Keberhasilan pengujian diukur melalui tampilnya POI yang sesuai dengan penempatannya. Pengujian menggunakan beberapa POI di sekitar Gedung A10 sebagai sampel dengan variabel yang diujikan adalah Ketinggian dalam satuan meter dengan 3 variabel sudut yang berbeda arah. Variabel uji yang disamakan adalah orientasi perangkat dan jarak pemindaian. Pengujian dilakukan di Gedung A10 melalui setiap lantainya. Hasil pengujian dijelaskan dalam tabel berikut ini.

TABEL IV
 HASIL PENGUJIAN PENDETEKSIAN POI BERDASARKAN KETINGGIAN

| Tinggi (lantai) | Sudut Uji (Arah) | Hasil | Status |
|-----------------|------------------|---|---|
| 1 m (Lantai 1) | 45° (Ke kiri) |  | POI berhasil ditampilkan dengan POI sesuai pada tempatnya |
| | 0° (Tengah) |  | POI berhasil ditampilkan dengan POI sesuai pada tempatnya |
| | 45° (Ke kanan) |  | POI berhasil ditampilkan dengan POI sesuai pada tempatnya |





| | | | |
|-----------------|----------------|---|---|
| 5 m (Lantai 2) | 45° (Ke kiri) |  | POI berhasil ditampilkan dengan POI sesuai pada tempatnya |
| | 0° (Tengah) |  | POI berhasil ditampilkan dengan POI sesuai pada tempatnya |
| | 45° (Ke kanan) |  | POI berhasil ditampilkan dengan POI sesuai pada tempatnya |
| 10 m (Lantai 3) | 45° (Ke kiri) |  | POI berhasil ditampilkan dengan POI sesuai pada tempatnya |
| | 0° (Tengah) |  | POI berhasil ditampilkan tetapi tidak sesuai pada tempatnya |

| | | | |
|--------------------|-------------------|---|---|
| | 45° (Ke kanan) |  | POI berhasil ditampilkan dengan POI sesuai pada tempatnya |
| 15 m (Lantai 4) | 45° (Ke kiri) |  | POI berhasil ditampilkan tetapi tidak sesuai pada tempatnya |
| | 0° (Tengah) |  | POI berhasil ditampilkan tetapi tidak sesuai pada tempatnya |
| | 45° (Ke kanan) |  | POI berhasil ditampilkan tetapi tidak sesuai pada tempatnya |

Tabel IV menunjukkan hasil pengujian bahwa POI berhasil ditampilkan dalam setiap variabel ketinggian, sudut, dan arah. Namun ketika pengujian memasuki ketinggian 10 meter, terdapat kegagalan POI dalam menempati lokasi yang ditetapkan. Dari total 12 percobaan, 8 diantaranya berhasil menempatkan POI, sedangkan 4 sisanya gagal menempatkan POI sesuai dengan lokasi yang ditetapkan. Maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa ketinggian perangkat mempengaruhi proses penempatan POI. Sehingga penggunaan aplikasi dianjurkan berada pada ketinggian maksimal 10 meter untuk memperoleh hasil penempatan POI yang optimal dan tidak menampilkan informasi gedung yang salah.

4) *Pengujian Deteksi POI Berdasarkan Sudut* :
 Pengujian berdasarkan sudut dilakukan untuk mengetahui seberapa berpengaruh sudut pemindaian dalam menampilkan POI. Pengujian ini juga dapat menjadi tolok ukur sudut paling optimal ketika melakukan proses pemindaian POI. Pengujian menggunakan POI Gedung A10 sebagai sampel. Variabel yang diujikan adalah sudut pemindaian terhadap POI. Sudut awal pengujian adalah 0 derajat yang mengarah tegak lurus terhadap Gedung A10. Variabel uji yang disamakan adalah ketinggian, jarak, dan orientasi perangkat. Pengujian dilakukan di depan Gedung A10. Hasil pengujian dijelaskan dalam tabel berikut ini.


