

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam penulisan skripsi dan pembuatan sistem akses ruangan.

#### 2.1.1 Indoor Navigation

*Indoor Navigation* atau navigasi dalam gedung merujuk pada petunjuk atau arahan yang flexible ketika melakukan navigasi di dalam gedung atau kompleks gedung yang baru bagi user. User dapat melihat lokasinya tertampil secara langsung di peta dalam perangkatnya. Setelah memilih tujuan / destinasi atau *point of interest*, sebuah rute menuju destinasi akan tertampil di peta. (Meyer, 2021)

Di dalam lingkungan *indoor* atau dalam gedung, tanpa adanya sinyal GPS atau sinyal langsung dari satelit orbit membuat navigasi dalam gedung lebih menantang daripada *outdoor navigation* atau navigasi luar gedung. *Indoor positioning system* menggunakan berbagai macam teknologi seperti *Inertial Navigation System* (INS), *High-Definition map* (HD), *Bluetooth Low Energy Transmitters* (Beacon), dan lain-lain untuk menentukan posisi user. (Kunhoth et al., 2020)

#### 2.1.2 Augmented Reality

Augmented reality adalah integrasi atau penggabungan lingkungan user atau dunia nyata dengan digital konten secara realtime. Tidak seperti virtual reality, yang mana membuat lingkungan buatan secara total, augmented reality memperbolehkan user merasakan atau melihat objek digital yang diproyeksikan terhadap dunia nyata. (Gillis, 2022)

Augmented reality memberikan element visual, suara dan informasi sensorik lainnya kepada user melalui perangkat seperti smartphone. Informasi ini ditumpuk pada perangkat untuk menciptakan pengalaman yang mengubah persepsi user karena informasi digital dan persepsi user dapat terjalin secara realtime. Informasi yang ditumpuk tersebut dapat ditambahkan sepenuhnya atau hanya menutupi sebagian kecil di lingkungan natural user. (Gillis, 2022)

#### 2.1.3 ARKit

ARKit adalah kit pengembangan perangkat lunak augmented reality milik Apple yang dirilis pada bulan Juni tahun 2017. Kit ini dibuat untuk perangkat berbasis iOS dan dengan kit ini,

pengembang dapat membuat aplikasi augmented reality untuk iphone dan ipad yang berjalan di iOS 11 atau atasnya. SDK ARKit milik Apple tersedia untuk seluruh developer iOS yang sudah memiliki akun Apple Developer. (Oufqir et al., 2020)

Fitur yang ditawarkan oleh ARKit adalah *Tracking*, dimana Apple ARKit dapat melacak posisi smartphone di dunia secara *realtime*, untuk melakukan ini SDK menggabungkan VIO (*Visual Inertial Odometer*) dengan data dari kamera dan motion sensor dari perangkat. Kemudian ada *Understanding the environment*, disini iphone dan ipad dapat mengidentifikasi permukaan horizontal atau vertikal secara *realtime* agar proses integrasi elemen virtual terlihat realistis. dan *Static 2D image recognition*, dimana fitur ini dapat menyimpan gambar dalam aplikasi dan mendeteksi nya di lingkungan nyata, menampilkan dan menambahkan informasi virtual ke dalam gambar tersebut. ARKit juga bisa menggunakan sensor cahaya untuk melihat kondisi pencahayaan ruangan sekitar, dimana data tersebut digunakan untuk menentukan seberapa terang objek virtualnya. ARKit juga bisa membuat refleksi dari objek nyata di objek virtual yang memiliki permukaan besi. (Oufqir et al., 2020)

#### 2.1.4 ARMarker

ARMarker atau *visual marker* merupakan sebuah petunjuk visual yang digunakan sebagai titik referensi oleh aplikasi *Augmented Reality*. Tipe marker ini digunakan untuk mengidentifikasi titik spesifik didalam sebuah ruang dan digunakan sebagai “*anchor*” atau jangkar objek virtual terhadap dunia nyata. ARMarkers digunakan oleh *marker-based augmented reality system*, yang mana menggunakan kamera untuk mendeteksi marker dan memunculkan konten virtual di dalam aplikasi tersebut. Penempatan elemen digital bergantung pada lokasi dari markernya. Biasanya konten virtual akan dimunculkan / ditumpuk di atas marker dan ikut bergerak jika marker bergerak, menjauh maupun mendekat, dan ikut berputar atau berotasi mengikuti gerakan kamera. (Klavins, 2022)

