



## Perancangan Aplikasi *Augmented Reality* untuk Visualisasi 3D Informasi Pertanahan dan Tata Ruang di Wilayah Urban Yogyakarta

(*Design of an Augmented Reality Application for 3D Visualization of Land and Spatial Information in  
Urban Areas of Yogyakarta*)

Adrian Nugroho Pamungkas<sup>1</sup>, Trias Aditya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Magister Teknik Geomatika, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

**Penulis Korespondensi:** Adrian Nugroho Pamungkas | **Email:** [adrian.nugroho@mail.ugm.ac.id](mailto:adrian.nugroho@mail.ugm.ac.id)

Diterima (*Received*): 16/Dec/2024 Direvisi (*Revised*): 26/Oct/2025 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 26/Oct/2025

### ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong inovasi dalam berbagai bidang, termasuk visualisasi data geospasial. Dalam konteks pertanahan dan tata ruang, informasi yang disajikan dalam format 2D sering kali tidak cukup untuk menggambarkan kompleksitas dan dinamika yang terjadi, terutama di daerah urban. Masyarakat umum sering mengalami kesulitan dalam membaca dan menginterpretasikan informasi pertanahan dan tata ruang, yang mengakibatkan minimnya perhatian terhadap proses perencanaan ruang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang aplikasi *Augmented Reality* (AR) yang dapat memvisualisasikan informasi pertanahan dan tata ruang dalam bentuk 3D di Kelurahan Terban dan Kotabaru, Kota Yogyakarta. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis kebutuhan pengguna hingga pengujian *black-box* untuk memastikan fungsionalitas aplikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi yang dirancang mampu menyajikan informasi secara interaktif dan realistis, sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman pengguna terhadap informasi pertanahan dan tata ruang yang kompleks. Berdasarkan pengujian *black-box*, dari 13 fitur yang diuji, 12 fitur berhasil berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Dengan demikian, aplikasi AR ini memiliki potensi yang baik dalam menyampaikan informasi pertanahan dan tata ruang. Penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi AR di Indonesia, khususnya dalam konteks pertanahan dan tata ruang, serta membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut dalam penerapan teknologi serupa di bidang lainnya.

**Kata Kunci:** *Augmented Reality*, Visualisasi 3D, Informasi Pertanahan, Tata Ruang, Yogyakarta

### ABSTRACT

Information and communication technology development has driven innovation in various fields, including the visualization of geospatial data. In the context of land and spatial planning, information presented in a 2D map representation of 3D regulations and built environments often does not facilitate users' understanding of the relationship between land and spatial information and the actual objects in urban areas. The general public frequently faces difficulties in reading and interpreting land and spatial information, leading to a lack of attention to spatial planning processes. This research aims to design an *Augmented Reality* (AR) application that can visualize land and spatial information in 3D in the Terban and Kotabaru urban wards of Yogyakarta City. The methods used in this study include user needs analysis and *black-box* testing to ensure the application's functionality. The study results indicate that the designed application can present information interactively and realistically, thereby enhancing users' understanding of complex land and spatial information. Based on *black-box* testing, out of 13 features tested, 12 features functioned well and met the established specifications. Therefore, this AR application has significant potential in conveying land and spatial information. This research also contributes to the development of AR technology in Indonesia, particularly in the context of land and spatial planning, and opens opportunities for further research in applying similar technologies in other fields.

**Keywords:** *Augmented Reality*, 3D Visualization, Land Information, Spatial Planning, Yogyakarta

## 1. Pendahuluan

Teknologi *Augmented Reality* (AR) telah mengalami kemajuan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir (Tolani, 2023). AR merupakan teknologi yang memungkinkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan objek digital yang ditumpangkan pada dunia nyata melalui perangkat komputer portabel seperti *smartphone* (Dargan dkk., 2023). Kemajuan AR sejalan dengan perkembangan teknologi komputasi, khususnya dalam kemampuan pengolahan grafis. Meskipun berukuran ringkas, pemrosesan objek digital berupa model 2D dan 3D dengan *smartphone* pada saat ini semakin mudah. Transformasi dari komputer tidak portabel dan berukuran besar menjadi perangkat bergerak dengan ukuran kecil telah membuka peluang baru dalam menerapkan teknologi AR secara lebih luas dalam berbagai aplikasi. Hal ini juga didukung dengan adanya berbagai sensor terintegrasi dalam *smartphone* yang mendukung penerapan teknologi AR (Chmielewski dkk., 2019).

Bidang pertanahan dan tata ruang memiliki potensi besar dalam penerapan teknologi AR karena keterkaitan erat dengan sektor-sektor yang langsung berdampak pada masyarakat, seperti properti, perdagangan, dan pertanian. Meskipun demikian, penelitian mengenai penerapan teknologi AR dalam kedua bidang tersebut masih sangat terbatas (Safari Bazargani dkk., 2022; Andaru dkk., 2024), terutama dalam konteks visualisasi 3D informasi pertanahan dan tata ruang. Dalam bidang pertanahan, AR dapat menawarkan solusi inovatif untuk visualisasi batas properti bidang tanah secara lebih realistis. Paffendorf dkk. (2022) telah secara terbatas mengaplikasikan visualisasi yang realistis terkait batas properti bidang tanah menggunakan AR. Di sisi lain, dalam konteks tata ruang, Othengrafen dkk. (2023) menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan partisipasi dan pemahaman dampak perencanaan melalui visualisasi nyata dalam lingkungan fisik. Selain itu, teknologi AR juga berpotensi membantu proses pengambilan keputusan terkait properti bidang tanah dan tata ruang dengan menyediakan visualisasi interaktif dan realistis dari berbagai skenario.

Penyajian informasi pertanahan dan tata ruang dalam format 2D sering kali tidak cukup untuk menggambarkan kompleksitas dan dinamika yang terjadi, terutama di daerah urban. Masyarakat umum sering mengalami kesulitan dalam membaca dan menginterpretasikan informasi tersebut, yang dapat mengakibatkan minimnya perhatian terhadap proses perencanaan ruang. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan baru yang mampu menyajikan informasi tata ruang dengan cara yang lebih jelas dan mudah dimengerti oleh masyarakat. Dalam hal ini, AR dapat menawarkan solusi inovatif untuk visualisasi batas properti dan rencana tata ruang secara lebih realistis.

Kawasan perkotaan seperti Kelurahan Terban dan Kotabaru di Kota Yogyakarta dipilih sebagai lokasi penelitian ini. Kedua kelurahan ini memiliki kompleksitas tata ruang dan pertanahan yang tinggi, dengan berbagai

jenis penggunaan lahan, mulai dari perumahan hingga area komersial (Dardak dkk., 2008). Selain itu, keberagaman dalam pemanfaatan ruang dan pertanahan di kedua kelurahan tersebut, termasuk adanya wilayah yang rawan bencana, menjadikannya representatif untuk tantangan yang dihadapi oleh kawasan perkotaan dalam hal tata ruang dan pertanahan. Akses yang baik ke infrastruktur digital di kedua kelurahan ini juga menjadi faktor penting dalam implementasi teknologi AR.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan aplikasi berbasis Android yang dapat memvisualisasikan informasi pertanahan dan tata ruang dalam bentuk 3D menggunakan teknologi AR. Dengan aplikasi ini, diharapkan pengguna dapat melihat dan berinteraksi langsung dengan informasi pertanahan dan tata ruang di lokasi yang relevan, seperti menelusuri batas-batas bidang tanah secara *real-time* dan mengamati peraturan terkait batas ketinggian maksimal yang diperbolehkan untuk suatu bangunan. Selain itu, penelitian ini juga akan merancang fitur-fitur aplikasi sesuai dengan kebutuhan pengguna yang telah diidentifikasi dan mengevaluasi fungsionalitas aplikasi melalui pengujian *black-box*. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi AR di Indonesia, khususnya dalam konteks pertanahan dan tata ruang, serta membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut dalam penerapan teknologi serupa di bidang lainnya.

