

SKRIPSI

**APLIKASI *AUGMENTED REALITY* UNTUK MEMBANTU  
VISUALISASI TATA RUANG**



Julyus Andreas Binoto

NPM: 6181801052

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2022**



**UNDERGRADUATE THESIS**

**AUGMENTED REALITY APPLICATION FOR ROOM LAYOUT  
VISUALIZATION**



**Julyus Andreas Binoto**

**NPM: 6181801052**

**DEPARTMENT OF INFORMATICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2022**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**APLIKASI *AUGMENTED REALITY* UNTUK MEMBANTU  
VISUALISASI TATA RUANG**

**Julyus Andreas Binoto**

**NPM: 6181801052**

**Bandung, 1 Juli 2022**

**Menyetujui,**

**Pembimbing**

**Digitally signed  
by Kristopher  
David Harjono**

**Kristopher David Harjono, M.T.**

**Ketua Tim Penguji  
Digitally signed  
by Luciana  
Abednego**

**Luciana Abednego, M.T.**

**Anggota Tim Penguji  
Digitally signed  
by Keenan  
Adiwijaya Leman**

**Keenan Adiwijaya Leman, M.T.**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi  
Digitally signed  
by Mariskha Tri  
Adithia**

**Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng**



## PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

### **APLIKASI *AUGMENTED REALITY* UNTUK MEMBANTU VISUALISASI TATA RUANG**

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,  
Tanggal 1 Juli 2022



Julyus Andreas Binoto  
NPM: 6181801052



## ABSTRAK

Kesulitan dalam mendesain tata ruang (denah) antara lain ketelitian dalam mengukur skala gambar dan menggambar simbol furnitur yang sesuai dengan standar tertentu. Desain menggunakan Autodesk AutoCAD dapat menangani kesulitan tersebut karena pengukuran skala dilakukan secara otomatis dan furnitur direpresentasikan dalam bentuk tiga dimensi, namun pengguna awam yang tidak familiar dengan tampilan antarmuka sulit untuk memanipulasi (mengatur posisi dan orientasi) objek tiga dimensi. Terdapat alternatif teknologi yang dapat menangani permasalahan tersebut, yaitu *Augmented Reality* (AR), di mana AR merupakan teknologi yang dapat menggabungkan objek virtual dengan dunia nyata. Visualisasi tata ruang menggunakan AR memudahkan pengguna untuk memanipulasi objek virtual (furnitur) dengan cara mengubah posisi dan orientasi benda nyata yang merepresentasikan objek tersebut. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dibuat sebuah aplikasi yang memanfaatkan AR untuk membantu visualisasi tata ruang.

Berdasarkan studi literatur terdapat berbagai masalah dalam mengaplikasikan AR. Permasalahan tersebut diantaranya *marker* AR yang tidak dapat terdeteksi pada kondisi tertentu dan objek virtual yang diproyeksikan mengalami efek *jitter* pada saat *marker* dalam keadaan diam. Kondisi tersebut antara lain oklusi parsial pada *marker* dan keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker*. Ketika suatu *marker* tidak dapat terdeteksi, maka sistem AR tidak memiliki acuan untuk memproyeksikan objek virtual.

Solusi yang diusulkan untuk *marker* AR yang tidak dapat terdeteksi adalah mengganti *marker* dua dimensi biasa dengan *marker* yang berbentuk kubus. Sedangkan solusi yang diusulkan untuk mengatasi efek *jitter* adalah mengubah nilai posisi dan rotasi dalam suatu *frame* dengan rata-rata nilai posisi dan rotasi dalam beberapa *frame* sebelumnya.

Aplikasi AR yang dibangun dapat membantu visualisasi tata ruang, di mana posisi dan orientasi furnitur (objek virtual) di dalam sebuah ruangan menjadi lebih mudah untuk dimanipulasi dengan cara memindahkan atau memutar *marker* AR. *Marker* kubus yang digunakan dapat tetap terdeteksi walaupun dalam kondisi oklusi parsial dan derajat rotasi kamera terhadap *marker* yang melebihi derajat tertentu. Mengganti nilai posisi dan rotasi objek virtual dengan rata-ratanya dapat mengurangi efek *jitter*. Namun perhitungan rata-rata tersebut berdampak terhadap penurunan *FPS* sebesar 22% untuk *FPS* terbesar sebesar, 10% untuk rata-rata *FPS*, dan 17% untuk *FPS* terkecil.

**Kata-kata kunci:** Tata Ruang, Augmented Reality



## ABSTRACT

Difficulties in designing room layout include measuring the accuracy of plan scale and drawing standards furniture symbols. Design using Autodesk AutoCAD can handle these difficulties because the measurement is scaled automatically and furniture is represented in three-dimensional form, but it's hard for new user who are not familiar with the user interface to set the position and orientation of three-dimensional objects. Augmented Reality (AR) is an alternative technology that can handle these problems, where this technology can combine virtual objects with the real world. With AR user is easy to manipulating (set the position and orientation) of virtual object (furniture) by changing the position and orientation of real objects that represent these objects. This final project implements an application designed for visualizing a room layout using AR as a main part of its user interface.

Based on the research studies, there are various problems found in developing AR application. These problems include AR's marker cannot be detected under certain conditions and jittering when projecting virtual objects above an idle marker. These conditions include partial occlusion and limitation degree of camera rotation towards marker. When marker cannot be detected, the AR system does not have a reference for visualizing virtual objects.

The proposed solution for undetectable AR marker is replace two-dimensional marker with cube marker. Other than that, the proposed solution to overcome jitter is change the position and rotation values in a frame by the average of the position and rotation values in certain number of previous frames.

The result of this final project is an AR application that could help visualize a room layout, where the position and orientation of the furniture in a room becomes easier to manipulate by moving or rotating the AR marker. The cube marker can still be detected even in a condition of partial occlusion condition and an angle between the camera and the marker that exceeds a certain degree. Replacing the position and rotation values of virtual objects with their average can reduce the jitter. However, this average calculation has an impact on FPS reductions of 22% for the largest FPS, 10% for the average FPS, and 17% for the smallest FPS.