Perbedaan utama antara *marker-based AR* dengan *markerless AR* adalah *marker-based* menggunakan *visual marker* sebagai titik referensi untuk menaruh anchor dari virtual object di dunia nyata, sedangkan *markerless AR* tidak mengharuskan ada *visual marker*. (Ahir, 2021). Marker-based AR selalu berhubungan dengan pola / gambar fisik di dunia nyata, tetapi ada beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika membuat atau menjadikan sebuah gambar menjadi sebuah *visual marker*, semakin complex sebuah visual semakin mudah program akan mengenalinya, setiap marker harus unik agar program tidak salah mengidentifikasi marker tersebut. (Brown, 2020)

### 2.1.5 LiDAR

LiDAR adalah akronim untuk light detection and ranging. LiDAR adalah teknologi yang menerapkan sistem penginderaan jauh sensor aktif untuk menentukan jarak dengan menembakkan sinar laser ke objek. Sebuah sistem LiDAR mendapatkan jarak dengan menghitung waktu antara ditembakkannya sinar laser dari sensor mengenai objek atau permukaan dan sampai diterima kembali oleh sensor. Kemudian jarak dihitung menggunakan kecepatan cahaya, atau disebut perhitungan 'Time of Flight'. (GeoSLAM, 2022)

Teknologi light detection and ranging (LiDAR) saat ini telah banyak dikembangkan. Output LiDAR berupa data tiga dimensi (3D) dengan akurasi yang cukup tinggi dan pengambilan data yang lebih cepat menjadikan teknologi ini mulai banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang. Sehingga, teknologi ini dapat digunakan sebagai alternatif dari teknologi pemetaan secara konvensional (pemetaan terestris). (Aprilia & Awalludin, 2022)

Pada tahun 2020 Apple meluncurkan perangkatnya mulai dari iPad pro dan iPhone 12 pro yang mana keduanya sudah dilengkapi dengan LiDAR. Tujuan utama dengan adanya LiDAR di iPhone adalah untuk meningkatkan implementasi pada Augmented Reality. Hal ini akan memberikan aplikasi banyak data yang berguna dan informasi yang lebih akurat atas lingkungan sekitarnya, untuk pengalaman augmented reality yang lebih halus dan dapat diandalkan. (Brookes, 2020)

### 2.1.6 3D Models

3D Models adalah representasi digital 3 dimensi dari suatu objek atau pemandangan. 3D model dibuat menggunakan 3D Modelling Software dan dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti visualisasi, animasi, game dan *virtual reality*. 3D model terbuat dari titik-titik, garis, dan bidang yang membuat suatu *mesh* (jaring-jaring) yang menentukan bentuk dan struktur sebuah objek. *Mesh* tersebut dapat diperkuat dengan tekstur, pencahayaan, dan efek visual lainnya untuk menciptakan penampilan yang lebih realistis. (Contributor, 2016)

3D Model bisa dibuat menggunakan macam - macam teknik termasuk *polygonal modeling*, *NURBS modelling*, *sculpting*, dan *photogrammetry*. Setelah dibuat, 3D model dapat di export menjadi beberapa format file seperti .OBJ, .FBK, atau .STL, yang dapat digunakan di berbagai program untuk mencapai berbagai tujuan. (TOPS Marketing, 2021)

3D Model dapat digunakan untuk navigasi dalam ruangan. Navigasi dalam ruangan melibatkan 3D Model sebuah gedung atau ruangan indoor yang mana bisa memanfaatkan data

lokasi pengguna untuk membantu orang navigasi di area tersebut. Salah satu cara untuk membuat model 3D untuk navigasi dalam ruangan adalah dengan menggunakan teknik pemindaian laser atau LiDAR (Light Detection and Ranging). Cara ini melibatkan penggunaan perangkat khusus untuk memindai interior bangunan, yang menghasilkan model 3D yang detail dari ruang tersebut. Model 3D tersebut dapat digunakan untuk membuat peta dan memandu orang melalui bangunan. Setelah model 3D dari ruangan dibuat, dapat digunakan bersama dengan data lokasi untuk memberikan informasi navigasi kepada pengguna. Ini dapat mencakup informasi seperti arahan giliran demi giliran, pemberitahuan berbasis lokasi, dan fitur lain untuk membantu pengguna menavigasi ruangan tersebut. (Wen et al., 2021)

### **2.1.7 Graf**

Graf adalah cabang matematika yang mempelajari objek matematika yang disebut graf atau jaringan. Graf adalah kumpulan objek-objek yang disebut simpul atau titik (vertices) yang terhubung oleh garis-garis atau busur (edges). Graf digunakan untuk merepresentasikan berbagai macam relasi antara objek, seperti relasi dalam jaringan sosial, relasi dalam sistem transportasi, dan banyak lagi. (De Luca, 2022)