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

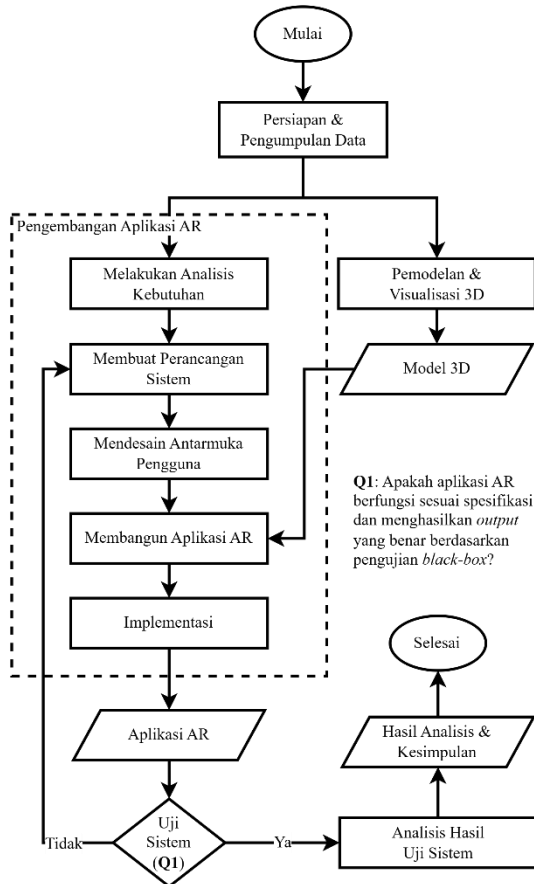
Penelitian ini menggunakan data spasial dan atribut yang mencakup data bidang tanah dan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR). Data bidang tanah mencakup informasi batas-batas tanah, sedangkan RDTR berisi rencana pola ruang yang berlaku. Data atribut meliputi Nomor Identifikasi Bidang (NIB), Tipe Hak Atas Tanah (HAT), Rentang Zona Nilai Tanah (ZNT), dan Nilai Jual Objek Pajak (NJOP), semua diperoleh pada tahun 2024. Penelitian dilakukan di Kelurahan Terban dan Kotabaru, Kota Yogyakarta, dengan total luas area 1,51 km<sup>2</sup>. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

## 2.2. Metodologi

Tahapan pelaksanaan penelitian ini terdiri dari persiapan dan pengumpulan data, pengolahan data, pemodelan dan visualisasi 3D, pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR), dan pengujian fungsionalitas aplikasi. Diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 2, tahapan penelitian dirincikan sebagai berikut:

### 1. Persiapan dan Pengumpulan Data

Data bidang tanah yang diperoleh dari Kantor Pertanahan/Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kota Yogyakarta dalam format Geospasial PDF diolah menggunakan QGIS. Proses dimulai dengan mengonversi data dari *polyline* ke *polygon* dan mengubah sistem koordinat menjadi WGS 1984. Setelah konversi, kesalahan geometri seperti tumpang tindih diperbaiki menggunakan plugin *Dissect and dissolve overlaps*. Pengecekan topologi dilakukan dengan plugin *Topology Checker* untuk memastikan tidak ada duplikasi, celah, atau geometri yang tidak valid, dan kesalahan diperbaiki dengan *tool Toggle Editing*. Data atribut, termasuk NIB dan HAT, ditambahkan secara manual, dan data yang teridentifikasi sebagai jalan dihapus untuk mengurangi kompleksitas visualisasi 3D. Pengolahan data RDTR dilakukan

dengan mengekstrak rencana pola ruang berdasarkan batas administrasi Kelurahan Terban dan Kotabaru, di mana fitur yang terpilih diekspor. Data RDTR juga diperiksa dan diperbaiki topologinya, beberapa *field* dihapus untuk menyederhanakan atribut dan *field* yang relevan disesuaikan dengan Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 118 Tahun 2021, termasuk batas ketinggian bangunan (*ktb<sub>gmax</sub>*) untuk pembuatan model 3D.

### 2. Pemodelan dan Visualisasi 3D

Pada tahap ini, penelitian difokuskan pada pembuatan model 3D dan visualisasi menggunakan Unity untuk Mode AR. Model 3D dapat dibuat dengan dua pendekatan: memodelkan langsung di Unity atau menggunakan perangkat lunak lain seperti Blender. Pertimbangan utama dalam memilih pendekatan adalah sumber data yang berupa data geospasial 2D, yang tidak dikenali secara *native* oleh Unity. Jika menggunakan perangkat lunak lain, data 2D harus dimodelkan menjadi 3D dan diekspor ke format yang didukung Unity, seperti *\*.fbx* atau *\*.obj*. Namun, format tersebut tidak menyimpan koordinat geospasial, sehingga posisi objek harus diatur secara manual, yang tidak efisien. Oleh karena itu, pendekatan *scripting* dipilih untuk mengatasi masalah ini.

Meskipun Unity tidak mengenali data geospasial secara *native*, Unity dapat membaca format JSON. Data 2D geospasial dapat dengan mudah dikonversi menjadi format GeoJSON menggunakan perangkat lunak GIS seperti QGIS. GeoJSON adalah format JSON yang ditambahkan dengan koordinat geospasial, yang memungkinkan koordinat tersebut diekstraksi melalui proses parsing JSON. Dalam penelitian ini, tingkatan detail dari model 3D yang diharapkan adalah LOD 0 dan LOD 1. LOD 0 merupakan bidang alas, di mana data koordinat 2D dapat langsung dipetakan sebagai titik-titik, yang kemudian dilakukan triangulasi untuk membentuk *mesh*. Untuk mendapatkan LOD 1, bidang alas *mesh* dilakukan ekstrusi pada ketinggian tertentu sehingga menghasilkan representasi tiga dimensi. Konsep ini menduplikasi *mesh* sebagai atap pada ketinggian yang sudah ditetapkan, lalu membuat *mesh* baru yang secara vertikal menghubungkan *mesh* alas dengan atap. Konsep ini terinspirasi dari proyek *Waterlooplein Time Machine* untuk rekonstruksi 3D dari pola jalan di area *Waterlooplein*, Kota Amsterdam yang dibuat oleh Elmar Jansen.

Melihat jumlah fitur yang sangat banyak dalam setiap data geospasial, yang mencapai ribuan, memasukkan data GeoJSON langsung ke Unity Editor akan sangat tidak efektif. Selain itu, mekanisme seperti itu akan menyulitkan dalam pengelolaan data secara dinamis, seperti penambahan, perubahan, atau penghapusan data (*CREATE, READ, UPDATE, and DELETE/CRUD*). Untuk mengatasi hal ini, digunakan sistem basis data PostgreSQL dengan ekstensi PostGIS, yang mampu menyimpan dan mengelola data geospasial dalam format yang lebih terstruktur. Data geospasial dari tahap sebelumnya dimasukkan ke PostgreSQL dengan skrip Python yang telah dikembangkan

oleh penulis. Data GeoJSON yang dibutuhkan untuk pemodelan 3D diambil langsung dari basis data tersebut melalui server Express.js. Proses ini memungkinkan pengambilan data secara dinamis melalui *Endpoint API /geojson/:tableName/:ID*, di mana setiap fitur yang ada di basis data dikonversi menjadi format GeoJSON secara langsung. Setelah data diambil, Unity Editor menggunakan data tersebut untuk membangun objek 3D.