TABEL V
 HASIL PENGUJIAN PENDETEKSIAN POI BERDASARKAN SUDUT

| Jarak (°) | Target | Hasil | Status |
|-----------|--|---|---|
| 0° | Menampilkan POI Gedung A10 dengan sudut pindai 0° |  | POI A10 berhasil ditampilkan dan objek terlihat sangat jelas |
| 30° | Menampilkan POI Gedung A10 dengan sudut pindai 30° ke kiri |  | POI A10 berhasil ditampilkan dan objek terlihat sangat jelas |
| 60° | Menampilkan POI Gedung A10 dengan sudut pindai 60° ke kiri |  | Tidak ada POI A10 yang ditampilkan. POI yang tampil adalah POI A9 |
| 90° | Menampilkan POI Gedung A10 dengan sudut pindai 90° ke kiri |  | Tidak ada POI A10 yang ditampilkan |

Tabel V menunjukkan hasil pengujian bahwa hanya 2 variabel pengujian sudut yang berhasil menampilkan POI Gedung A10, sedangkan 2 variabel lainnya tidak berhasil. Maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa sudut pemindaian mempengaruhi proses penampilan POI. Ini dikarenakan POI telah ditempatkan berdasarkan lokasi tertentu dan hanya bisa dilihat jika kamera memindai lokasi tersebut. Keterbatasan *Field of View* (FOV) kamera menyebabkan POI tidak dapat selalu tampil jika kamera menjauhi lokasi POI. Maka penggunaan aplikasi dianjurkan berada dalam sudut yang tepat mengarah ke lokasi-lokasi terkait dengan besaran sudut maksimal 30° sehingga POI dapat ditampilkan di layar perangkat.

5) *Pengujian Deteksi POI Berdasarkan Orientasi* : Perangkat Pengujian berdasarkan orientasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh orientasi perangkat terhadap proses penampilan POI. Hal ini dapat menjadi pengukuran orientasi yang tepat ketika proses pemindaian POI. Pengujian menggunakan POI Gedung A10 sebagai sampel. Variabel yang diujikan adalah orientasi perangkat yang terdiri dari Portrait dan Landscape. Variabel yang disamakan adalah ketinggian, jarak, dan sudut pemindaian. Pengujian dilakukan di depan gedung A10. Hasil pengujian dijelaskan dalam tabel berikut.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN PENDETEKSIAN POI BERDASARKAN ORIENTASI PERANGKAT

| Orientasi | Target | Hasil | Status |
|-----------|---|---|--|
| Portrait | Menampilkan POI Gedung A10 dengan orientasi Portrait |  | POI A10 berhasil ditampilkan dan objek terlihat sangat jelas |
| Landscape | Menampilkan POI Gedung A10 dengan orientasi Landscape |  | POI A10 berhasil ditampilkan dan objek terlihat sangat jelas |

Tabel VI menunjukkan hasil pengujian bahwa pemindaian dengan orientasi perangkat baik Portrait maupun Landscape tetap dapat menampilkan POI. Hal tersebut berarti orientasi perangkat tidak mempengaruhi proses pemindaian.

Maka penggunaan aplikasi dapat menerapkan kedua orientasi sesuai kebutuhan masing-masing pengguna.

6) *Pengujian Akurasi Penempatan POI* : Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui ketepatan POI yang telah ditempatkan dengan masing-masing koordinat lokasi. Pengujian dilakukan dengan mengukur selisih jarak (dalam satuan meter) antara koordinat POI yang telah ditetapkan pada aplikasi dengan koordinat POI yang muncul saat pemindaian. Nilai selisih jarak tersebut akan dihitung sebagai nilai akurasi setiap POI. Selisih jarak terdekat berarti nilai akurasinya semakin tinggi, sedangkan sebaliknya, selisih jarak terjauh berarti nilai akurasinya semakin rendah. Pengujian dilakukan berulang sebanyak 5 kali dengan membuka aplikasi sejak awal hingga memasuki halaman pemindaian dan POI berhasil tampil di layar perangkat. Pengujian dilakukan secara langsung di lingkup Fakultas Teknik Unesa dengan alat bantu Google Maps untuk menentukan koordinat hasil pemindaian dan mengukur selisih jarak koordinat.