Dalam bidang ilmu komputer, Teori Graf sering digunakan untuk menganalisis dan memodelkan jaringan dan hubungan antara objek. Teori Graf dapat digunakan untuk memodelkan jaringan sosial, jaringan transportasi, jaringan komputer, dan lain sebagainya. Salah satu aplikasi penting Teori Graf dalam ilmu komputer adalah dalam mencari rute terpendek atau shortest path pada sebuah jaringan atau graf. Algoritma Dijkstra dan algoritma A\* adalah contoh algoritma yang sering digunakan untuk mencari rute terpendek dalam Teori Graf. (Kumar, Anuradha & Kumar, 2015)

Graf dapat digunakan untuk navigasi dalam gedung dengan merepresentasikan gedung sebagai graf yang terdiri dari simpul (node) dan sisi (edge) yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Pada kasus navigasi dalam gedung, simpul-simpul dapat merepresentasikan ruangan, tangga, pintu, lift, dan area lainnya yang dapat menjadi titik orientasi dalam gedung. Sedangkan sisi-sisi dapat merepresentasikan koridor, tangga, atau pintu yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Setelah graf gedung terbentuk, kita dapat menggunakan algoritma graf seperti algoritma Dijkstra atau algoritma A\* untuk mencari jalur terpendek dari suatu titik ke titik lain dalam gedung. Algoritma Dijkstra mencari jalur terpendek dari satu simpul ke semua simpul lainnya dalam graf, sedangkan algoritma A\* mencari jalur terpendek dari satu simpul ke simpul tujuan tertentu. Dalam konteks navigasi dalam gedung, graf dapat menjadi alat yang sangat

berguna dalam membantu orang untuk menemukan jalur terpendek dan efisien di dalam gedung yang kompleks. (Zhu et al., 2021)

#### 2.1.8 A\* algorithm

A\* algorithm atau A-star algorithm adalah salah satu algoritma pencarian jalur terpendek (shortest path) yang sering digunakan dalam navigasi indoor. Algoritma ini mengkombinasikan dua teknik, yaitu algoritma Dijkstra dan heuristic search, untuk menemukan jalur terpendek dari suatu titik ke titik lainnya. (Patel, 2023)

Algoritma A\* diformulasikan dalam bentuk grafik berbobot, mulai dari simpul awal tertentu dari suatu grafik, A\* bertujuan untuk menemukan jalur ke tujuan yang diberikan dan yang memiliki biaya terkecil (jarak terpendek yang ditempuh, waktu terpendek, dll.). Ini dilakukan dengan mempertahankan pohon jalur yang berasal dari simpul awal dan memperluas jalur tersebut satu sisi pada satu waktu sampai kriteria terminasi terpenuhi. A\* seperti Algoritma Dijkstra yang dapat digunakan untuk menemukan jalur terpendek. A\* juga seperti Greedy Best-First-Search karena dapat menggunakan heuristic untuk memandu dirinya sendiri. Dalam kasus sederhana, ini secepat Greedy Best-First-Search. Rahasia keberhasilannya adalah menggabungkan potongan-potongan informasi yang digunakan Algoritma Dijkstra (mendukung simpul yang dekat dengan titik awal) dan informasi yang digunakan oleh Greedy Best-First-Search (mendukung simpul yang dekat dengan tujuan). (Patel, 2023)

Rumus A\* algorithm dapat ditulis sebagai berikut:

$$f(n) = g(n) + h(n) \quad (2.1)$$

Dimana:

$f(n)$  = biaya total dari simpul awal ke simpul n melalui jalur yang sedang diproses

$g(n)$  = biaya yang diperlukan untuk mencapai simpul n melalui jalur yang sedang diproses

$h(n)$  = perkiraan biaya yang tersisa dari simpul n ke simpul tujuan, berdasarkan heuristic

Dalam proses pencarian jalur terpendek, algoritma A\* membandingkan nilai  $f(n)$  dari simpul-simpul yang masih tersisa untuk diproses. Algoritma akan memilih simpul dengan nilai  $f(n)$  terkecil sebagai simpul berikutnya yang akan diproses. Proses ini akan berlanjut hingga simpul tujuan ditemukan atau semua simpul telah diproses dan tidak ditemukan jalur ke simpul tujuan. (GeeksforGeeks, 2023b)

Dalam navigasi dalam gedung, graf dapat merepresentasikan gedung dengan simpul-simpul yang merepresentasikan titik-titik penting seperti ruangan, pintu, lift, dan tangga. Sisi-sisi graf dapat merepresentasikan koridor atau area yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Dengan menggunakan algoritma A\*, pengguna dapat menemukan jalur terpendek dari suatu titik ke titik lain di dalam gedung dengan lebih efisien. (Kasim et al., 2016)