Salah satu tantangan dalam memvisualisasikan data geospasial di Unity adalah perbedaan sistem koordinat. Data GeoJSON yang diambil dari basis data menggunakan sistem EPSG:4326 (WGS 84), yang mengacu pada koordinat lintang dan bujur di permukaan bumi. Sementara itu, Unity menggunakan sistem koordinat kartesian tiga dimensi (X, Y, Z). Oleh karena itu, diperlukan transformasi dari koordinat geospasial ke koordinat kartesian agar posisi objek 3D dapat dipetakan secara akurat di lingkungan Unity. Transformasi ini dilakukan menggunakan skrip yang mengimplementasikan konversi dari sistem geospasial ke sistem kartesian. Dalam skrip *WorldPositionAnchor.cs*, digunakan referensi lintang dan bujur sebagai titik acuan (*origin*) dalam sistem Unity3D. Titik referensi ini merupakan titik tengah dari keseluruhan area studi, yaitu di tengah antara Kelurahan Terban dan Kotabaru. Proses transformasi melibatkan konversi koordinat lintang dan bujur ke dalam satuan radian, menghitung jarak offset dari titik referensi menggunakan model elipsoid WGS84, dan mengonversinya menjadi koordinat kartesian Unity (X, Y, Z).

Setelah parameter elipsoid diketahui, proses transformasi koordinat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

#### Konversi Latitude ( $\varphi$ ) dan Longitude ( $\lambda$ ) ke Radian

$$\varphi_{rad} = \frac{\varphi \times \pi}{180} \quad (1)$$

$$\lambda_{rad} = \frac{\lambda \times \pi}{180} \quad (2)$$

$$\varphi_{ref\_rad} = \frac{\varphi_{ref} \times \pi}{180} \quad (3)$$

$$\lambda_{ref\_rad} = \frac{\lambda_{ref} \times \pi}{180} \quad (4)$$

#### Menghitung Eksentrisitas Elipsoid WGS84

$$e = \sqrt{2f - f^2} \quad (5)$$

#### Menghitung Jari-jari Kelengkungan pada Titik Referensi (N)

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2(\varphi_{ref\_rad})}} \quad (6)$$

#### Menghitung Offset Latitude dan Longitude dari Titik Referensi

$$\Delta\varphi = (\varphi_{rad} - \varphi_{ref\_rad}) \cdot N \quad (7)$$

$$\Delta\lambda = (\lambda_{rad} - \lambda_{ref\_rad}) \cdot N \cdot \cos(\varphi_{ref\_rad}) \quad (8)$$

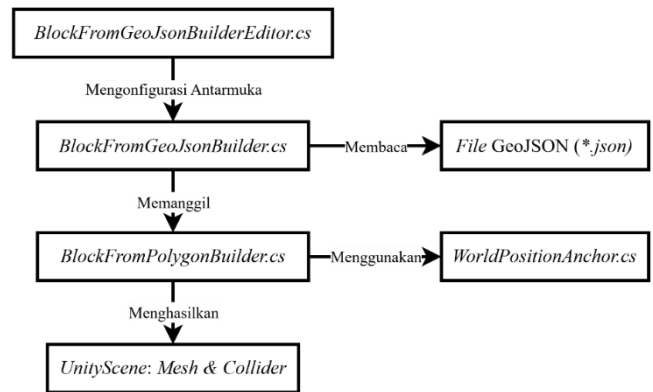
#### Konversi ke Koordinat Kartesian Unity (X dan Z)

$$X' = X + \Delta\lambda = 0 + \Delta\lambda \quad (9)$$

$$Z' = Z + \Delta\varphi = 0 + \Delta\varphi \quad (10)$$

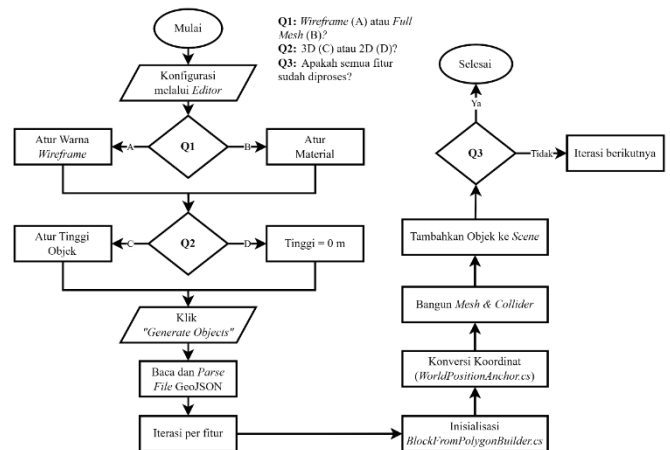
Transformasi ini menghasilkan koordinat kartesian yang kemudian diaplikasikan ke dalam *scene* Unity. Pada tahap konversi ke koordinat kartesian Unity, nilai 0 digunakan untuk X dan Y karena posisi *game object* yang memuat *WorldPositionAnchor.cs* diposisikan di 0,0,0.

Objek 3D dibuat secara otomatis menggunakan beberapa komponen skrip dalam Unity yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Komponen Pemodelan dan Visualisasi 3D

Pada gambar selanjutnya, Gambar 4 menunjukkan alur proses untuk menjelaskan metodologi yang digunakan dalam seluruh tahapan ini.



Gambar 4 Diagram Alir Pemodelan dan Visualisasi 3D

Skrip *BlockFromPolygonBuilder.cs* dan *BlockFromGeoJsonBuilder.cs* berperan penting dalam proses otomatisasi ini. Skrip tersebut mengonversi data GeoJSON yang berisi informasi geospasial menjadi objek 3D di dalam Unity. Proses ini dimulai dengan pengambilan dan *parsing* data GeoJSON yang diambil secara dinamis dari basis data PostgreSQL melalui server Express.js. Setelah menerima respons dalam format GeoJSON, data tersebut

diekstraksi menjadi objek-objek fitur menggunakan GeoJSON.Net. Setiap fitur geospasial yang diterima diuraikan berdasarkan tipe geometrinya (*Polygon* atau *MultiPolygon*), dan kemudian diproses untuk mengonversi koordinat *latitude* dan *longitude* ke koordinat Unity. Jika objek memiliki properti tinggi yang diatur di GeoJSON, tinggi tersebut digunakan untuk menentukan ketinggian ekstrusi objek (LOD 1). Jika tinggi tidak ditemukan, maka ketinggian *default* akan digunakan. Proses pembuatan *mesh* dimulai dengan fungsi *DrawFullMesh()*, yang menggunakan algoritma triangulasi untuk membuat *mesh* berbentuk *polygon* dari koordinat alas. Setelah triangulasi berhasil, *mesh* atas ditambahkan jika objek memiliki tinggi lebih dari 0. Setelah objek selesai dibuat, skrip menambahkan *MeshCollider* ke objek untuk memungkinkan interaksi fisik dalam Unity. Selain itu, fitur tambahan seperti *ObjectInteraction.cs* dan *FeatureAttributesHolder.cs* ditambahkan ke setiap objek untuk memungkinkan interaksi dengan pengguna dan penyimpanan properti atribut fitur GeoJSON.

Setelah semua langkah ini selesai, Unity secara otomatis menghasilkan objek 3D dalam bentuk *game object* di dalam *scene* berdasarkan data geospasial yang diterima. Melalui proses ini, model 3D dapat dihasilkan secara dinamis tanpa perlu memodifikasi setiap objek secara manual. *Game object* yang dihasilkan kemudian digunakan untuk pembangunan aplikasi pada tahap selanjutnya.