**Keywords:** Room Layout, Augmented Reality



*Skripsi ini dipersembahkan untuk Tuhan Yesus, keluarga tercinta,  
serta teman-teman yang selalu memberikan dukungan hingga skripsi  
ini dapat diselesaikan.*



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, oleh karena kebaikan dan kasih setia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Aplikasi *Augmented Reality* untuk Membantu Visualisasi Tata Ruang”. Penulisan skripsi ini guna memenuhi salah satu persyaratan dalam mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Penulis menyadari bahwa terdapat berbagai pihak yang berpartisipasi memberikan dukungan baik dalam bentuk ilmu pengetahuan, doa, dan moral. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua Bapak Holmes Manurung, Ibu Alm. Rita Sinurat, dan Kakak Apriana Elizabeth yang memberikan dukungan moral agar penulis semangat untuk menulis skripsi ini.
2. Pak Kristopher David Harjono, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah tulus dalam memberikan ilmu pengetahuan, saran, dukungan moral, dan nasihat dalam penulisan skripsi ini.
3. Pak Ignatius Erwin, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu pengetahuan dalam penulisan skripsi ini selama satu semester pertama.
4. Ibu Luciana Abednego, M.T. dan Pak Keenan Adiwijaya Leman, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu dosen di Teknik Informatika yang memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh perkuliahan di Universitas Katolik Parahyangan.
6. Teman-teman di Discord “server kunci” yang telah memberikan semangat dan hiburan kepada penulis, terutama Clement Rivandi yang telah memberikan dukungan moral di akhir-akhir masa penulisan skripsi ini.
7. Gian Martin Dwibudi yang telah membantu memberikan *insight* terkait data pada penulisan skripsi ini.
8. Seluruh keluarga besar dan teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan doa dan semangat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu penulis meminta maaf bila terdapat kekurangan dan kesalahan dalam penulisan skripsi ini dan berharap kepada setiap pembaca skripsi ini memberikan kritik dan saran yang dapat membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi.

Bandung, Juli 2022

Penulis



# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xxi</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	6
1.3 Tujuan . . . . .	6
1.4 Batasan Masalah . . . . .	6
1.5 Metodologi . . . . .	6
1.6 Sistematika Pembahasan . . . . .	7
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>9</b>
2.1 Tata Ruang . . . . .	9
2.1.1 Visualisasi Tata Ruang Dalam Bentuk Dua Dimensi . . . . .	10
2.1.2 Visualisasi Tata Ruang Dalam Bentuk Tiga Dimensi . . . . .	11
2.2 Representasi Objek Tiga Dimensi di Komputer . . . . .	15
2.2.1 Sistem Koordinat Dalam Ruang Tiga Dimensi . . . . .	15
2.2.2 Operasi Transformasi Geometri . . . . .	16
2.3 <i>Augmented Reality</i> . . . . .	20
2.3.1 Sistem Koordinat AR . . . . .	20
2.3.2 Metode <i>Tracking</i> AR . . . . .	21
2.3.3 Registrasi Objek Virtual . . . . .	22
2.3.4 Permasalahan Mengembangkan Aplikasi AR . . . . .	23
2.4 Unity . . . . .	24
2.4.1 <i>Scene</i> . . . . .	24
2.4.2 <i>GameObject</i> . . . . .	25
2.4.3 <i>Prefab</i> . . . . .	26
2.4.4 Urutan Pemanggilan Method Pada Kelas <i>MonoBehaviour</i> . . . . .	26
2.4.5 Operasi Transformasi Pada Unity . . . . .	28
2.5 Vuforia . . . . .	28
2.5.1 Konsep Sistem Vuforia . . . . .	28
2.5.2 Target Dalam Vuforia . . . . .	29
2.5.3 Rating Target Gambar . . . . .	30
2.5.4 Vuforia Engine di Unity . . . . .	32
2.5.5 Database Perangkat Vuforia . . . . .	32
2.5.6 File XML Untuk Konfigurasi Dataset . . . . .	33
2.5.7 Sistem Operasi dan Tools yang Didukung Vuforia . . . . .	34
<b>3 ANALISIS</b>	<b>35</b>
3.1 Visualisasi Tata Ruang Tanpa AR . . . . .	35

3.2	Visualisasi Tata Ruang Menggunakan AR . . . . .	36
3.3	Analisis Oklusi Parsial . . . . .	37
3.3.1	Penyebab Oklusi Parsial . . . . .	37
3.3.2	Eksperimen Oklusi Parsial . . . . .	37
3.3.3	Solusi Oklusi . . . . .	38
3.4	Analisis Keterbatasan Derajat Rotasi Kamera Terhadap <i>Marker</i> . . . . .	38
3.4.1	Penyebab Keterbatasan Derajat Rotasi Kamera Terhadap <i>Marker</i> . . . . .	38
3.4.2	Eksperimen Keterbatasan Sudut Rotasi <i>Marker</i> Terhadap Kamera . . . . .	39
3.4.3	Solusi Keterbatasan Derajat Rotasi <i>Marker</i> Terhadap Kamera . . . . .	39
3.5	Analisis <i>Marker</i> Kubus . . . . .	40
3.6	Analisis Efek <i>Jitter</i> . . . . .	42
3.6.1	Penyebab Efek <i>Jitter</i> . . . . .	42
3.6.2	Solusi Efek <i>Jitter</i> . . . . .	42
3.7	Analisis Anti <i>Jitter</i> . . . . .	43
3.7.1	Algoritma Anti <i>Jitter</i> . . . . .	43
3.7.2	Kekurangan Anti <i>Jitter</i> . . . . .	46
3.7.3	Solusi Kekurangan Anti <i>Jitter</i> . . . . .	46
3.8	Analisis Kelas <i>Vuforia</i> Untuk <i>Unity</i> . . . . .	50
3.9	Analisis Aplikasi . . . . .	51
3.9.1	Diagram dan Skenario <i>Use Case</i> . . . . .	51
3.9.2	Diagram Kelas . . . . .	55
3.9.3	<i>Wireframe</i> . . . . .	62
3.10	Masalah Pembuatan <i>File Executable</i> <i>Unity</i> dan <i>Vuforia</i> Untuk <i>Windows</i> . . . . .	65
<b>4</b>	<b>PERANCANGAN</b> . . . . .	<b>67</b>
4.1	Perancangan Antarmuka . . . . .	67
4.1.1	Halaman Menu . . . . .	67
4.1.2	Halaman Visualisasi . . . . .	67
4.2	Perancangan Diagram Kelas Rinci . . . . .	71
4.2.1	<i>Package</i> Kalibrasi <i>Marker</i> . . . . .	71
4.2.2	<i>Package</i> Visualisasi Tata Ruang . . . . .	75
4.2.3	<i>Package</i> Pengaturan Anti <i>Jitter</i> . . . . .	81
4.3	Perancangan Diagram Sequence . . . . .	84
4.4	Efek Pembuatan <i>File Executable</i> <i>Unity</i> dan <i>Vuforia</i> Untuk <i>Windows</i> Pada Saat Perancangan . . . . .	86
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN</b> . . . . .	<b>89</b>
5.1	Implementasi . . . . .	89
5.1.1	Lingkungan Perangkat Keras . . . . .	89
5.1.2	Lingkungan Perangkat Lunak . . . . .	89
5.1.3	Implementasi Kelas . . . . .	89
5.2	Pengujian Fungsional . . . . .	94
5.2.1	Pengujian Kalibrasi <i>Marker</i> . . . . .	94
5.2.2	Pengujian Visualisasi Tata Ruang . . . . .	99
5.3	Pengujian Eksperimental . . . . .	102
5.3.1	Pengujian Oklusi Parsial . . . . .	102
5.3.2	Pengujian Keterbatasan Derajat Rotasi Kamera Terhadap <i>Marker</i> . . . . .	103
5.3.3	Pengujian Anti <i>Jitter</i> . . . . .	105
5.3.4	Pengujian Performa Aplikasi . . . . .	111
<b>6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> . . . . .	<b>115</b>
6.1	Kesimpulan . . . . .	115