## **2.2 Tinjauan Studi**

### **A. Indoor Navigation Using Augmented Reality (Tadepalli, 2021)**

- Masalah yang diangkat di penelitian ini adalah dibutuhkannya sebuah sistem navigasi *indoor* menggunakan *augmented reality*, karena di dalam gedung Sinyal GPS biasanya kurang akurat. Wifi atau Bluetooth Beacons bisa digunakan untuk navigasi *indoor*, tetapi hanya akurat hingga 5-15 meter dan membutuhkan dana instalasi perangkat yang tinggi.
- Metode yang diusulkan dari penelitian ini adalah menggunakan Unity, Google ARCore dan Blender, dimana Blender digunakan untuk membuat 3D model dari gedung dan ruangan dimana aplikasi akan digunakan, kemudian 3D model ruangan dari blender tersebut akan diimport ke dalam Unity dan dibuat Navmesh agar dapat diperkirakan area dimana user bisa berjalan. Dan untuk Augmented reality nya sendiri menggunakan Google ARCore, dimana Google ARCore sendiri merupakan plugin yang membuat fungsi augmented reality ke dalam Unity. Sebab untuk menyediakan augmented reality, perangkat yang digunakan juga butuh memahami lingkungan sekitarnya, dan ARCore menyediakan banyak fungsi untuk memahami objek di dunia nyata. Peneliti juga menggunakan QR Code untuk mengetahui posisi user sekarang, karena dianggap semua tujuan juga bisa menjadi titik awal. Untuk pathfinding juga menggunakan algoritma A\*, dimana algoritma ini untuk mencari jalan tercepat untuk mencapai tujuan.
- Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti telah membuat 3D Model dari salah satu lantai di dalam gedung, dimana sudah terdapat QR Code yang disebar di titik - titik tertentu dan di titik tujuan, agar aplikasi dapat mengetahui posisi user ketika user melakukan scan QR code tersebut, kemudian aplikasi sudah dapat melakukan navigasi dengan pandangan Augmented Reality dan mencari jalan tercepat untuk mencapai tujuan dengan navmesh yang telah dibuat dan dengan algoritma A\*.
- Perbedaan dari penelitian yang dilakukan skripsi ini adalah untuk membuat model 3D dalam aplikasi akan digunakan sensor LiDAR yang sudah terpasang di dalam perangkat

*Smartphone* Iphone Pro. Kemudian pada skripsi ini digunakan Framework ARKit oleh Apple untuk membuat aplikasi augmented realitynya. Pada penelitian QR Code digunakan untuk menentukan posisi user, hal ini memiliki kekurangan karena QR Code harus dipasang dan disebar di banyak titik, agar user dapat mengetahui posisinya dengan melakukan scan pada QR Code terdekat, sehingga skripsi ini menggunakan fitur AR Visual marker yang disediakan oleh ARKit dari apple dimana objek dapat disimpan sebagai Marker, sehingga marker - marker yang disebar di titik - titik dapat dipindai oleh user dan ketika user melihat Marker di dalam augmented reality tersebut, aplikasi dapat menentukan posisi user saat itu.

**B. ARBIN: Augmented Reality Based Indoor Navigation System (Huang et al., 2020)**

- Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah aplikasi navigasi indoor yang sudah diluncurkan di beberapa gedung besar seperti rumah sakit, bandara udara, mall, gedung pemerintahan dan stasiun kereta api untuk memandu pengunjung. Tampilan aplikasi pada umumnya berupa peta 2D sebuah lantai dalam gedung dengan arah menuju tujuan dan instruksi navigasi. Tetapi karena keterbatasan 2D, peneliti merasa user dapat tertekan secara mental dan bingung ketika user sedang melakukan penggabungan informasi antara dunia asli dan aplikasi navigasi peta 2D saat melakukan navigasi.
- Metode yang diusulkan dari penelitian ini adalah sistem navigasi indoor yang memanfaatkan perangkat Lbeacon yang menggunakan sinyal Bluetooth untuk menentukan posisi user di dalam gedung, kemudian peneliti menggunakan algoritma Dijkstra untuk menentukan jalur yang optimal. Setelah posisi user diketahui dan tujuan user telah diinput, maka user akan diminta oleh aplikasi untuk menghadapkan orientasi perangkatnya ke arah yang dituju oleh aplikasi. Untuk mengetahui orientasi perangkat user digunakanlah sensor IMU pada smartphone, sehingga ketika user menghadap orientasi yang salah, maka user akan diperingatkan oleh aplikasi untuk menghadap orientasi yang dituju. Kemudian untuk meletakkan objek 3D pada Augmented Reality, posisi dan sudut perangkat ditentukan oleh sensor magnetik dan acceleration sensor pada smartphone dan diolah oleh Android sensor manager, kemudian setelah posisi, orientasi dan sudut perangkat dicek dan sudah sesuai dengan ketentuan aplikasi, barulah aset objek 3D diletakkan pada dunia asli melalui Augmented Reality menggunakan ARCore.
- Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, peneliti telah membuat aplikasi navigasi indoor dengan augmented reality yang diberi nama ARBIN dengan