### 3. Pengembangan Aplikasi *Augmented Reality* (AR)

Pengembangan aplikasi *Augmented Reality* (AR) merupakan tahapan utama dalam penelitian ini. Proses pengembangan aplikasi melibatkan beberapa tahap penting, mulai dari analisis kebutuhan pengguna hingga pengembangan aplikasi AR. Tiap tahapan dirincikan dalam setiap bagian berikut ini.

#### **Analisis Kebutuhan**

Analisis kebutuhan dalam penelitian ini dilakukan untuk memahami persyaratan yang harus dipenuhi oleh aplikasi *Augmented Reality* (AR) untuk visualisasi bidang tanah dan tata ruang. Data yang digunakan dalam analisis kebutuhan diperoleh melalui survei online menggunakan Google Form, yang disebarluaskan melalui berbagai platform media sosial, seperti WhatsApp, X, dan Line. Responden yang berpartisipasi diwajibkan berusia minimal 17 tahun, dengan asumsi bahwa usia tersebut mencerminkan kepemilikan Kartu Tanda Penduduk (KTP). Pembatasan ini penting karena aplikasi ini dirancang untuk memfasilitasi pengguna umum dalam mengakses informasi properti bidang tanah dan tata ruang, terutama bagi orang yang ingin membeli properti bidang tanah. Hasil survei bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna terkait fitur aplikasi, mengevaluasi pemahaman mereka terhadap teknologi AR, dan mendapatkan masukan untuk pengembangan aplikasi.

#### **Perancangan Sistem**

Pada bagian ini, fokus penelitian adalah merancang

sistem aplikasi yang mencakup bagaimana komponen-komponen dalam sistem berinteraksi satu sama lain untuk mencapai tujuan keseluruhan aplikasi. Perancangan sistem ini melibatkan pembuatan beberapa diagram, di antaranya diagram kasus penggunaan, diagram aktivitas, dan diagram arsitektur sistem. Dengan dibuatnya diagram-diagram ini, diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang struktur dan alur kerja yang mendasari aplikasi. Perancangan sistem dimulai dengan memetakan interaksi pengguna melalui diagram kasus penggunaan, kemudian diperdalam ke dalam diagram aktivitas yang menjelaskan proses lebih detail, hingga akhirnya ke desain arsitektur yang memperlihatkan hubungan antar komponen dan komunikasi antara *frontend*, *backend*, dan layanan eksternal. Setiap komponen dan diagram dalam perancangan ini berperan penting dalam memastikan bahwa aplikasi bekerja sesuai dengan kebutuhan pengguna dan spesifikasi teknis yang telah direncanakan.

#### **Desain Antarmuka Aplikasi**

Desain antarmuka pengguna (*User Interface/UI*) aplikasi dibuat berdasarkan analisis kebutuhan pengguna yang diperoleh dari survei awal. Mayoritas responden mengharapkan tampilan yang sederhana dan mudah digunakan untuk menyesuaikan dengan berbagai tingkat pemahaman teknologi. Oleh karena itu, desain UI ini difokuskan untuk memastikan kemudahan navigasi, aksesibilitas fitur, dan tampilan visual yang mendukung penggunaan aplikasi pada mode Peta 2D maupun Mode AR. Proses perancangan antarmuka diawali dengan identifikasi kebutuhan pengguna, seperti yang diuraikan dari hasil survei. Berdasarkan analisis ini, dibuatlah *mockup* yang menggambarkan sketsa tampilan dari setiap mode, mencakup antarmuka untuk Peta 2D dan Mode AR. *Mockup* ini dibuat menggunakan perangkat lunak Figma untuk memberikan gambaran awal tentang bagaimana elemen-elemen UI akan ditata dan diakses oleh pengguna, sebelum diimplementasikan secara penuh pada aplikasi.

#### **Pengembangan Aplikasi**

Tahap ini merupakan tahapan terpanjang dalam penelitian ini. Pada tahap ini, rancangan sistem dan desain antarmuka yang dihasilkan pada tahap sebelumnya diimplementasikan menjadi sebuah aplikasi melalui proses *scripting*. Pengembangan aplikasi terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu Peta 2D dan Mode *Augmented Reality* (AR). Masing-masing bagian dikembangkan menggunakan *platform* dan bahasa pemrograman yang berbeda untuk memaksimalkan kinerja dan fungsionalitas setiap komponen. Peta 2D dikembangkan menggunakan Android Studio, sementara Mode AR dibangun menggunakan Unity. Alat pengembangan yang berbeda ini dilakukan karena kompleksitas untuk melakukan *raycasting* AR yang lebih mudah dilakukan pada *game engine*, dalam hal ini Unity. Setelah Mode AR di Unity selesai, mode tersebut diekspor dan diintegrasikan ke dalam aplikasi Android yang berisi Peta 2D di Android Studio, sehingga keduanya berada dalam satu paket aplikasi Android.

#### 4. Pengujian Fungsionalitas

Tabel 1 Indikator Pengujian *Black-box*

No	Fitur	Indikator Pengujian
1	Pencarian Lokasi pada Peta 2D	Input teks untuk mencari berdasarkan <i>Place Autocomplete API</i> Mapbox berhasil; <i>Input</i> format "nib" diterima; Hasil pencarian relevan; Setelah lokasi dipilih, akan ter- <i>zoom</i> ke lokasi tersebut
2	Mengaktifkan <i>Layer Data</i> pada Peta 2D	Layer data aktif sesuai pilihan; <i>Transparansi layer data</i> bisa dilakukan
3	Menampilkan Lokasi Terkini Pengguna	Sistem mendeteksi status dari GPS (tidak aktif, aktif ( <i>default</i> ), dan <i>tracking</i> ) dengan tampilan ikon yang berubah; Lokasi terkini pengguna terlihat dalam penanda biru; Perbedaan posisi penanda biru dengan lokasi aktual kira-kira dibawah 5 meter.
4	Berpindah dari Peta 2D ke Mode AR	Transisi antar mode berjalan lancar
5	Mengubah Peta Dasar pada Peta 2D	Semua opsi peta dasar dapat dipilih; <i>Layer data</i> tidak hilang walaupun berganti peta dasar
6	Navigasi Peta ( <i>Zoom, Spin, Panning</i> )	<i>Zoom</i> berfungsi dengan baik pada level minimum dan maksimum; <i>Panning</i> responsif tanpa <i>lag</i> ; <i>Spin</i> responsif tanpa <i>lag</i>
7	Kembali ke Peta 2D dari Mode AR	Transisi kembali ke Peta 2D berhasil dengan lancar
8	Melihat Informasi Atribut pada Peta 2D	Informasi atribut ditampilkan sesuai layer aktif
9	Reset Orientasi pada Peta 2D	Orientasi peta kembali ke utara dan jarum kompas kembali ke utara
10	Pengukuran Titik, Garis, dan Poligon	Pengukuran akurat dalam 5% dari nilai sebenarnya; Penanda titik, garis, dan poligon muncul dengan jelas; Hasil ditampilkan dengan jelas
11	Menampilkan <i>Layer Data</i> pada Mode AR	Layer data muncul sesuai pilihan
12	Pengukuran pada Mode AR	Pengukuran akurat dalam 5% dari nilai sebenarnya; Penanda titik, garis, dan poligon muncul dengan jelas; Hasil ditampilkan dengan jelas
13	Menampilkan Informasi Atribut Objek pada Mode AR	Informasi atribut objek ditampilkan

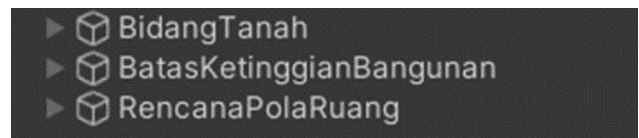
Pengujian aplikasi merupakan tahap akhir dalam penelitian ini, yang bertujuan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah *black-box testing*, yang berfokus pada pengujian fungsionalitas

aplikasi tanpa mempertimbangkan struktur internal atau cara kerja dari sistem. Dalam proses ini, penulis merujuk pada rancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya untuk menentukan indikator pengujian yang relevan untuk setiap fitur aplikasi. Setiap fitur, baik pada Peta 2D maupun Mode *Augmented Reality (AR)*, diuji untuk memastikan bahwa semua fungsi berjalan dengan baik dan sesuai dengan harapan pengguna. Pengujian ini dilakukan dengan mendetailkan tiap fitur menjadi beberapa indikator yang menentukan keberhasilan dalam pengujian. Indikator dapat dilihat pada Tabel 1.