6.2	Saran	115
<b>DAFTAR REFERENSI</b>		<b>117</b>
<b>A</b>	<b>KODE PROGRAM</b>	<b>119</b>
A.1	Kode untuk Kelas dalam <i>Package</i> kalibrasi <i>marker</i>	119
A.2	Kode untuk Kelas dalam <i>Package</i> Visualisasi Tata Ruang	121
A.3	Kode untuk Kelas dalam <i>Package</i> Pengaturan Anti <i>Jitter</i>	125
A.4	Kode untuk <i>Export Data</i>	125
A.5	Kode Lainnya	129



## DAFTAR GAMBAR

1.1	Contoh denah rumah . . . . .	1
1.2	Contoh desain tata ruang menggunakan Autodesk AutoCAD . . . . .	2
1.3	Komponen 3D Gizmo . . . . .	2
1.4	Perbedaan orientasi kertas (a) dan (b) berpengaruh pada orientasi objek virtual . . . . .	3
1.5	Metode <i>tracking</i> pada AR . . . . .	3
1.6	Dua kondisi yang membuat <i>marker</i> tidak dapat terdeteksi oleh sistem AR . . . . .	4
1.7	Ilustrasi efek <i>jitter</i> . . . . .	4
1.8	Penggunaan IKEA Place untuk visualisasi tata letak furnitur . . . . .	5
2.1	Penyusunan rencana tata ruang wilayah Kota Semarang . . . . .	9
2.2	Visualisasi tata ruang dalam bentuk dua dimensi (denah) . . . . .	10
2.3	Standar simbol arsitektur dari suatu furnitur . . . . .	11
2.4	Visualisasi tata ruang dalam bentuk tiga dimensi menggunakan Autodesk AutoCAD . . . . .	12
2.5	3D Move Gizmo . . . . .	12
2.6	3D Move Gizmo untuk memindahkan objek pilihan ke sumbu tertentu . . . . .	13
2.7	3D Move Gizmo untuk memindahkan objek pilihan ke bidang tertentu . . . . .	13
2.8	3D Rotate Gizmo . . . . .	13
2.9	3D Rotate Gizmo untuk memutar objek pilihan ke sumbu tertentu . . . . .	14
2.10	3D Scale Gizmo . . . . .	14
2.11	3D Scale Gizmo untuk mengubah skala di sepanjang sumbu tertentu . . . . .	14
2.12	3D Scale Gizmo untuk mengubah skala di sepanjang bidang tertentu . . . . .	15
2.13	3D Scale Gizmo untuk mengubah skala secara seragam untuk setiap sumbu . . . . .	15
2.14	Translasi objek tiga dimensi dengan besar faktor T . . . . .	17
2.15	Rotasi positif terhadap (a) sumbu Z, (b) sumbu X, (c) sumbu Z berlawanan arah jarum jam . . . . .	17
2.16	Rotasi dari objek dengan sudut rotasi tertentu dan terhadap (a) sumbu X, (b) sumbu Y, dan sumbu Z . . . . .	18
2.17	Penskalaan terhadap objek tiga dimensi (a) dengan besaran faktor penskalaan $t$ menjadi (b) . . . . .	19
2.18	Ilustrasi AR . . . . .	20
2.19	Sistem koordinat pada dunia AR [1] . . . . .	20
2.20	Sistem <i>tracking</i> pada AR . . . . .	21
2.21	Contoh AR dengan metode <i>marker-based tracking</i> . . . . .	21
2.22	Jenis-jenis <i>marker</i> . . . . .	22
2.23	Contoh AR dengan metode <i>markerless tracking</i> . . . . .	22
2.24	Kondisi oklusi parsial membuat <i>marker</i> tidak dapat terdeteksi sehingga objek virtual (objek furnitur) tidak dapat diproyeksikan di atasnya . . . . .	23
2.25	Kondisi keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap <i>marker</i> membuat <i>marker</i> tidak dapat terdeteksi sehingga objek virtual (objek furnitur) tidak dapat diproyeksikan di atasnya . . . . .	23
2.26	Ilustrasi efek <i>jitter</i> . . . . .	24
2.27	<i>Scene default</i> yang dibuat oleh Unity . . . . .	25