memanfaatkan LBeacon yang sudah dipasang dan disebar di banyak titik di dalam rumah sakit sebagai uji coba nyata. Kemudian tingkat akurasi aplikasi untuk menentukan posisi user berada di margin 3 - 5 meter bergantung pada kedekatan user dengan sinyal LBeacon, dan aplikasi dapat memberikan instruksi rute navigasi secara tepat kepada user.

- Perbedaan dari penelitian yang dilakukan skripsi ini adalah digunakannya sensor LiDAR untuk membuat 3D model dari sebuah lantai atau gedung agar bisa dipetakan pada aplikasi. Untuk menentukan posisi user, penelitian tersebut menggunakan perangkat LBeacon yang mana biaya perangkat dan pemasangannya sendiri cukup tinggi, karena di setiap jarak tertentu harus ada perangkat LBeacon untuk menerima sinyal dari perangkat user dan hasilnya bukan yang paling akurat, sedangkan pada skripsi ini akan digunakan fitur AR Visual marker yang disediakan oleh ARKit dari apple dimana objek dapat disimpan sebagai Marker, sehingga marker - marker yang disebar di titik - titik dapat dipindai oleh user dan ketika user melihat Marker di dalam augmented reality tersebut, aplikasi dapat menentukan posisi user saat itu.

**C. Indoor Navigation Systems Using Annotated Maps in Mobile Augmented Reality (Khan, 2019)**

- Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah navigasi di dalam gedung biasanya menggunakan denah lantai atau peta untuk mencari tujuan dan mencari tahu sendiri rute yang perlu diambil, walau mapping berbasis GPS sudah ada dan lebih akurat, itu hanya bisa diimplementasikan di lingkungan outdoor, bukan indoor. Baru - baru ini ada banyak teknologi untuk memenuhi navigasi dalam gedung seperti Wi-Fi, Bluetooth Beacon dan Annotated Maps.
- Metode yang diusulkan dari penelitian ini adalah menggunakan metode yang tidak memerlukan teknologi wireless dan instalasi perangkat untuk menyelesaikan masalah ini. Oleh karena itu, peneliti menggunakan navigasi indoor menggunakan peta interaktif yang sudah diberi tanda, dengan tambahan Augmented Reality agar lebih interaktif dan mengurangi beban kognitif pada user yang menggunakan aplikasi tersebut, dimana Framework untuk Augmented Reality nya adalah ARCore oleh Google.
- Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan peneliti telah membuat aplikasi interaktif map atau annotate map menggunakan Augmented Reality, disini peneliti menggunakan framework ARCore dan menemukan bahwa beberapa kelemahan nya adalah tidak semua perangkat dapat menggunakan ARCore sehingga ada sedikit



perangkat user yang tidak bisa memproses peta tersebut. Kemudian akurasi dari *image recognition* dari ARCore dirasa masih ada ruang untuk perbaikan.

- Perbedaan dari penelitian yang dilakukan skripsi ini adalah pada skripsi ini menggunakan sensor LiDAR untuk melakukan mapping pada gedung Universitas Kristen Petra sehingga didapatkanlah 3D Model untuk augmented reality. Kemudian untuk menentukan posisi user, skripsi ini akan menggunakan AR Visual Marker framework ARKit dari Apple

**D. Aplikasi Google Maps & Indoor Maps**

- Aplikasi Google Maps memiliki fitur "*Live view*" dimana google maps akan menggunakan kamera belakang dan Augmented Reality untuk membantu mencari rute dengan mengarahkan kamera ke sekitar user untuk memindai lingkungan sekitar dan setelah itu, google maps akan memberikan rute ke tujuan, tetapi fitur ini hanya bisa digunakan disaat user berada di lingkungan outdoor dimana Google Maps meminta user untuk melakukan *scanning* pada gedung sekitar agar terkalibrasi, dan hanya bisa beroperasi secara maksimal ketika siang hari. Fitur ini belum ada untuk gedung / *indoor*.