

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Navigasi merupakan suatu kebutuhan dasar manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari, baik saat berada di luar ruangan (*outdoor*) maupun di dalam ruangan (*indoor*). Pada lingkungan luar ruangan, teknologi *Global Positioning System* (GPS) telah menjadi standar utama dalam penentuan posisi karena mampu memberikan informasi lokasi secara akurat dan *real-time*. Namun, pada lingkungan dalam ruangan, efektivitas GPS mengalami penurunan secara signifikan akibat terhalangnya sinyal satelit oleh struktur bangunan seperti dinding dan atap, sehingga menyebabkan tingkat akurasi posisi menjadi rendah dan sulit diandalkan (Jiang & Subakti, 2023; Hořejší et al., 2024).

Teknologi *Augmented Reality* (AR) berkembang sebagai salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan sistem navigasi konvensional di dalam ruangan. Dengan memanfaatkan kamera dan sensor pada perangkat bergerak, AR mampu memvisualisasikan informasi digital secara langsung di atas lingkungan nyata, sehingga memberikan pengalaman navigasi yang lebih intuitif dibandingkan peta dua dimensi (Azuma, 1997). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan AR dalam sistem navigasi mampu meningkatkan efektivitas pencarian lokasi serta kemudahan penggunaan di lingkungan dalam ruangan (Alkady et al., 2024; Maran & Giridharan, 2023).

Meskipun demikian, tantangan utama dalam pengembangan sistem navigasi berbasis AR terletak pada stabilitas posisi dan akurasi pelacakan (*tracking accuracy*) (Durrant-Whyte & Bailey, 2006). Ketidakstabilan pelacakan dapat menyebabkan pergeseran posisi virtual yang tidak sesuai dengan posisi fisik pengguna, sehingga menurunkan kualitas sistem navigasi.

Pada umumnya, terdapat dua pendekatan utama dalam melakukan pelacakan posisi pada sistem AR. Pendekatan pertama adalah metode *Visual Odometry* (VO), yang mengandalkan data sensor inersia (*Inertial Measurement Unit* / IMU) serta fitur visual untuk memperkirakan pergerakan perangkat (Google Developers, 2025; Jiang & Subakti, 2023). Metode ini relatif ringan secara komputasi, namun memiliki kelemahan berupa akumulasi kesalahan posisi (*drift*) yang meningkat seiring bertambahnya jarak tempuh, sehingga lintasan navigasi dapat menyimpang dari posisi sebenarnya. Pendekatan kedua adalah metode *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM), yang tidak hanya melakukan pelacakan

posisi, tetapi juga membangun peta lingkungan secara simultan (Durrant-Whyte & Bailey, 2006; Ress et al., 2024). Dalam ekosistem Android, metode SLAM dapat diimplementasikan melalui teknologi ARCore Cloud Anchor yang memungkinkan sistem mempertahankan titik referensi secara persisten serta melakukan proses relokalisasi posisi (Manuaba, 2021). Teknologi ini memungkinkan perangkat mengenali kembali lingkungan yang telah dipetakan sebelumnya dan melakukan koreksi kesalahan posisi melalui mekanisme loop closure.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi metode SLAM dalam sistem navigasi AR mampu meningkatkan akurasi dan stabilitas pelacakan dibandingkan metode Non-SLAM (Chidsin et al., 2021; Hořejší et al., 2024). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada implementasi sistem secara umum tanpa melakukan perbandingan kuantitatif yang terstandarisasi terhadap tingkat penyimpangan posisi dalam satuan meter pada platform aplikasi yang identik. Selain itu, metode evaluasi akurasi yang digunakan pada penelitian sebelumnya masih bervariasi dan belum sepenuhnya mempertimbangkan perbedaan jumlah sampel data serta perubahan orientasi lintasan (Hořejší et al., 2024; Jiang & Subakti, 2023). Hal tersebut menyebabkan hasil perbandingan antar-metode menjadi kurang objektif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem navigasi AR dalam ruangan berbasis Android serta melakukan analisis perbandingan tingkat akurasi antara metode SLAM dan Non-SLAM menggunakan parameter *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *End Position Error* (EPE). Melalui pendekatan evaluasi yang terstandarisasi dan pengujian pada beberapa skenario lintasan, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang objektif mengenai efektivitas integrasi teknologi SLAM dalam meningkatkan akurasi dan stabilitas sistem navigasi Augmented Reality di lingkungan dalam ruangan..