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN AKURASI PENEMPATAN POI

| POI | Selisih Jarak (meter) | | | | | Rerata |
|-------------|-----------------------|------|------|------|------|--------|
| | I | II | III | IV | V | |
| E1 | 5,8 | 17,2 | 11,6 | 19 | 13,5 | 13,42 |
| E2 | 10,1 | 8,6 | 7,5 | 10,9 | 9 | 9,22 |
| A1 | 9,1 | 9,3 | 15,6 | 11,9 | 8,33 | 10,85 |
| A2 | 11,6 | 16,3 | 9,8 | 8,9 | 21,5 | 14,7 |
| A3 | 24,8 | 19,6 | 15,4 | 25,1 | 23,2 | 21,62 |
| A4 | 17,9 | 20,2 | 17,6 | 27,9 | 18,4 | 20,4 |
| A5 | 13,2 | 11,5 | 16,9 | 11,6 | 10,5 | 12,74 |
| A6 | 12,7 | 13,2 | 21,1 | 13,8 | 12,5 | 14,66 |
| A7 | 13,3 | 17,6 | 14,9 | 16,3 | 29,3 | 18,28 |
| A8 | 17 | 13,9 | 17,2 | 13,1 | 14,8 | 15,2 |
| A9 | 38,6 | 30,8 | 14,4 | 33,2 | 25,8 | 28,56 |
| A10 | 8,4 | 14,6 | 13,9 | 16,8 | 11,2 | 12,98 |
| Lap. E2 | 33,6 | 6,7 | 7,9 | 10,8 | 5,4 | 12,88 |
| Lap. A8 | 10,9 | 7,7 | 7,2 | 7,4 | 6,9 | 8,02 |
| Parkiran FT | 38,9 | 30,6 | 29,4 | 33,2 | 28,9 | 32,2 |
| Ormawa FT | 8,3 | 11 | 20,9 | 16,7 | 22,9 | 15,96 |
| Musholla | 14 | 15,2 | 11,6 | 23,3 | 16,1 | 16,04 |

| | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Penunjuk 1 | 34,4 | 14,3 | 19,9 | 8,2 | 15,7 | 18,5 |
| Penunjuk 2 | 7,8 | 14,5 | 9 | 6,3 | 7,1 | 8,94 |
| Penunjuk 3 | 15,7 | 22,9 | 19,3 | 13,7 | 16,9 | 17,7 |

Tabel VII menunjukkan hasil pengukuran selisih jarak setiap POI dan bisa disimpulkan bahwa selisih jarak tertinggi terdapat pada POI Parkiran FT dengan selisih sebesar 38,9 meter dari koordinat acuan. Sedangkan selisih jarak terendah terdapat pada POI Lapangan Voli E2 dengan selisih sebesar 5,4 meter dari koordinat acuan.

Perhitungan rata-rata selisih jarak dari seluruh pengujian adalah :

$$\begin{aligned} \bar{x} \text{ selisih} &= \frac{\sum \text{Rerata (meter)}}{\text{Jumlah data POI}} \quad (1) \\ &= \frac{322,87 \text{ meter}}{20} \\ &= 16,14 \text{ meter} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh rata-rata selisih jarak keseluruhan adalah sebesar 16,14 meter. Maka, secara keseluruhan nilai akurasi POI adalah 16,14 meter dari titik sesungguhnya. Nilai akurasi tertinggi sebesar 5,4 meter dan nilai akurasi terendah sebesar 38,9 meter.

7) *Persentase Keberhasilan Uji Aplikasi* : Tahap pengujian aplikasi pada setiap skenario uji menghasilkan output berupa keberhasilan pengujian atau kegagalan pengujian. Untuk menentukan persentase keberhasilan dari keseluruhan pengujian, maka berikut adalah himpunan hasil pengujian aplikasi.

TABEL VIII
TABEL HIMPUNAN HASIL PENGUJIAN

| Jenis Pengujian | Penjelasan | Output Pengujian |
|--|---|---|
| Pengujian Pendeteksian POI berdasarkan Jarak | Pengujian berhasil. 4 variabel jarak berbeda berhasil menampilkan POI dengan catatan perubahan ukuran objek berdasarkan jarak | $= \frac{4}{4} \times 100\%$ $= 100\%$ |

| | | |
|---|---|--|
| Pengujian Pendeteksian POI berdasarkan Ketinggian | Pengujian berhasil pada 8 variabel pengujian (POI tampil pada tempatnya), sedangkan 4 lainnya gagal karena POI tidak pada tempatnya. | $= \frac{8}{12} \times 100\%$ $= 67\%$ |
| Pengujian Pendeteksian POI berdasarkan Sudut | Pengujian berhasil pada 2 variabel sudut, sedangkan 2 variabel lainnya gagal karena sudut pemindaian menjauhi lokasi POI sehingga POI tidak tampil. | $= \frac{2}{4} \times 100\%$ $= 50\%$ |
| Pengujian Pendeteksian POI berdasarkan Orientasi | Pengujian berhasil. 2 variabel orientasi berhasil menampilkan POI. Orientasi perangkat tidak berpengaruh terhadap pemindaian POI | $= \frac{2}{2} \times 100\%$ $= 100\%$ |
| Pengujian Akurasi Penempatan POI | Selisih jarak antara koordinat asli dengan koordinat hasil pemindaian menghasilkan nilai akurasi POI yang variatif | Akurasi POI tertinggi (selisih terendah) adalah 5,4 meter. Akurasi POI terendah (selisih tertinggi) adalah 38,9 meter. Rata-rata akurasi POI adalah 16,14 meter. |