2.28	GameObject kubus sederhana dengan beberapa komponen . . . . .	25
2.29	Sistem <i>parent-child</i> GameObject pada Unity . . . . .	26
2.30	<i>Prefab</i> yang disimpan menjadi suatu <i>assets</i> . . . . .	26
2.31	Urutan pemanggilan fungsi-fungsi dari Kelas <i>MonoBehaviour</i> . . . . .	27
2.32	Properti rotasi pada komponen <i>Transform</i> . . . . .	28
2.33	Contoh (a) target gambar (b) fitur pada gambar yang diberi tanda tambah warna kuning . . . . .	29
2.34	Contoh multi target dengan bentuk kubus . . . . .	29
2.35	Contoh berbagai bentuk pola dan fiturnya (a) bentuk persegi (b) bentuk lingkaran (c) bentuk gabungan persegi dan setengah lingkaran . . . . .	30
2.36	Perbandingan jumlah fitur pada target gambar yang (a) mendapatkan <i>rating</i> 1 bintang (b) mendapatkan <i>rating</i> 5 bintang . . . . .	30
2.37	Target gambar yang memiliki kontras latar belakang yang (a) permukaan bertekstur (b) warna lebih terang (c) berwarna putih . . . . .	31
2.38	Distribusi fitur yang tidak seimbang pada target gambar mendapatkan <i>rating</i> 2 bintang . . . . .	31
2.39	Target gambar yang memiliki fitur yang banyak namun memiliki pola berulang mendapatkan <i>rating</i> 0 bintang . . . . .	32
2.40	Detail dari target gambar yang diunggah ke Manajer Target <i>Vuforia</i> . . . . .	33
3.1	Pengguna dapat menggambar objek dengan skala berdasarkan input . . . . .	35
3.2	Perbedaan representasi objek furnitur pada denah dan aplikasi Autodesk AutoCAD . . . . .	36
3.3	Eksperimen oklusi parsial dilakukan dengan cara menutup pola <i>marker</i> dengan kertas dengan panjang dan lebar tertentu . . . . .	37
3.4	Proses <i>pattern normalization</i> dan proses <i>template matching</i> . . . . .	39
3.5	Cara mengukur derajat rotasi <i>marker</i> terhadap kamera . . . . .	39
3.6	<i>Marker</i> kubus dan pola <i>marker</i> yang berbeda untuk setiap sisinya . . . . .	41
3.7	Nilai dari “translation” dan “rotation” memengaruhi posisi dan orientasi objek virtual yang diproyeksikan . . . . .	42
3.8	Kondisi pencahayaan memengaruhi hasil dalam proses <i>threshold image</i> . . . . .	42
3.9	Visualisasi data pada Tabel 3.4 menggunakan <i>line chart</i> . . . . .	44
3.10	Ilustrasi <i>delay</i> perpindahan posisi dan orientasi objek virtual karena menggunakan anti <i>jitter</i> pada <i>marker</i> dalam keadaan bergerak . . . . .	46
3.11	<i>Use Case</i> kalibrasi <i>marker</i> . . . . .	51
3.12	<i>Use Case</i> untuk visualisasi tata ruang . . . . .	53
3.13	<i>Use Case</i> untuk pengaturan anti <i>jitter</i> . . . . .	55
3.14	Diagram kelas kalibrasi <i>marker</i> . . . . .	56
3.15	Diagram kelas visualisasi tata ruang . . . . .	58
3.16	Diagram kelas pengaturan anti <i>jitter</i> . . . . .	61
3.17	<i>Wireframe</i> halaman menu . . . . .	62
3.18	<i>Wireframe</i> halaman visualisasi . . . . .	63
3.19	Panel kalibrasi <i>marker</i> . . . . .	63
3.20	Panel berisi daftar pilihan <i>marker</i> . . . . .	64
3.21	Panel berisi daftar kategori furnitur . . . . .	64
3.22	Panel berisi daftar objek furnitur . . . . .	64
3.23	Panel untuk mengganti pengaturan anti <i>jitter</i> . . . . .	64
4.1	Perancangan antarmuka untuk halaman menu . . . . .	67
4.2	Perancangan antarmuka untuk halaman visualisasi ketika pertama kali dimuat . . . . .	68
4.3	Panel untuk mengatur durasi kalibrasi . . . . .	68
4.4	Panel untuk memberitahukan pengguna agar menempatkan kamera dan <i>marker</i> dalam keadaan diam selama proses kalibrasi berjalan . . . . .	68