### 3. Hasil dan Pembahasan

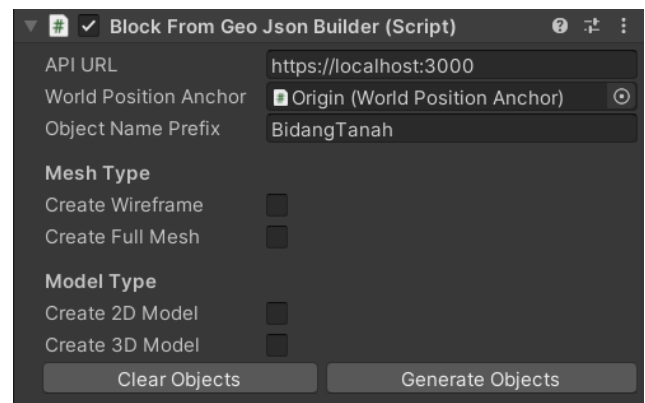
#### 3.1. Model 3D Data Pertanahan dan Tata Ruang

Hasil dari pengembangan skrip otomatisasi pemodelan dan visualisasi 3D di *Unity Editor* dapat dilakukan konfigurasi melalui *inspector*. Skrip tersebut ditambahkan pada *game object* yang berfungsi sebagai *layer data* untuk memuat fitur 3D. Data yang ditampilkan dalam lingkungan *AR* terdiri dari data bidang tanah, batas ketinggian bangunan, dan rencana pola ruang. Tiga *game object* digunakan sebagai *parent* dari setiap data tersebut (lihat Gambar 5).



Gambar 5 *Game Object Parent* sebagai *Layer Data*

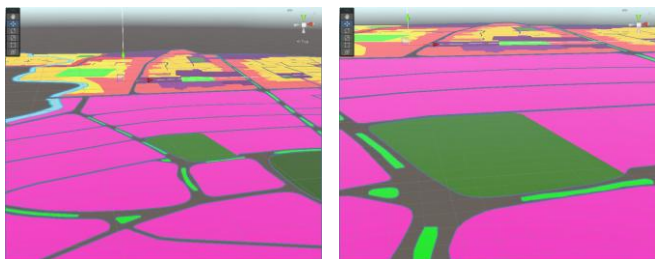
Setelah skrip ditambahkan, konfigurasi akan muncul pada *inspector* seperti yang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Tampilan Konfigurasi untuk Pemodelan dan Visualisasi 3D Otomatis

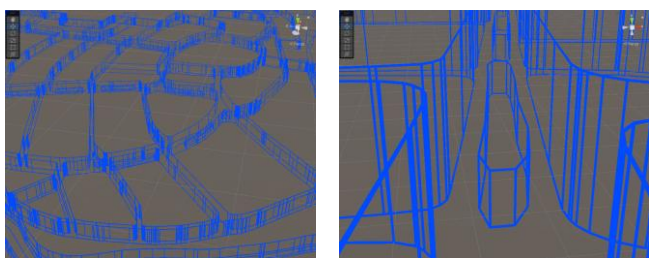
API URL merupakan tautan yang dijadikan sebagai sumber data untuk pemodelan, dan koordinat *latitude* dan *longitude* diperoleh dari peta *Google Maps* yang dimasukkan pada skrip *WorldPositionAnchor.cs*. *Object Name Prefix* dapat dimasukkan untuk mengatur nama objek

yang dihasilkan. Tampilan objek 3D dapat dikonfigurasi dengan memilih tipe mesh (*full mesh* atau *wireframe*) dan tipe model (2D atau 3D). Setelah konfigurasi selesai, tombol *Generate Objects* dapat ditekan untuk melihat hasil pemodelan dan visualisasi 3D). Pada Gambar 7 terlihat visualisasi dari data pola ruang yang berhasil dibuat tipe *full mesh*, di mana gambar sebelah kiri menunjukkan model 3D LOD 1 dan gambar sebelah kanan menunjukkan model 3D LOD 0.



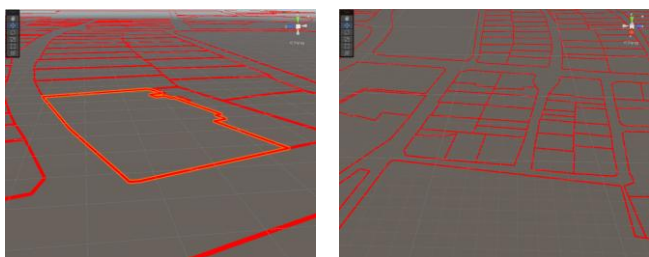
Gambar 7 Model 3D dari Data Pola Ruang RDTR

Hasil model 3D dari Batas Ketinggian Bangunan berbentuk *wireframe* LOD 1 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Model 3D dari Batas Ketinggian Bangunan

Hasil model 3D dari Bidang Tanah berbentuk *wireframe* LOD 0 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Model 3D dari Bidang Tanah

### 3.2. Hasil Analisis Kebutuhan Pengguna

Responden yang mengisi kuesioner berjumlah 48 orang dengan profesi dan usia yang beragam, seperti yang disajikan pada Gambar 10.

Mayoritas responden adalah mahasiswa dengan rentang usia terbanyak antara 18–24 tahun. Berdasarkan hasil survei, 77,1% responden tinggal di kawasan perkotaan, dan

68,8% menyatakan memiliki pemahaman yang memadai tentang bidang tanah dan tata ruang. Terkait familiaritas dengan teknologi AR, 22,9% responden tidak familiar sama sekali, sedangkan 33,3% merasa cukup familiar. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi AR yang dikembangkan perlu dirancang dengan antarmuka yang sederhana dan ramah pengguna. Berdasarkan grafik pada Gambar 10, fitur yang diharapkan oleh responden dalam aplikasi AR meliputi kemampuan melihat lokasi terkini pengguna dengan GPS, visualisasi peta 2D dan 3D, hingga kemampuan untuk menambahkan *label* atau *marker*.