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah yang dihadapi dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun aplikasi navigasi AR dalam ruangan berbasis Android yang dapat menerapkan dua metode pelacakan berbeda, yaitu SLAM dan *Non-SLAM*(*Visual Odometry*)?
2. Bagaimana perbandingan tingkat akurasi antara metode SLAM dan *Non-SLAM* dalam sistem navigasi AR ketika diuji dengan jarak dan rute yang sama?

3. Seberapa besar tingkat penyimpangan (*drift*) atau error posisi akhir yang dihasilkan oleh metode *Non-SLAM* dibandingkan dengan metode SLAM yang menggunakan fitur relokalisasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengimplementasikan sistem navigasi AR di dalam ruangan menggunakan *Unity Game Engine* dan *AR Foundation* yang dapat menyimpan jalur navigasi (*mapping*) dan memuatnya Kembali (*localization*).
2. Mengukur tingkat keakuratan posisi pengguna dengan menghitung *End Position Error* (EPE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) di dalam scenario pengujian metode SLAM dan *Non-SLAM*.
3. Menganalisis efektivitas penggunaan *ARCore Cloud Anchors* dalam mempertahankan konsistensi jalur navigasi dibandingkan dengan pelacakan standar tanpa *anchor*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi navigasi AR. Evaluasi akurasi yang dilakukan akan melalui perbandingan dua pendekatan pelacakan, baik SLAM maupun *Non-SLAM*. Hal ini akan menjadi dasar dalam menilai kelayakan serta efektivitas penggunaan metode tertentu untuk sistem navigasi AR di dalam ruangan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya fokus pada proses implementasi saja, tetapi juga validasi hasil kinerja sistem secara ilmiah.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik dari segi akademis maupun praktis, serta diharapkan dapat memiliki keterkaitan langsung dengan upaya pencapaian dalam tujuan pembangunan berkelanjutan atau SDGs..

1.4.1 Teoritis

1. Menambah kajian ilmiah pada bidang *Augmented Reality*, khususnya terkait evaluasi akurasi navigasi di dalam ruangan menggunakan teknologi SLAM pada perangkat *mobile*.
2. Menyediakan data empiris mengenai performa metode SLAM dibandingkan dengan Visual Odometry konvensional dalam scenario navigasi AR di lingkungan nyata.

3. Dapat menjadi referensi akademik untuk penelitian selanjutnya yang berfokus pada peningkatan tingkat akurasi pelacakan posisi dalam aplikasi AR berbasis *mobile*.

1.4.2 Praktis

Bagi pengembang aplikasi:

1. Dapat memberikan panduan teknis mengenai implementasi sistem navigasi AR menggunakan *Unity*, *AR Foundation*, dan *ARCore Extensions*.
2. Menyediakan informasi serta perbandingan performa terkait *trade-off* akurasi antara metode SLAM dan *Non-SLAM* sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengembangan aplikasi.
3. Menawarkan arsitektur prototipe yang dapat dijadikan referensi dalam penerapan fitur penyimpanan jalur dan relokalisasi posisi pada aplikasi AR.

Bagi pengguna atau institusi:

1. Memberikan prototipe solusi navigasi digital yang dapat membantu pengguna dalam menemukan lokasi atau tempat di dalam Gedung besar, seperti kampus, rumah sakit, museum, atau pusat perbelanjaan.
2. Meningkatkan efisiensi mobilitas dengan menyediakan sistem bantuan arah yang intuitif berbasis visual AR.
3. Berpotensi menjadi dasar pengembangan implementasi nyata dalam skala yang lebih besar untuk memenuhi kebutuhan dalam bernavigasi di dalam ruangan dengan berbasiskan SLAM.