4.5	Tampilan antarmuka dari halaman visualisasi . . . . .	69
4.6	Tampilan antarmuka dari panel yang berisi daftar kategori furnitur . . . . .	69
4.7	Tampilan antarmuka dari panel yang berisi daftar objek furnitur berdasarkan kategori yang dipilih pengguna . . . . .	70
4.8	Tampilan antarmuka dari panel pengaturan anti <i>jitter</i> . . . . .	70
4.9	Diagram kelas rinci untuk <i>package</i> kalibrasi <i>marker</i> . . . . .	71
4.10	Diagram kelas rinci untuk <i>package</i> visualisasi tata ruang . . . . .	76
4.11	Diagram kelas rinci untuk <i>package</i> pengaturan anti <i>jitter</i> . . . . .	82
4.12	Diagram <i>sequence</i> kalibrasi <i>marker</i> . . . . .	84
4.13	Diagram <i>sequence</i> menampilkan objek furnitur . . . . .	85
4.14	Diagram <i>sequence</i> pendeteksian status <i>marker</i> dan anti <i>jitter</i> . . . . .	85
4.15	Diagram <i>sequence</i> pengaturan anti <i>jitter</i> . . . . .	86
4.16	Aplikasi AR yang dirancang tidak dapat dijalankan di sistem operasi Windows . . . . .	86
4.17	Aplikasi AR yang telah dirancang berhasil dijalankan di perangkat <i>mobile</i> dengan sistem operasi Android . . . . .	87
5.1	Objek furnitur dipilih (ditandai oleh persegi merah) untuk masing-masing <i>marker</i> . . . . .	100
5.2	Objek furnitur yang dipilih berhasil diproyeksikan di atas masing-masing <i>marker</i> . . . . .	100
5.3	Objek furnitur berhasil diproyeksikan berdasarkan posisi dan orientasi <i>marker</i> . . . . .	101
5.4	Objek furnitur berhasil diproyeksikan di atas masing-masing <i>marker</i> secara bersamaan sehingga memvisualisasikan tata ruang . . . . .	102
5.5	Hasil pengujian pertama oklusi parsial dengan <i>marker</i> kubus . . . . .	102
5.6	Hasil pengujian kedua oklusi parsial dengan <i>marker</i> kubus . . . . .	103
5.7	Hasil pengujian ketiga oklusi parsial dengan <i>marker</i> kubus . . . . .	103
5.8	Hasil pengujian terhadap sisi kiri <i>marker</i> kubus . . . . .	104
5.9	Hasil pengujian terhadap sisi kanan <i>marker</i> kubus . . . . .	104
5.10	Hasil pengujian terhadap sisi belakang <i>marker</i> kubus . . . . .	104
5.11	Hasil pengujian terhadap sisi atas <i>marker</i> kubus . . . . .	105
5.12	Hasil pengujian terhadap sisi bawah <i>marker</i> kubus . . . . .	105
5.13	Visualisasi data perbandingan posisi X, Y, Z mentah dan posisi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kiri) dan perbandingan rotasi X, Y, Z mentah dan rotasi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kanan) dengan jumlah <i>frame</i> = 10 . . . . .	106
5.14	Visualisasi data perbandingan posisi X, Y, Z mentah dan posisi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kiri) dan perbandingan rotasi X, Y, Z mentah dan rotasi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kanan) dengan jumlah <i>frame</i> = 30 . . . . .	107
5.15	Visualisasi data perbandingan posisi X, Y, Z mentah dan posisi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kiri) dan perbandingan rotasi X, Y, Z mentah dan rotasi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kanan) dengan jumlah <i>frame</i> = 50 . . . . .	108
5.16	Visualisasi data perbandingan posisi X, Y, Z mentah dan posisi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kiri) dan perbandingan rotasi X, Y, Z mentah dan rotasi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kanan) dengan jumlah <i>frame</i> = 70 . . . . .	109
5.17	Visualisasi data perbandingan posisi X, Y, Z mentah dan posisi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kiri) dan perbandingan rotasi X, Y, Z mentah dan rotasi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kanan) dengan jumlah <i>frame</i> = 100 . . . . .	110
5.18	Visualisasi data perbandingan total nilai perubahan posisi X, Y, Z mentah dan posisi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kiri) dan perbandingan rotasi X, Y, Z mentah dan rotasi X, Y, Z anti <i>jitter</i> (gambar pada kolom kanan) dengan jumlah <i>frame</i> = 10, 30, 50, 70, 100 . . . . .	111
5.19	Data <i>FPS</i> yang didapatkan jika menggunakan anti <i>jitter</i> dengan jumlah <i>frame</i> yang beragam yaitu 10 <i>frame</i> hingga 100 <i>frame</i> . . . . .	112
5.20	Data <i>FPS</i> yang didapatkan tanpa anti <i>jitter</i> dengan melakukan 10 pengujian . . . . .	112



# BAB 1

## PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai gambaran umum dari penelitian ini. Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika pembahasan.

### 1.1 Latar Belakang

Tata ruang merupakan tata letak furnitur pada suatu ruangan. Tata ruang berpengaruh terhadap efektivitas dan efisiensi kerja pegawai. Widi dan Tjutju (2017, hlm. 108) menyoroti pentingnya tata ruang kantor agar para pegawai dapat bekerja dengan baik sehingga dapat tercapainya efektivitas kerja pegawai. Sedarmayanti dan Eko (2014, hlm. 502) menyatakan bahwa fungsi tata ruang kantor harus dapat digunakan untuk mengatur dan memudahkan pergerakan alur kerja pegawai dari satu ruangan ke ruangan lain sehingga dapat tercapainya efisiensi kerja pegawai.

Tata ruang perlu diatur agar dapat memberikan efektivitas dan efisiensi pengguna ruangan dalam melakukan aktivitas. Posisi dan orientasi furnitur disesuaikan dengan fungsinya serta pemilihan furnitur yang dimensinya proporsional terhadap besaran ruang [2]. Selain itu peletakan furnitur juga harus disesuaikan dengan keadaan ruangan agar ruangan tetap memiliki ruang gerak [3]. Oleh sebab itu faktor-faktor yang dapat diatur dari suatu tata ruang antara lain posisi, orientasi, ukuran, dan jarak antar furnitur.

Kesulitan dalam mengatur suatu tata ruang terdapat dalam tahap desain tata ruang. Desain tata ruang umumnya direpresentasikan dalam bentuk denah (seperti pada Gambar 1.1) yang memiliki skala dan simbol arsitektur yang merepresentasikan furnitur di dalamnya. Kesulitan terjadi saat menggambar denah dengan skala yang kecil karena diperlukan ketelitian untuk mengukurnya dan menggambar simbol arsitektur yang harus sesuai dengan standar tertentu. Namun beberapa furnitur tidak memiliki standar simbol dan memiliki simbol yang hampir sama sehingga berpotensi menimbulkan kesalahpahaman pada saat memahami suatu denah.



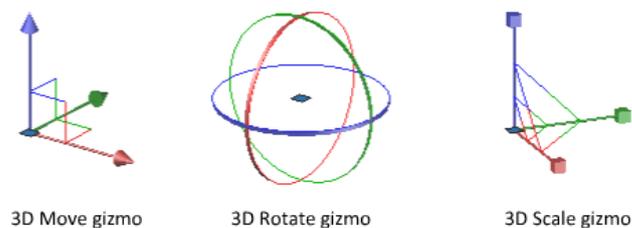
Gambar 1.1: Contoh denah rumah

Kesulitan dalam mendesain denah dapat ditangani oleh teknologi *Computer-Aided Design (CAD)*. CAD merupakan teknologi untuk desain dan dokumentasi teknis, yang menggantikan penyusunan manual dengan proses otomatis <sup>1</sup>. Autodesk AutoCAD merupakan salah satu contoh aplikasi CAD. Desain menggunakan aplikasi ini mempermudah pengguna karena skala gambar disesuaikan dengan input tertentu dan furnitur direpresentasikan dalam bentuk tiga dimensi sehingga wujud furnitur tidak perlu diwakilkan oleh simbol tertentu. Contoh desain tata ruang menggunakan AutoCAD dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2: Contoh desain tata ruang menggunakan Autodesk AutoCAD

Pada umumnya pengguna awam yang belum familiar dengan Autodesk AutoCAD mengalami kesulitan dalam mendesain tata ruang. Kesulitan tersebut adalah memahami setiap komponen di dalam antarmuka untuk mentransformasikan objek tiga dimensi seperti mengubah posisi, orientasi, dan penskalaan. Komponen pada antarmuka untuk melakukan transformasi objek dinamakan 3D Gizmos. Komponen tersebut dibagi menjadi tiga bagian (seperti pada Gambar 1.3) dengan fungsi yang berbeda-beda seperti 3D Move Gizmo untuk memindahkan objek, 3D Rotate Gizmo untuk memutar objek, dan 3D Scale Gizmo untuk mengubah skala objek.