Grafik Umur Berdasarkan Profesi

	Rentang Umur				
	18-24	25-34	35-44	45-54	55-59
ASN PPPK	2	0	0	0	0
Karyawan Swasta	1	0	0	0	0
Konten Kreator	0	1	0	0	0
Mahasiswa	25	1	0	0	0
Pekerja Gig	0	0	0	1	0
Pekerja Lepas	5	1	0	0	0
PNS	0	5	6	7	1
Tenaga Ahli Dispartu DIY	1	2	0	0	0
Tenaga Magang	3	0	0	0	0

Gambar 10 Grafik Profesi dan Umur Responden

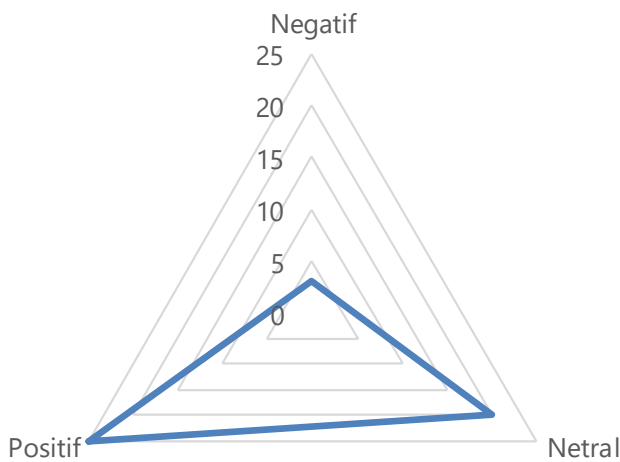
Grafik Fitur Yang Diharapkan Responden



Gambar 11 Grafik Fitur Yang Diharapkan Responden

Hasil *sentiment analysis* pada Gambar 12 menunjukkan bahwa 52% responden memberikan tanggapan positif terhadap desain mockup aplikasi, sementara 42% bersifat netral, dan hanya 6% yang memberikan tanggapan negatif. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum, responden menyambut baik desain dan fitur aplikasi yang diusulkan. Beberapa responden menyoroti tampilan yang menarik dan teknologi yang digunakan. Meskipun demikian, terdapat beberapa masukan yang bersifat kritis, terutama mengenai simbolisasi dan kejelasan tampilan informasi yang masih perlu diperbaiki. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa aplikasi telah memenuhi harapan mayoritas pengguna, namun perlu adanya peningkatan dalam aspek tertentu sesuai dengan kritik yang diterima.

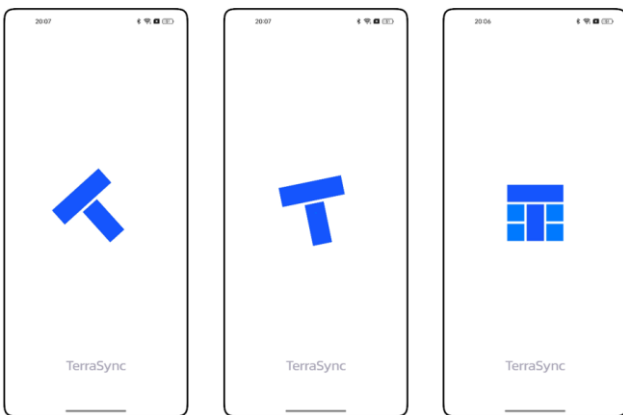
## Grafik Sentiment Analysis



Gambar 12 Grafik Sentiment Analysis

### 3.3. Aplikasi AR

Pada saat pertama kali membuka aplikasi, pengguna akan disambut animasi ikon dari aplikasi yang biasa disebut sebagai *splash screen*. Walaupun tidak esensial, hal ini dapat digunakan untuk membangun identitas dari aplikasi, sehingga pengguna diharapkan dengan mudah mengenali aplikasi yang sedang digunakan. Animasi yang menarik juga diharapkan dapat meningkatkan perhatian pengguna saat pertama kali membuka aplikasi. Selain itu, *splash screen* juga berguna sebagai transisi yang halus sebelum masuk pada antarmuka utama aplikasi. Hal ini membantu pengguna untuk beradaptasi dengan perubahan tampilan dan mempersiapkan mereka untuk interaksi lebih lanjut. Tampilan animasi *splash screen* pada aplikasi ditunjukkan pada Gambar 13. Setelah *splash screen* selesai, pengguna akan diarahkan ke antarmuka utama aplikasi yang secara default mengarah ke tampilan Peta 2D.



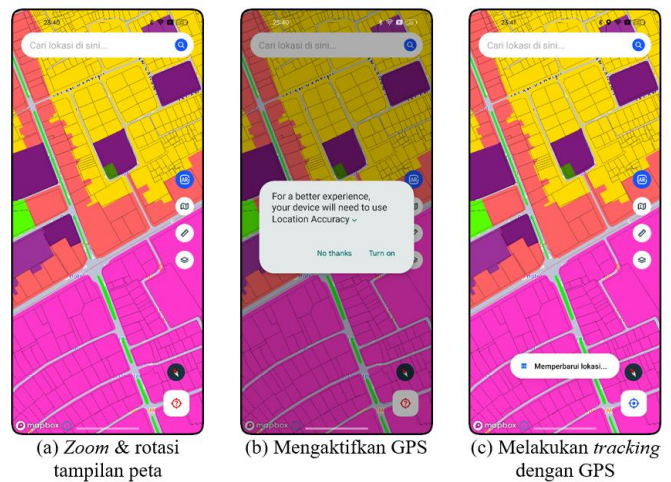
Gambar 13 Animasi Splash Screen Aplikasi

#### 3.3.1. Peta 2D

Peta 2D dipilih sebagai tampilan awal aplikasi karena dapat memberikan gambaran umum terkait informasi

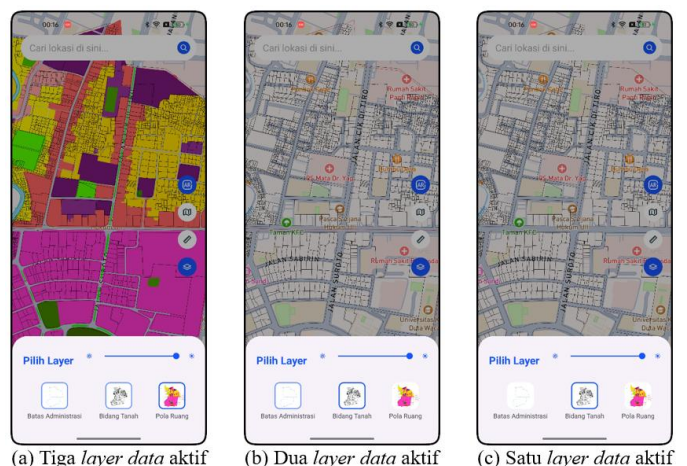
pertanahan dan tata ruang dengan mudah dan efisien. Selain itu, peta 2D sudah banyak digunakan pada berbagai aplikasi, sehingga secara umum pengguna sudah sangat familiar. Dalam tampilan Peta 2D, pengguna dapat berinteraksi dan mengeksplorasi data yang tersedia, meliputi batas administrasi, bidang tanah, dan pola ruang.

Pengguna dapat melakukan *zoom in* dan *zoom out* untuk memperbesar dan memperkecil tampilan peta. Selain itu, pengguna juga dapat melakukan *panning* dan *rotating* untuk menggeser dan memutar tampilan peta. Untuk melihat lokasi terkini di mana pengguna berada, pengguna dapat mengaktifkan fitur geolokasi yang tombolnya juga sudah dibuat secara interaktif. Fitur-fitur ini dirancang agar pengguna dapat dengan mudah melakukan navigasi pada peta tanpa kesulitan yang berarti. Beberapa cuplikan gambar dari fitur-fitur untuk navigasi pada peta dapat dilihat pada Gambar 14.



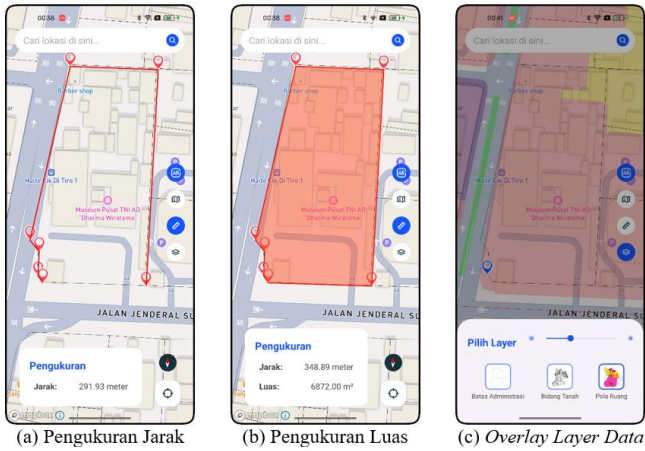
Gambar 14 Cuplikan Fitur untuk Navigasi pada Peta 2D

Data yang dapat ditampilkan pada Peta 2D terdiri dari batas administrasi tingkat kelurahan, bidang tanah, dan pola ruang. Seluruh data tersebut dapat ditampilkan sekaligus pada peta maupun ditampilkan satu per satu (lihat Gambar 15).