Untuk menentukan persentase keberhasilan uji, maka dilakukan seluruh persentase diakumulasikan untuk memperoleh rata-rata persentase keberhasilan uji dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Persentase} &= \frac{\sum \text{Persentase}}{\text{Jumlah pengujian}} \quad (2) \\ &= \frac{100\% + 67\% + 50\% + 100\%}{4} \\ &= 79,25\% \end{aligned}$$

Dengan hasil tersebut, maka persentase keberhasilan pengujian aplikasi Peta Augmented Reality Fakultas Teknik adalah 75% dengan rata-rata tingkat akurasi aplikasi sebesar 16,14 meter.

IV. KESIMPULAN

Melalui pengimplementasian *Markerless Location-Based* dalam aplikasi Peta Augmented Reality Fakultas Teknik berbasis Android, sejumlah tahapan pengembangan telah dilakukan hingga tahap pengujian. Dengan output hasil pengujian yang telah tertulis, maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu :

- 1) Pengujian akurasi penempatan lokasi pada aplikasi ini menghasilkan nilai rata-rata akurasi lokasi POI sebesar 16,14 meter. Hal tersebut berarti hasil pemindaian lokasi rata-rata memiliki selisih jarak sebesar nilai tersebut dari lokasi sesungguhnya. Dengan nilai akurasi tertinggi (berdasarkan nilai selisih jarak terdekat) diperoleh POI Lapangan Voli E2 sebesar 5,4 meter dan nilai akurasi terendah (berdasarkan nilai selisih jarak terjauh) diperoleh POI Parkiran FT sebesar 38,9 meter.
- 2) Pengujian fungsionalitas aplikasi menunjukkan kemungkinan penggunaan aplikasi dibawah kemungkinan pengaruh situasi saat pemindaian berlangsung. Dimana hasil uji menunjukkan keberhasilan pemindaian (terhadap POI tunggal) dengan sudut maksimal 30° baik arah kanan maupun kiri, dengan visibilitas objek yang masih jelas pada jarak dibawah 20 meter, dan ketinggian perangkat untuk hasil POI yang optimal maksimal 10 meter, serta pemindaian dapat dilakukan baik dalam orientasi portrait maupun landscape. Secara keseluruhan, keberhasilan pengujian fungsionalitas tersebut memiliki persentase total 79,25% atau 16 output berhasil dari total 22 pengujian.
- 3) Aplikasi berhasil dibangun menggunakan SDK Google ARCore dengan metode *Markerless Location-Based* dan dapat berjalan pada *smartphone* Samsung Galaxy J7 Pro (2017) dengan Android 9 sehingga bisa digunakan pada perangkat-perangkat berbasis Android yang lebih baru dan mendukung Google ARCore.
- 4) Aplikasi Peta Augmented Reality Fakultas Teknik yang berbasis Android dapat menjadi sarana navigasi tambahan yang menampilkan informasi secara spesifik berupa inisial gedung yang disajikan dalam objek virtual 3 dimensi dengan teknologi Augmented Reality dan hanya menampilkan informasi di lingkup Fakultas Teknik Unesa.
- 5) Pemilihan metode *Markerless Location-Based* menjadi pilihan yang tepat dalam pengembangan aplikasi Augmented Reality di bidang navigasi proses pemindaian hingga munculnya objek dipicu secara otomatis berdasarkan *Location-Based Services* yang disediakan oleh *smartphone* pengguna nantinya..

UCAPAN TERIMAKASIH

Segala puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT yang atas izin-Nya, penulis memperoleh kesempatan dan nikmat tak terhingga untuk dapat menyelesaikan penelitian ini.

Penghormatan dan rasa penuh terima kasih penulis persembahkan untuk kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa mendampingi dan mendukung selama proses penyusunan penelitian ini. Terima kasih juga penulis ucapkan dengan penuh kerendahan hati kepada dosen pembimbing yang terus mendorong dan memacu penulis untuk menyelesaikan penelitian ini sejak awal hingga akhir. Dengan penuh rasa syukur dan sukacita, penulis berterima kasih kepada semua pihak yang mendampingi dan menuntun penulis selama ini.