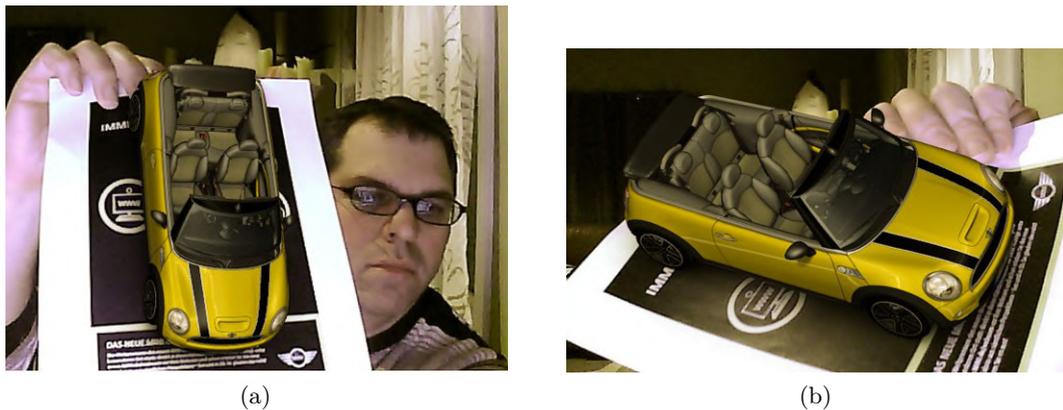


Gambar 1.3: Komponen 3D Gizmo

Teknologi yang diusulkan untuk mengatasi kesulitan dalam mentransformasikan objek tiga dimensi adalah *Augmented Reality (AR)*. AR merupakan teknologi yang memungkinkan dunia nyata digabungkan dengan objek yang dihasilkan oleh komputer [4]. Posisi dan orientasi objek virtual (objek yang dihasilkan oleh komputer) yang diproyeksikan menyesuaikan dengan posisi dan orientasi pengamat atau benda dalam dunia nyata yang merepresentasikan objek tersebut. Oleh sebab itu, dengan AR transformasi dari objek virtual dapat dilakukan oleh pengguna dengan melakukan interaksi secara langsung dengan benda dalam dunia nyata seperti pada Gambar 1.4.

Objek virtual dapat diproyeksikan di dunia nyata (seperti pada Gambar 1.4) karena proses *tracking* dan registrasi. *Tracking* dimulai dari pendeteksian pola atau gambar dimana objek virtual ingin diproyeksikan. Jika pola terdeteksi maka sistem AR melacak posisi dan orientasi pola tersebut terus menerus. Setelah pelacakan selesai, registrasi dijalankan untuk memproyeksikan objek virtual berdasarkan posisi dan orientasi pola yang didapatkan dari proses *tracking*.

<sup>1</sup><https://asean.autodesk.com/solutions/cad-software>

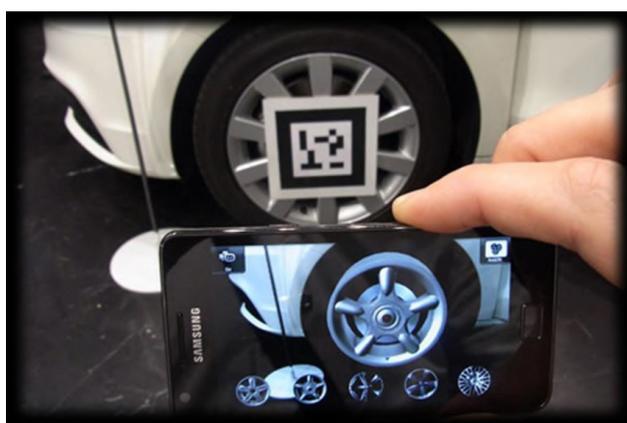


Gambar 1.4: Perbedaan orientasi kertas (a) dan (b) berpengaruh pada orientasi objek virtual

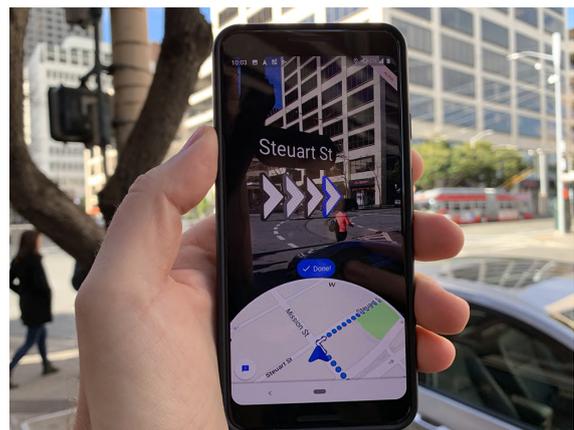
AR terdiri dari dua jenis metode *tracking* antara lain *marker-based tracking* dan *markerless tracking*. Perbedaan mendasar diantara kedua metode tersebut adalah dibutuhkan penanda khusus atau tidak untuk memproyeksikan objek virtual.

Metode *marker-based tracking* menggunakan penanda khusus (umumnya disebut *marker*) sebagai acuan untuk memproyeksikan objek virtual. Pada Gambar 1.5a *marker* ditunjukkan pada kertas yang ditempelkan di tengah pelek dan objek virtual ditunjukkan pada pelek virtual yang ditampilkan di perangkat *smartphone* yang menjalankan aplikasi AR. Dari Gambar 1.5a dapat diketahui bahwa posisi dan orientasi dari pelek virtual mengacu kepada posisi dan orientasi *marker*.