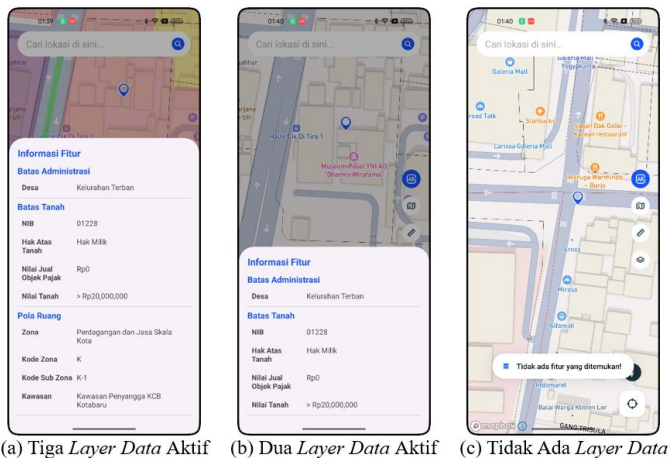


Gambar 15 Cuplikan Fitur untuk Integrasi Data

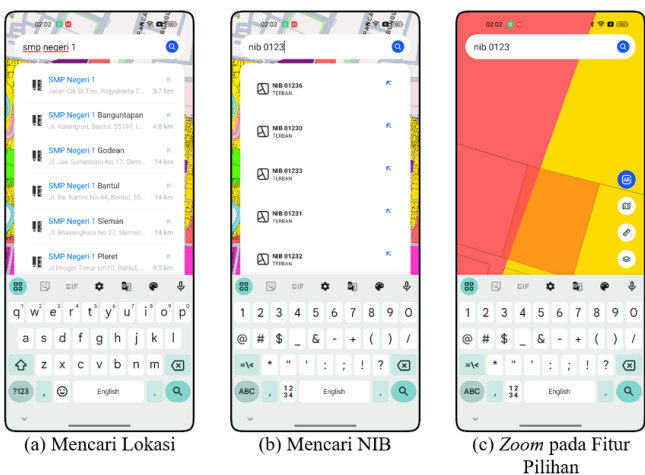
Pengguna dapat melakukan analisis spasial sederhana seperti pengukuran jarak dan luas serta mengubah transparansi layer data agar bisa dilakukan *overlay layer data* (lihat Gambar 16).



Gambar 16 Cuplikan Fitur untuk Analisis Spasial Sederhana



Gambar 17 Cuplikan Fitur untuk Pop-up Informasi Atribut



Gambar 18 Cuplikan Fitur untuk Pencarian Lokasi

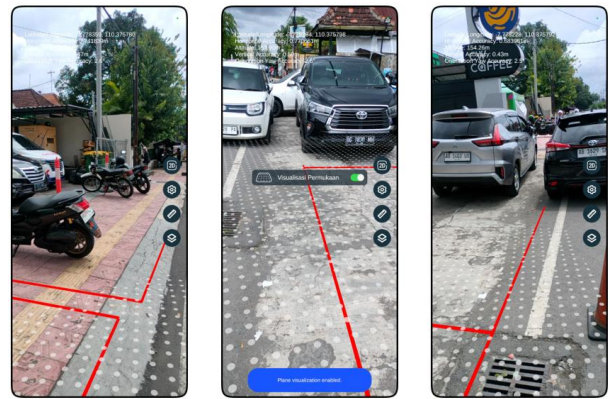
Fitur *pop-up* informasi atribut digunakan untuk memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melihat informasi detail terkait *layer data* yang ditampilkan pada peta. Jika pengguna mengetuk suatu lokasi pada peta, maka akan muncul penanda berwarna biru. Jika ada fitur dari *layer data* yang aktif di lokasi tersebut, maka akan muncul *bottom sheet information* (lihat Gambar 17)

Fitur pencarian dirancang agar pengguna dapat dengan mudah menemukan lokasi tertentu berdasarkan nama tempat yang sudah ter-*geotagging* berdasarkan teks dan pencarian bidang tanah dengan *keyword "nib(spasi)(nomor nib)"* (lihat Gambar 18)

### 3.3.2. Mode AR

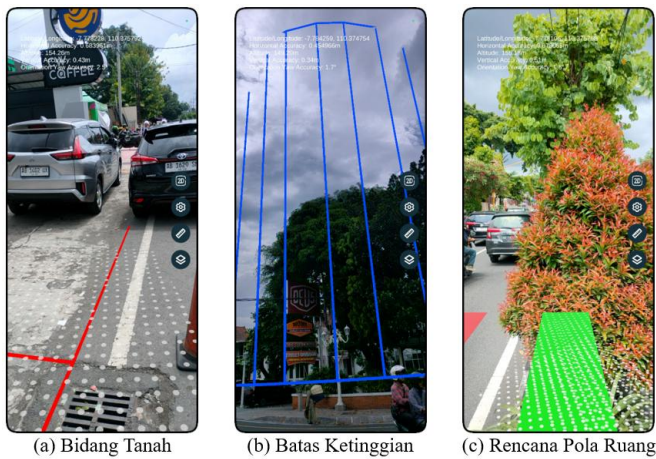
Mode AR dapat diaktifkan dengan menekan tombol AR yang ada pada tampilan Peta 2D. Mode ini dirancang untuk memberikan pengalaman visualisasi yang lebih interaktif dan *real-time* bagi pengguna. Dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*, pengguna dapat melihat batas bidang tanah, batas ketinggian bangunan, dan rencana pola ruang secara langsung di tempat. Selain itu, pengguna juga dapat berinteraksi dengan objek yang muncul untuk mengetahui informasi atribut per fitur objek. Pembangunan Mode AR merupakan yang terlama dan relatif lebih sulit dibandingkan dengan Peta 2D.

Beberapa fitur utama dari mode AR meliputi mendeteksi permukaan. Fitur ini merupakan salah satu pokok dalam Mode AR dengan tujuan pengenalan sistem terhadap lingkungan dunia nyata melalui kamera dan sensor *smartphone* yang digunakan (lihat Gambar 19).



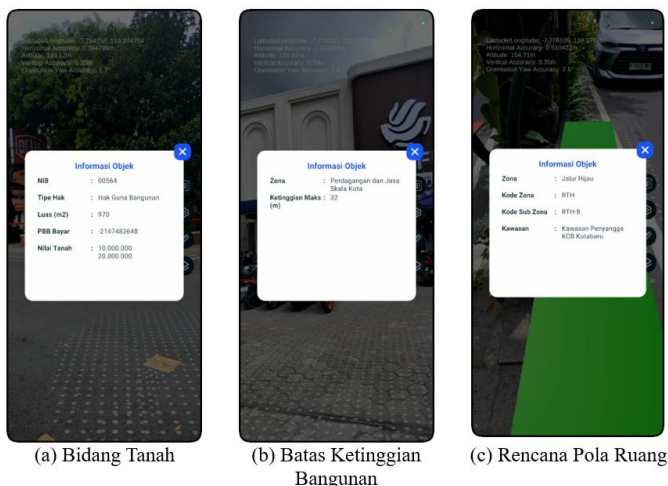
Gambar 19 Cuplikan Fitur untuk Mendeteksi Permukaan

Model 3D yang sudah dibuat digunakan sebagai objek virtual yang akan muncul pada permukaan yang terdeteksi (lihat Gambar 20). Permukaan tersebut dijadikan sebagai referensi tinggi dasar yang menempel dengan alas objek virtual. Posisi horizontal dari objek virtual akan menyesuaikan akurasi horizontal dari *geospatial pose* yang dapat dilihat pada pojok kiri atas layar. Akurasi ini akan baik apabila sudah menggunakan *Visual Positioning System (VPS)*, berkisar di bawah  $\pm 1$  meter. *Visual Positioning System* dapat digunakan apabila sistem sudah mengenali objek 3D *Streetscape Google*.