1.4.3 Keterkaitan dengan Sustainable Development Goals (SDGs)

Penelitian ini juga memiliki korelasi yang kuat dengan beberapa tujuan utama SDGs, yang berfokus pada inovasi, infrastruktur, dan pembangunan kota berkelanjutan.

- SDG 9: Industri, Inovasi, dan Infrastruktur
Penelitian ini mendorong Inovasi Teknologi dengan mengembangkan infrastruktur digital untuk konsep *Smart Building* (bangunan pintar), serta dapat mengatasi keterbatasan sistem navigasi konvensional.
- SDG 11: Kota dan Pemukiman Berkelanjutan.

Mendukung konsep *Smart City* dengan menyediakan teknologi mobilitas di dalam ruangan yang mudah diakses bagi masyarakat umum di ruang public.

- SDG 4: Pendidikan Berkualitas

Dengan studi kasus di lingkungan kampus, aplikasi ini berpotensi meningkatkan aksesibilitas fasilitas Pendidikan bagi mahasiswa baru atau tamu akademik, serta dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Agar penelitian ini dapat lebih terarah dan tidak ini keluar dari pokok permasalahan, maka skripsi penelitian ini akan menetapkan beberapa batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Aplikasi navigasi akan dikembangkan dengan *Unity 2022.3.62f2 (LTS)* dan menggunakan *framework AR Foundation 5.2.0* dan *ARCore Extensions*.
2. Metode SLAM akan diimplementasikan menggunakan fitur *ARCore Cloud Anchors* untuk proses relokalisasi, di mana data jalur navigasi disimpan secara local pada penyimpanan perangkat.
3. Pengujian aplikasi dilakukan dengan menggunakan perangkat Android Xiaomi Redmi Note 11 Pro 5G yang mendukung layanan *Google Play Services for AR*.
4. Lokasi pengambilan dan pengujian akan dilakukan di Gedung kampus ITPLN lantai 1.
5. Parameter akurasi yang diukur berfokus pada selisih jarak (deviasi) antara posisi AR dengan posisi fisik di dunia nyata (*Ground Truth*).
6. Penelitian ini akan berfokus pada aspek tingkat akurasi posisi dan teknis navigasi, dan tidak membahas aspek keamanan jaringan *cloud* maupun manajemen basis data pengguna secara mendalam

1.6 Kebaharuan Penelitian

Kebaharuan penelitian ini terletak pada integrasi tiga aspek utama dalam pengembangan sistem navigasi *Augmented Reality (AR)* di dalam ruangan, yaitu penerapan teknologi *Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)* berbasis *Cloud Anchor*, implementasi sistem navigasi berbasis AR pada perangkat Android, serta evaluasi akurasi kuantitatif menggunakan parameter *Root Mean Square Error (RMSE)* dan *End Position Error (EPE)* dalam satu kerangka penelitian yang terintegrasi.

Penelitian terdahulu umumnya hanya menitikberatkan pada salah satu atau dua aspek tersebut. Hořejší et al. (2024) berfokus pada evaluasi keandalan sistem navigasi AR tanpa melakukan perbandingan langsung antara metode pelacakan yang berbeda. Nukarinen (2023) mengembangkan prototipe navigasi berbasis Unity, namun tidak melakukan analisis kuantitatif penyimpangan lintasan menggunakan parameter error yang terstandarisasi. Sementara itu, Manuaba (2021) memanfaatkan teknologi *Cloud Anchor* dalam skenario kolaborasi jarak jauh tanpa mengkaji aspek navigasi dalam ruangan dan pengukuran akurasi posisi pengguna. Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini membandingkan secara langsung metode SLAM dan Non-SLAM (*Visual Odometry*) dalam sistem navigasi AR yang dikembangkan pada platform yang sama, dengan skenario pengujian yang identik. Selain itu, tingkat akurasi sistem diukur menggunakan parameter RMSE dan EPE berdasarkan pendekatan evaluasi spasial yang terstandarisasi.

Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan implementasi teknologi SLAM berbasis *Cloud Anchor*, sistem navigasi AR, dan pengukuran akurasi kuantitatif dalam satu kerangka evaluasi yang sistematis dan terstandarisasi..