Metode *markerless tracking* menggunakan sensor-sensor seperti *Global Positioning System* (GPS), *compass*, *accelerometer*, dan *gyroscope* untuk mendapatkan data lokasi dan orientasi pengguna. Data tersebut digunakan untuk menentukan objek virtual yang dapat dilihat oleh pengamat di area tertentu. Aplikasi AR yang menggunakan metode *tracking* ini dikembangkan di perangkat-perangkat khusus yang memiliki sensor-sensor tersebut, salah satu contohnya *smartphone*. Salah satu aplikasi AR yang menggunakan metode ini adalah *Google Maps AR* yang dapat membantu pengguna untuk melakukan navigasi, petunjuk arah, dan informasi terkait bisnis (misalnya restoran) terdekat seperti pada Gambar 1.5b.



(a) *Marker-based tracking*

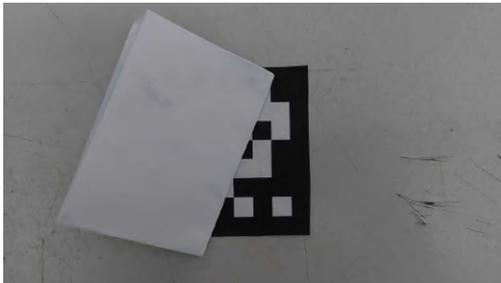


(b) *Markerless tracking*

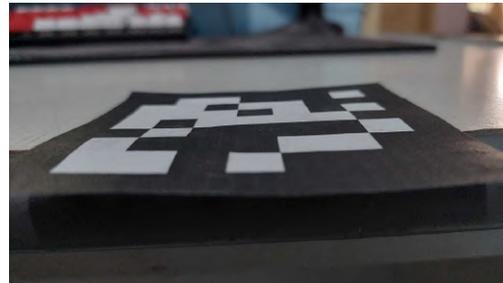
Gambar 1.5: Metode *tracking* pada AR

Berdasarkan studi literatur terhadap AR ditemukan berbagai masalah dalam mengembangkan aplikasi AR. Masalah tersebut terjadi pada proses *tracking* dan registrasi. Permasalahan pada proses *tracking* adalah *marker* yang tidak dapat terdeteksi dalam kondisi tertentu. Sedangkan permasalahan pada proses registrasi adalah efek *jitter* pada saat memproyeksikan objek virtual.

*Marker* tidak dapat terdeteksi bila terjadi dua kondisi antara lain oklusi parsial pada *marker* dan keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker*. Oklusi parsial (seperti pada Gambar 1.6a) merupakan kondisi di mana sebagian pola *marker* tidak dapat dilihat utuh oleh kamera karena terhalang suatu objek. Keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker* merupakan kondisi dimana pola *marker* tidak dapat terlihat jelas oleh kamera ketika sudut antara kamera dan *marker* melebihi derajat tertentu (seperti pada Gambar 1.6b).



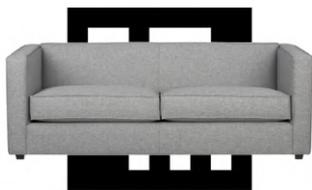
(a) Kondisi oklusi parsial pada *marker*



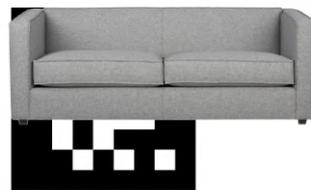
(b) Kondisi keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker*

Gambar 1.6: Dua kondisi yang membuat *marker* tidak dapat terdeteksi oleh sistem AR

Efek *jitter* pada saat memproyeksikan objek virtual terjadi pada saat *marker* dalam keadaan diam. Seharusnya jika *marker* dalam keadaan diam maka objek virtual yang diproyeksikan juga dalam keadaan diam. Namun karena terjadi kesalahan dalam proses registrasi mengakibatkan efek *jitter*, di mana terjadi perpindahan posisi dan orientasi objek virtual yang tidak semestinya dalam rentang waktu yang singkat. Pada Gambar 1.7a ke Gambar 1.7d menunjukkan perpindahan posisi dan orientasi objek virtual pada saat *marker* dalam keadaan diam. Pengertian dari *frame* adalah gambar tunggal dalam urutan gambar.



(a) Posisi dan orientasi objek virtual (objek sofa) pada *frame* ke- $n$  (posisi dan orientasi objek virtual yang semestinya)



(b) Posisi dan orientasi objek virtual (objek sofa) pada *frame* ke- $n+1$



(c) Posisi dan orientasi objek virtual (objek sofa) pada *frame* ke- $n+2$



(d) Posisi dan orientasi objek virtual (objek sofa) pada *frame* ke- $n+3$

Gambar 1.7: Ilustrasi efek *jitter*

Salah satu aplikasi AR yang dapat melakukan visualisasi tata letak furnitur adalah IKEA Place (seperti pada Gambar 1.8c). Pada Gambar 1.8a menunjukkan pengguna memilih objek furnitur untuk diproyeksikan di ruangan yang pengguna sedang rekam. Melalui aplikasi ini pengguna tidak perlu membayangkan atau mendesain bagaimana tampak dari furnitur yang ditempatkan pada suatu ruangan karena pengguna dapat mengetahui hal tersebut melalui perangkat yang digunakan (seperti pada Gambar 1.8b). Selain itu pengguna juga dapat melihat furnitur tersebut secara detail dari berbagai sisi yang diinginkan dan menggeser atau mengubah arah furnitur hingga tata letak sesuai yang diinginkan pengguna.