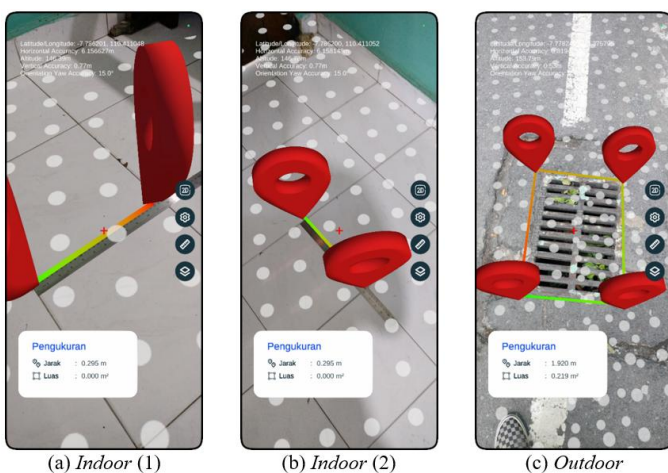


Gambar 20 Cuplikan Fitur untuk Menampilkan Model 3D

Fitur interaksi dengan objek virtual memungkinkan pengguna untuk berinteraksi langsung dengan objek yang ditampilkan dalam lingkungan AR (lihat Gambar 21).



Gambar 21 Cuplikan Fitur untuk Informasi Objek 3D



Gambar 22 Cuplikan Fitur untuk Mengukur Jarak dan Luas

Fitur pengukuran jarak dan luas memungkinkan pengguna untuk mengukur area dan jarak dalam lingkungan AR (lihat Gambar 22). Akurasi dari pengukuran jarak ini cukup baik, terlihat pada gambar dilakukan pengukuran ubin dengan ukuran 30 cm x 30 cm. Hasil dari pengukuran AR menunjukkan 0,295 m atau 29,5 cm.

### 3.4. Hasil Uji Fungsionalitas Aplikasi

Tabel 2 Hasil Pengujian *Black-box* Per Fitur

No	Fitur	Hasil Pengujian	Catatan Tambahan
1	Pencarian Lokasi pada Peta 2D	Berhasil	-
2	Mengaktifkan <i>Layer Data</i> pada Peta 2D	Berhasil	-
3	Menampilkan Lokasi Terkini Pengguna	Berhasil	-
4	Berpindah dari Peta 2D ke Mode AR	Berhasil	-
5	Mengubah Peta Dasar pada Peta 2D	Berhasil	-
6	Navigasi Peta ( <i>Zoom, Spin, Panning</i> )	Berhasil	-
7	Kembali ke Peta 2D dari Mode AR	Gagal	Berhasil kembali ke Peta 2D, namun setelah itu <i>crash</i>
8	Melihat Informasi Atribut pada Peta 2D	Berhasil	-
9	Reset Orientasi pada Peta 2D	Berhasil	-
10	Pengukuran Titik, Garis, dan Poligon	Berhasil	-
11	Menampilkan <i>Layer Data</i> pada Mode AR	Berhasil	-
12	Pengukuran pada Mode AR	Berhasil	-
13	Menampilkan Informasi Atribut Objek pada Mode AR	Berhasil	-

Pada

Tabel 2 disajikan hasil pengujian per fitur. Hasil uji fungsionalitas aplikasi dengan *black-box testing* menunjukkan bahwa dari total 13 fitur yang diuji, 12 fitur berhasil berfungsi dengan baik, sementara 1 fitur mengalami kegagalan. Dengan

demikian, persentase keberhasilan aplikasi dalam pengujian fungsionalitas adalah sekitar 92,3%. Hasil dari uji fungsionalitas ini menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi sebagian besar spesifikasi yang diharapkan dan dapat diandalkan dalam menyajikan informasi pertanahan dan tata ruang. Meskipun ada satu fitur yang perlu diperbaiki, yakni fitur kembali ke peta 2D dari mode AR, hal ini menunjukkan adanya potensi masalah dalam manajemen memori atau pengelolaan *state* aplikasi yang perlu ditangani untuk meningkatkan stabilitas.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa aplikasi AR yang dikembangkan berhasil memenuhi tujuan untuk menyajikan informasi pertanahan dan tata ruang secara interaktif dan informatif. Model 3D yang dihasilkan memberikan representasi visual yang jelas, sementara fitur-fitur dalam aplikasi, seperti navigasi peta, analisis spasial sederhana, dan mode AR, meningkatkan pengalaman pengguna dalam mengakses dan memahami data. Meskipun aplikasi menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi dalam pengujian fungsionalitas, perbaikan pada fitur yang gagal, khususnya dalam transisi dari mode AR ke peta 2D, perlu dilakukan untuk meningkatkan stabilitas dan pengalaman pengguna secara keseluruhan.

#### 5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

#### 6. Referensi

- Andaru, R., Aditya, T., Cahyono, B. K., Santosa, P. B., Yulaikhah, Swastika, S. P. (2024). Automatic DTM and Building Footprint Extraction from Imageries and Point Clouds in Indonesia's Land Registration Drone Survey: A Roadmap Towards Reconstruction of LOD1 3D building model. *12th International FIG Land Administration Domain Model & 3D Land Administration Workshop*, 24-26 September 2024, Kuching, Malaysia. [https://www.gdmc.nl/3DCadastres/workshop2024/programme/3DLA2024\\_paper\\_D.pdf](https://www.gdmc.nl/3DCadastres/workshop2024/programme/3DLA2024_paper_D.pdf)
- Chmielewski, M., Sapiejewski, K., & Sobolewski, M. (2019). Application of augmented reality, mobile devices, and sensors for a combat entity quantitative assessment supporting decisions and situational awareness development. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(21). <https://doi.org/10.3390/app9214577>
- Dardak, H., Algamar, S. B., Poernomosidhi, & Soedradjat, I. (2008). Metropolitan di Indonesia Kenyataan dan Tantangan dalam Penataan Ruang. In *Direktorat Jenderal Penataan Ruang*.
- Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., & Kumar, K. (2023). Augmented Reality: A Comprehensive Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(2), 1057–1080. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09831-7>
- Othengrafen, F., Sievers, L., & Reinecke, E. (2023). Using augmented reality in urban planning processes Sustainable urban transitions through innovative participation. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 32, 54–63. <https://doi.org/10.14512/gaia.32.S1.9>
- Paffendorf, J. (2022). *Land Parcels in Augmented Reality with the Regrid API*. <https://regrid.com/blog/land-parcels-in-augmented-reality-with-the-regrid-api>
- Safari Bazargani, J., Zafari, M., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S. M. (2022). A Survey of GIS and AR Integration: Applications. *Sustainability (Switzerland)*, 14(16), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su141610134>
- Tolani, A. (2023, February). Why Augmented Reality Is One Of The Most Promising Experimental Technologies Of This Decade. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/02/06/why-augmented-reality-is-one-of-the-most-promising-experimental-technologies-of-this-decade/?sh=424d5333c853>
- Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 118 Tahun 2021 tentang Rencana Detail Tata Ruang Kota Yogyakarta Tahun 2021-2041, (2021).