REFERENSI

- [1] S. Chanpharith, A. J. Santoso and Suyoto, "Analysis and Implementation of Location-Based Augmented Reality Mobile Application for Searching Tourist Attractions and Culinary Places in Phnom Penh City, Cambodia," *IJCST*, vol. 4, no. 6, 2017.
- [2] T. Liao, "Future directions for mobile augmented reality research: Understanding relationships between augmented reality users, nonusers, content, devices, and industry," *Mobile Media & Communication*, vol. 07, no. 01, pp. 131-149, 2019.
- [3] S. M. H. Asraf, A. F. M. Hashim and S. Z. S. Idrus, "Mobile Application Outdoor Navigation Using Location-Based," *JICETS*, 2019.
- [4] K. Chopra and B. Gupta, "Location-based Augmented Reality Application for Tourism," *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*, vol. 12, no. 04, pp. 973-982, 2020.
- [5] A. S. T. Guntur, A. S. Sukamto and H. Muhandi, "Augmented Reality Peta Informasi Jalan di Kota Pontianak," *JUSTIN*, vol. 7, no. 4, pp. 235-241, Oktober 2019.
- [6] G. Kharismajati, R. Umar and Sunardi, "Penerapan Augmented Reality Location Based Service Obyek Wisata Purbalingga Berbasis Android," in *Seminar Nasional Dinamika Informatika*, Yogyakarta, 2020.
- [7] M. C. Botrugno, G. D'Errico and L. T. D. Paolis, "Augmented Reality and UAVs in Archaeology: Development of a Location-Based AR Application," *Springer International Publishing*, vol. 2, pp. 261-270, 2017.
- [8] M. Unal, E. Bostanci, E. Sertalp, M. S. Guzel and N. Kanwal, "Geo-location Based Augmented Reality Application For Cultural Heritage Using Drones," *IEEE*, 2018.

- [9] Y. Zhang, Y. Shen and W. Zhang, "Campus SAGA: Historical 360 degree VR and Location based AR," in *Web3D*, 2018.
- [10] M. Cauchi and D. Scerri, "Enriching Tourist UX via a Location Based AR Treasure Hunt Game," in *IEEE 9th International Conference on Consumer Electronics*, Berlin, 2019.
- [11] E. Y. Pradana, "Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Penunjuk Arah Lokasi Bangunan Bersejarah Kota Medan Menggunakan Markerless GPS Based Tracking," Medan, 2019.
- [12] T. C. W. Muslimin, "Rancang Bangun Aplikasi Pencari Lokasi Masjid Posdaya Berbasis GPS dengan Markerless Augmented Reality," 2017.
- [13] A. Wiralodra, "Aplikasi Augmented Reality Location Based Service Rumah Makan di Sekitar Universitas Islam Indonesia Berbasis Android," 2018.
- [14] B. P. W. Nirmala, N. W. Utami and A. A. I. I. Paramitha, "Implementasi Aplikasi Augmented Reality Berbasis Lokasi Untuk Pengenalan Atraksi Wisata di Kota Denpasar," *Jurnal Karya Abdi*, vol. 4, no. 2, pp. 339-343, 2 Agustus 2020.
- [15] M. Kramer, "Lifecycle: An Analyses Based On The Waterfall Model," *Review of Business & Finance Studies*, vol. 9, no. 1, pp. 77-84, 2018.
- [16] S. L. Ginting and D. A. Juniarto, "Penentuan Rute ATM Terdekat Menggunakan Metode Markerless Augmented Reality Berbasis Android," in *Seminar Nasional Komputer dan Informatika (SENASKI)*, 2017.
- [17] F. A. A. Sagala, "Penerapan Augmented Reality Untuk Menampilkan Label Bangunan Bersejarah di Kota Medan Menggunakan Markerless GPS Based Tracking," 2019.
- [18] "ARSpy: Breaking Location-Based Multi-Player Augmented Reality Application for User Location Tracking," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 21, no. 2, Februari 2022.
- [19] Z. Oufqir, A. E. Abderrahmani and K. Satori, "ARKit and ARCore in serve to augmented reality," in *2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)*, 2020.
- [20] Y.-H. S. D.-W. P. Xinqi Liu, "Application Development with Augmented Reality Technique using Unity," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 13, no. 21, 2018.
- [21] E. T. M. Guevarra, "Modeling and Animation Using Blender: Blender 2.80: The Rise of Eevee," Apress, 2019, pp. 1-5.
- [22] S. D. S. M. D. R. Ahmad Fali Oklilas, "Akurasi Pembacaan GPS pada Android untuk Location Based Service (Studi Kasus: Informasi Lokasi SMA di Palembang)," *Jurnal Ilmu Komputer dan Agri-Informatika*, vol. 4, no. 1, pp. 1-5, 2017.
- [23] I. A. Tafa, "Analisis Tingkat Akurasi Global Positioning System Smarthphone Dalam Menentukan Titik Lokasi Pada Google Maps," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, 2018.