(a) Pengguna merekam ruangan sekitar dimana objek furnitur ingin diproyeksikan



(b) Pengguna memilih objek furnitur serta mengatur posisi dan orientasinya



(c) Hasil visualisasi tata letak furnitur menggunakan IKEA Place

Gambar 1.8: Penggunaan IKEA Place untuk visualisasi tata letak furnitur

Pada skripsi ini dibangun aplikasi AR untuk membantu visualisasi tata ruang. Perangkat keras yang digunakan untuk menjalankan aplikasi ini adalah *desktop* untuk menjalankan aplikasi dan *webcam* untuk merekam video. Metode *tracking* yang digunakan adalah *marker-based tracking*, di mana *marker* AR digunakan untuk merepresentasikan objek furnitur (objek virtual). Dengan AR lokasi dan orientasi furnitur di dalam sebuah ruangan menjadi lebih mudah untuk dimanipulasi dengan cara memindahkan atau memutar *marker* AR. Adapun alasan memilih *marker-based tracking* adalah kemudahan dalam mentransformasikan objek furnitur, karena beberapa aplikasi *markerless tracking* posisi dan orientasi furnitur diatur melalui antarmuka, yang di mana hal tersebut membuat pengguna harus mempelajari terlebih dahulu cara melakukan hal tersebut.

Aplikasi AR dikembangkan menggunakan Vuforia dan Unity. Vuforia digunakan sebagai *Software Development Kit* (SDK) yang menyediakan fungsi-fungsi tertentu yang berkaitan dengan AR antara lain *tracking marker* dan registrasi objek virtual. Unity digunakan sebagai *game engine* yang digunakan untuk membuat konsep *game* seperti tampilan antarmuka, *rendering* objek furnitur, dan memproyeksikan objek furnitur berdasarkan nilai posisi, orientasi, dan skala yang didapatkan dari Vuforia. Adapun alasan memilih Vuforia dan Unity untuk mengembangkan aplikasi ini adalah keduanya sudah saling terintegrasi sehingga memudahkan mengembangkan aplikasi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dihasilkan beberapa poin yang menjadi rumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana cara merancang dan mengimplementasikan aplikasi *augmented reality* dengan metode *marker-based tracking* yang dapat membantu visualisasi tata ruang?
2. Bagaimana cara mengatasi *marker* yang tidak dapat terdeteksi dalam kondisi oklusi parsial pada *marker* dan keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker*?
3. Bagaimana cara mengatasi efek *jitter* pada saat memproyeksikan objek virtual?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dihasilkan beberapa poin yang menjadi tujuan dari pembuatan skripsi ini sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan aplikasi *augmented reality* dengan metode *marker-based tracking* yang dapat membantu visualisasi tata ruang.
2. Menganalisis kondisi oklusi parsial pada *marker* dan cara menanganinya.
3. Menganalisis kondisi keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker* dan cara menanganinya.
4. Menganalisis efek *jitter* pada saat memproyeksikan objek virtual dan cara memperkecil efeknya.

## 1.4 Batasan Masalah

Perancangan aplikasi *augmented reality* dibuat berdasarkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan *library* yang telah disediakan oleh Vuforia SDK untuk melakukan beberapa fungsi yang diperlukan dalam membangun aplikasi *augmented reality*.
2. Memanfaatkan Unity yang telah diintegrasikan dengan Vuforia SDK sebagai *game engine* untuk membuat tampilan antarmuka dan *rendering* objek furnitur, dan memproyeksikan berdasarkan nilai posisi, orientasi, dan skala yang didapatkan dari Vuforia.
3. Membangun aplikasi AR yang berbasis *desktop*.

## 1.5 Metodologi

Untuk menyelesaikan penelitian ini, disusunlah langkah-langkah untuk melakukan penelitian sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur tentang *augmented reality* dengan metode *marker-based tracking*.
2. Melakukan studi literatur terhadap aplikasi yang dapat melakukan visualisasi tata ruang selain *augmented reality*.
3. Melakukan studi literatur tentang Vuforia dan Unity.
4. Melakukan analisis aplikasi *augmented reality* yang dapat melakukan visualisasi tata ruang.
5. Melakukan perancangan dan implementasi tampilan antarmuka.
6. Melakukan perancangan dan implementasi fitur pada aplikasi.
7. Melakukan analisis kondisi oklusi parsial pada *marker* dan cara menanganinya.
8. Melakukan analisis kondisi keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker* dan cara menanganinya.
9. Melakukan analisis penyebab efek *jitter* dan cara memperkecil efeknya.
10. Melakukan pengujian fungsional terhadap fitur yang telah diimplementasikan.
11. Melakukan pengujian eksperimental terhadap solusi dari kondisi oklusi parsial pada *marker* dan keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker*.
12. Melakukan pengujian eksperimental terhadap solusi dari efek *jitter*.

## 1.6 Sistematika Pembahasan

Setiap Bab dalam skripsi ini memiliki sistematika pembahasan yang dijelaskan ke dalam poin-poin sebagai berikut:

1. Bab 1: Pendahuluan. Bab ini membahas mengenai gambaran umum dari penelitian ini. Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, dan sistematika pembahasan.
2. Bab 2: Dasar Teori. Bab ini membahas mengenai landasan teori-teori yang mendukung berjalannya penelitian ini. Bab ini membahas mengenai tata ruang representasi objek tiga dimensi di komputer, *augmented reality*, Unity, dan Vuforia.
3. Bab 3: Analisis. Bab ini membahas mengenai analisis terhadap masalah yang telah dituangkan pada rumusan masalah. Bab ini berisi tentang analisis visualisasi tata ruang tanpa *augmented reality*, visualisasi tata ruang menggunakan *augmented reality*, analisis oklusi parsial, analisis keterbatasan derajat rotasi kamera terhadap *marker*, analisis *marker* kubus, analisis efek *jitter*, analisis anti *jitter*, analisis kelas Vuforia untuk Unity, analisis aplikasi, dan masalah pembuatan *file executable* Unity dan Vuforia untuk Windows.
4. Bab 4: Perancangan. Bab ini membahas mengenai perancangan antarmuka perancangan diagram kelas rinci, perancangan diagram *sequence*, dan efek pembuatan *file executable* Unity dan Vuforia untuk Windows pada saat perancangan.
5. Bab 5: Implementasi dan Pengujian. Bab ini membahas mengenai implementasi aplikasi yang telah dirancang dan pengujian terhadap aplikasi yang telah dibangun berdasarkan pengujian fungsional dan eksperimental.
6. Bab 6: Kesimpulan dan Saran. Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari keseluruhan penelitian ini dan saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian sejenis selanjutnya.

